



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA**

**CARRERA DE ECONOMÍA**

**TÍTULO:**

**“INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD  
DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR  
NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y  
CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015”**

Tesis previa a la obtención del Grado de Economista

**AUTORA:** Jéssica Ivanova Guamán Coronel.

**DIRECTOR DE TESIS:** Econ. José Rafael Alvarado López Mg. Sc.

**LOJA – ECUADOR**

**2019**



## **CERTIFICACIÓN**

Econ. José Rafael Alvarado Lopez Mg. Sc.

**DOCENTE DE LA CARRERA DE ECONOMÍA DE LA FACULTAD JURÍDICA,  
SOCIAL Y ADMINISTRATIVA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
Y DIRECTOR DE TESIS.**

### **CERTIFICA:**

Haber dirigido, asesorado, controlado y revisado detenida y minuciosamente, durante todo su proceso de ejecución, el trabajo de Tesis titulado **"INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO2 A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015"**, desarrollado por **Jessica Ivanova Guamán Coronel**, estudiante egresada de la Carrera de Economía, previo a la obtención del Grado de Economista.

El presente trabajo de Tesis cumple con los requerimientos establecidos en el Reglamento de Régimen Orgánico de la Universidad Nacional de Loja, la misma que ha sido culminada satisfactoriamente con el avance del cien por ciento, motivo por el cual autorizo su impresión, presentación y sustentación, ante los organismos pertinentes, y continuación de los trámites respectivos.

Loja, 15 de marzo de 2019

Econ. José Rafael Alvarado Lopez Mg. Sc  
**DIRECTOR DE TESIS**



## **AUTORÍA**

Yo, Jessica Ivanova Guamán Coronel, declaro ser autora del presente trabajo de Tesis de Grado titulado "INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015". Por tanto, eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

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

**Autora:** Jessica Ivanova Guamán Coronel

**Firma:**

**Cédula:** 1150325924

**Fecha:** Loja, 06 de mayo de 2019



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**

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

Yo, Jessica Ivanova Guamán Coronel, declaro ser autora de la tesis titulada "INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015", como requisito para optar al 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 de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional (RDI).

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de mayo de dos mil diecinueve, firma la autora.

**Firma:** 

**Autora:** Jéssica Ivanova Guamán Coronel

**Cédula:** 1150325924

**Dirección:** Loja

**Correo Electrónico:** jessica.guaman@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991285263

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de Tesis:** Econ. José Rafael Alvarado Lopez. Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:**

Econ. Pablo Vicente Ponce. Mg. Sc. - Presidente

Econ. Jorge Eduardo Flores Chamba. Mg. Sc. - Vocal 1

Econ. Michelle Faviola López Sánchez. Mg. Sc. - Vocal 2

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a Dios, mis padres y hermana por todo el apoyo brindado a lo largo de toda mi vida; y especialmente en el transcurso de mi vida universitaria y formación profesional

Jessica Ivanova Guamán Coronel.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero agradecer a Dios y a la Virgen del Cisne, por brindarme salud, fortaleza, sabiduría necesaria a lo largo de mi existencia y permitirme convertirme en profesional.

A mi padre, madre y hermana, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, especialmente durante el tiempo de mi formación académica y profesional.

A la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Carrera de Economía perteneciente a la Facultad Jurídica, Social y Administrativa, a todo su cuerpo administrativo y docente, por su dedicación y profesionalismo brindado en los años de formación académica.

Al Econ. José Rafael Alvarado Lopez Mg. Sc., por su acertada dirección, dedicación, interés y guía durante el desarrollo de la presente Tesis.

Finalmente, a mis compañeros de Universidad, por su amistad y apoyo brindado.

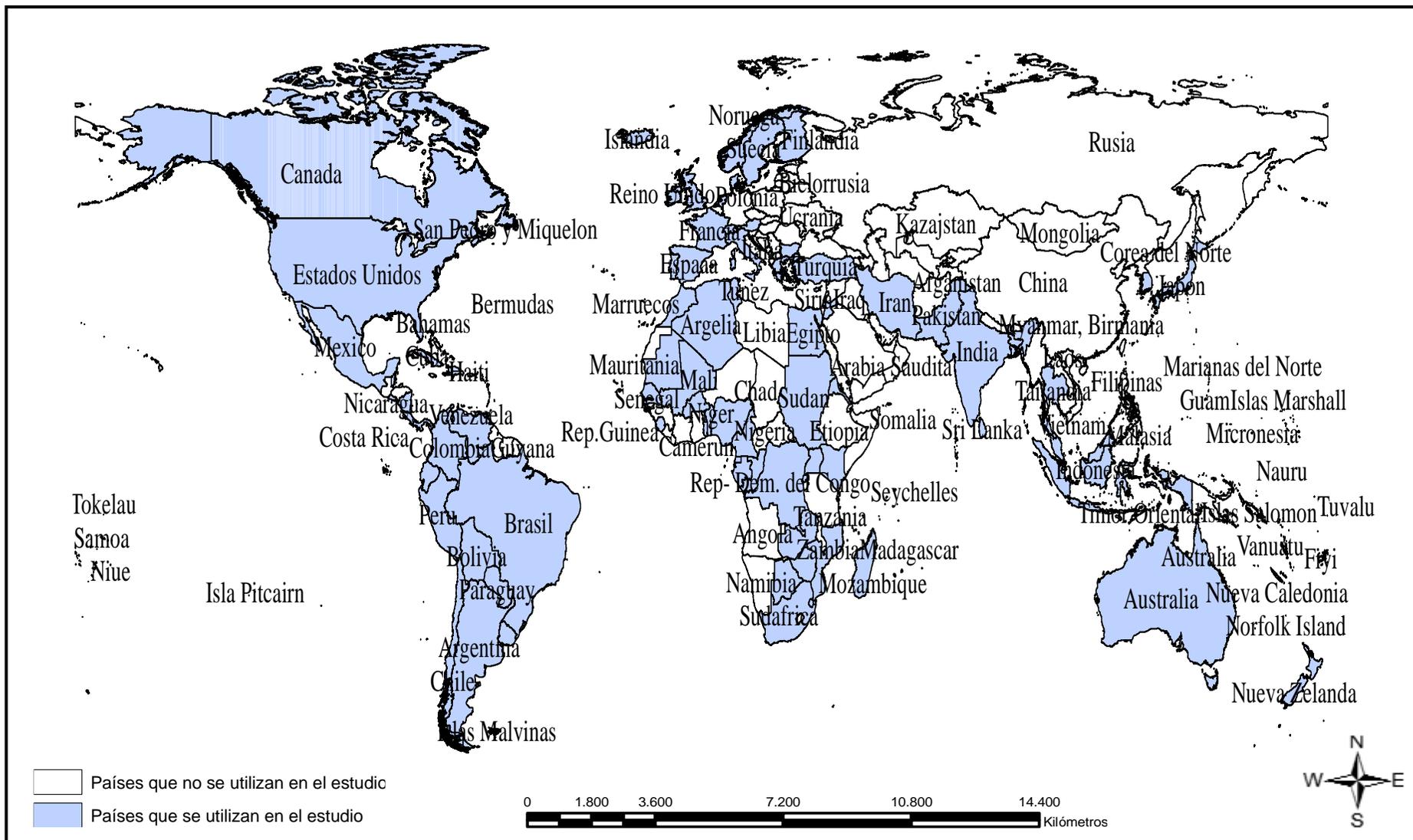
A todos mis más sinceros agradecimientos.

Jessica Ivanova Guamán Coronel.

**ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN**

**BIBLIOTECA:** FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

| TIPO DE DOCUMENTO | AUTORA/NOMBRE DEL DOCUMENTO  | FUENTE | FECHA: AÑO | ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN  |                     | NOTAS OBSERVACIÓN |
|-------------------|--|--------|------------|--|---------------------|-------------------|
|                   |  |        |            | 90 PAÍSES  | OTRAS DEGRADACIONES |                   |
| <b>TESIS</b>      | JÉSSICA IVANOVA GUAMÁN CORONEL<br><br>“INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO2 A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015” | UNL    | 2019       | ANTIGUA Y BARBUDA, ARGELIA, ARGENTINA, AUSTRALIA, AUSTRIA, BANGLADESH, BARBADOS, BELICE, BENÍN, BOLIVIA, BOTSWANA, BRASIL, BULGARIA, BURKINA FASO, CAMERÚN, CONGO (REPÚBLICA), CANADÁ, CHILE, CHIPRE, COLOMBIA, CONGO (REPÚBLICA DEMOCRÁTICA), COREA (REPÚBLICA), COSTA RICA, CUBA, DINAMARCA, ECUADOR, EGIPTO, EL SALVADOR, ESPAÑA, ESTADOS UNIDOS, FILIPINAS, FINLANDIA, FRANCIA, GABÓN, GAMBIA, GRECIA, GUAM, GUINEA ECUATORIAL, HAITÍ, INDIA, INDONESIA, IRÁN, IRLANDA, ISLANDIA, ITALIA, JAPÓN, JORDÁN, KENIA, MACAO (CHINA), MADAGASCAR, MALAYSIA, MALI, MALTA, MARRUECOS, MAURICIO, MAURITANIA, MÉXICO, MOZAMBIQUE, NICARAGUA, NIGERIA, NORUEGA, NUEVA ZELANDA, PAÍSES BAJOS, PAKISTÁN, PANAMÁ, PARAGUAY, PERÚ, PORTUGAL, REINO UNIDO, REPÚBLICA DOMINICANA, RUANDA, SENEGAL, SIERRA LEONA, SINGAPUR, SRI LANKA, SUDÁFRICA, SUDAN, SUECIA, SUIZA, SUAZILANDIA, TAILANDIA, TRINIDAD Y TOBAGO, TOGO, TÚNEZ, TURQUÍA, UGANDA, URUGUAY, VENEZUELA, ZAMBIA Y ZIMBABUE. | CD                  | ECONOMISTA        |



**Mapa 1.** Mapa político del Mundo

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2018)

## ESQUEMA DE CONTENIDOS

|   |     |
|---|-----|
| PORTADA .....                               | i   |
| CERTIFICACIÓN.....                          | ii  |
| AUTORÍA .....                               | iii |
| CARTA DE AUTORIZACIÓN .....                 | iv  |
| DEDICATORIA .....                           | v   |
| AGRADECIMIENTO .....                        | vi  |
| ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN ..... | vii |
| ESQUEMA DE CONTENIDOS .....                 | ix  |
| a. TÍTULO.....                              | 1   |
| b. RESUMEN .....                            | 2   |
| ABSTRACT .....                              | 3   |
| c. INTRODUCCIÓN .....                       | 4   |
| d. REVISIÓN DE LITERATURA .....             | 9   |
| e. MATERIALES Y MÉTODOS .....               | 29  |
| f. RESULTADOS.....                          | 44  |
| g. DISCUSIÓN.....                           | 69  |
| h. CONCLUSIONES.....                        | 80  |
| i. RECOMENDACIONES .....                    | 83  |
| j. BIBLIOGRAFÍA.....                        | 86  |
| k. ANEXO .....                              | 95  |

**a. TÍTULO**

“INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015”

## **b. RESUMEN**

Un fenómeno preocupante e innegable a nivel mundial es la emisión de gases tóxicos como el CO<sub>2</sub>. Entre los factores que originan este fenómeno están inmersos: el crecimiento económico y la densidad demográfica. En este contexto, para el desarrollo del presente estudio se utilizó como variable dependiente a las emisiones de CO<sub>2</sub> y como variables independientes al Producto Interno Bruto per cápita (PIBp) y densidad demográfica. Además, se trabajó con una combinación de bases, una teórica y otra empírica. El desarrollo de este trabajo se justifica por la limitada cantidad de estudios que relacionan densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>. Por tanto, el objetivo de esta investigación es examinar la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, durante el periodo 1961-2015; mediante un estudio econométrico utilizando técnicas de cointegración y causalidad con datos en panel, con el propósito de plantear políticas para reducir los daños al medioambiente. Los resultados mostraron que, a nivel global y por niveles de ingresos las variables incrementaron con el tiempo, manteniendo una tendencia positiva, y también se encontró correlación. Asimismo, indicaron equilibrio a corto y a largo plazo entre variables; y la contundencia de la fuerza del vector de cointegración. Además, existió causalidad unidireccional y bidireccional entre las variables. Éstos resultados pueden contribuir a que los gobiernos y entidades internacionales formulen, implementen y supervisen políticas económicas, poblacionales y ambientales estrictas, dirigidas a disminuir la contaminación ambiental y alcanzar un desarrollo económico sostenible y sustentable.

**Palabras clave:** Crecimiento económico. Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. Densidad demográfica. Emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Códigos JEL:** E23. J11. Q53.

## **ABSTRACT**

A worrying and undeniable phenomenon worldwide is the emission of toxic gases such as CO<sub>2</sub>. Among the factors that originate this phenomenon are immersed: economic growth and population density. In this context, for the development of the present study, CO<sub>2</sub> emissions were used as the dependent variable and the per capita gross domestic product (GDPP) and population density as independent variables. In addition, we worked with a combination of bases, one theoretical and the other empirical. The development of this work is justified by the limited number of studies that relate population density and CO<sub>2</sub> emissions. Therefore, the objective of this research is to examine the incidence of economic growth and population density on CO<sub>2</sub> emissions globally and by income levels, during the period 1961-2015; through an econometric study using cointegration and causality techniques with panel data, with the purpose of proposing policies to reduce environmental damage. The results showed that, globally and by income levels, the variables increased over time, maintaining a positive trend, and correlation was also found. They also indicated short-term and long-term equilibrium between variables; and the forcefulness of the cointegration vector force. In addition, there was unidirectional and bidirectional causality between the variables. These results can help governments and international entities to formulate, implement and monitor strict economic, population and environmental policies, aimed at reducing environmental pollution and achieving sustainable and sustainable economic development.

**Keywords:** Economic growth. Gross Domestic Product (GDP) per capita. Demographic density. CO<sub>2</sub> emissions.

**JEL codes:** E23. J11. Q53

### **c. INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial se han incrementado las emisiones de CO<sub>2</sub>, provocando cambios climáticos y ambientales negativos que afectan a la humanidad y al planeta. Por tanto, la actividad humana ha degradado al planeta, y en consecuencia se ha originado una crisis ambiental. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) estima que la contaminación atmosférica ocasiona 4,20 millones de muertes prematuras al año. Igualmente, el Foro Económico Mundial (FEM, 2018) menciona que los riesgos ambientales se han elevado cuantiosamente. Es decir, exigir en demasía al planeta causa daños ambientales proporcionales. Además, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2016) mencionó un aumento vertiginoso de la población y por ende del consumo, intensificando el agotamiento de los recursos. Asimismo, las Naciones Unidas (UN, 2018) prevén que la población mundial aumente a 8.500, 9.700 y 11.200 millones de personas en 2030, 2050 y 2100 respectivamente, esto ocasionará que las emisiones de CO<sub>2</sub> sigan aumentando a nivel global.

La mayor parte de la humanidad intenta alcanzar una mejor calidad de vida y en búsqueda de la misma, la hemos perdido. En este sentido, Owen (2008) manifiesta que los logros alcanzados, respecto a descubrimientos en el espacio exterior han sido motivo de petulancia; sin embargo, la humanidad no puede jactarse de una eficiente administración en el espacio interior del planeta. La presente investigación, se respalda por una combinación teórica y empírica. La base teórica determinada por la Curva Medioambiental de Kuznets (1955) conocida como ECK; plantea que la relación entre el crecimiento económico (PIB per cápita, PIBp) y emisiones de CO<sub>2</sub> es una curva no lineal en forma de U-invertida. En este sentido, varios autores en sus diversos estudios tanto confirmaron como rechazaron la existencia y

validez de la ECK (1955). Además, la base empírica referida a la relación entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>, cuenta con una limitada evidencia.

En general las investigaciones relacionadas con el presente estudio, demuestran que el crecimiento económico y la densidad demográfica son factores importantes en los niveles de CO<sub>2</sub>. Autores como Ohlan (2015) y Rahman (2017) indican la existencia de una relación entre las variables. Las decisiones aplicadas a estos factores, repercuten directamente en la calidad del medio ambiente, y sobre todo en el bienestar de la humanidad. Por tanto, un crecimiento económico sustentable, puede conducir a un desarrollo económico; y un crecimiento poblacional controlado, evitando problemas de sustentabilidad ambiental.

En lo que respecta a las hipótesis de esta investigación, se las plantea de la siguiente manera: a) Existe la hipótesis medioambiental de ECK (1955) y una relación positiva entre la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, durante el periodo 1961-2015; b) Existe una relación de equilibrio a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015; c) Existencia de causalidad entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015. Estas hipótesis, se verificarán con el cumplimiento de los objetivos específicos.

Los objetivos específicos de esta investigación son: a) Analizar la evolución y la correlación entre el crecimiento económico y densidad demográfica con las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso en el periodo 1961-2015; b) Estimar la relación a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015; y c) Determinar la causalidad entre el crecimiento económico, densidad

demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015.

La investigación comprende 90 países en el periodo de estudio, permitiendo estructurar un panel perfectamente equilibrado. Este estudio se efectúa por medio de datos secundarios obtenidos de las bases de datos del World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial (BM, 2018). Por tanto, previamente a la estimación y aplicación de técnicas econométricas, con el propósito de reducir la heterogeneidad por ingresos, se agrupa a los países, haciendo un ajuste al método atlas propuesto por el BM (2018) 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).

En cuanto a la metodología, inicialmente valoramos un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios Generalizados (GLS) para estimar la dirección y la fuerza de la correlación entre las variables. Seguidamente, verificamos que el modelo no presentara el problema de raíz unitaria mediante pruebas cointegración: Dickey y Fuller Aumentada (ADF, 1979), Phillips y Perron (PP, 1988), Levin, Lin y Chu (LLC, 2002), Im, Pesaran y Shin (IPS, 2003); y Breitung (UB, 2002). Para determinar la existencia de equilibrio a corto plazo, se utiliza los modelos de corrección de error de Westerlund (2007); y para el largo plazo, se aplica la técnica de cointegración de Pedroni (1999). Para establecer la fuerza del vector de cointegración para cada país, se emplea el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos (DOLS); y para los grupos de países, un modelo de Panel Dinámico con Mínimos Cuadrados Ordinarios (PDOLS) basados en Pedroni (2001). Al final, se aplica el test de causalidad tipo Granger (1988) propuesto por Dumitrescu y Hurlin (2012).

Los resultados indican que las variables a lo largo del tiempo presentan una tendencia positiva tanto a nivel global como por niveles de ingreso, durante el periodo de estudio. Además, gráficamente presentan varios tipos de cointegración entre variables, sin embargo, a nivel global la relación es positiva. Por otro lado, existe presencia de equilibrio a corto y a largo plazo entre las variables. Igualmente, la fuerza del vector de cointegración es contundente, especialmente para la variable de densidad demográfica. Asimismo, los resultados muestran existencia de una relación causal unidireccional y bidireccional entre las variables del modelo.

La contribución de la presente investigación, está determinada por cuatro aspectos: 1) Determinación del modelo econométrico empleando una combinación de bases (teórica y empírica). 2) El proceso para establecer la clasificación de países por grupos (según el nivel de ingresos); y a nivel global. 3) La metodología aplicada para determinar la relación de cointegración y causalidad, utilizando datos de panel para 90 países del mundo, en el periodo de estudio. 4) Profundiza y amplía la evidencia para la relación entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>. Los resultados obtenidos pueden ser útiles para formular políticas económicas, demográficas y ambientales, mismas que deberían estar dirigidas a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Formalmente, el resto de esta investigación se elabora en base a la siguiente estructura: d. Revisión de literatura, apartado donde se encuentra la teoría del presente trabajo. Este apartado está constituido por: 1) Antecedentes (investigaciones previas); 2) Fundamentación Teórica (descripción de categorías); y 3) Fundamentación Legal (leyes, estatutos). El apartado e. Materiales y Métodos, especifica los materiales, tipo de investigación, métodos investigativos; y técnicas e instrumentos que se emplearon en el presente estudio. El apartado f. Resultados, describe los resultados obtenidos en la investigación sustentados en el análisis

e interpretación de gráficos y tablas, de acuerdo a cada objetivo específico. El apartado g. Discusión, es un componente esencial, generando nuevo conocimiento, y partiendo de los resultados, y enfrentándolos con la teoría y evidencia empírica. El apartado h. Conclusiones, expone afirmaciones formuladas en función a los resultados, según cada objetivo específico. El apartado i. Recomendaciones, expresa diversas alternativas de solución por cada conclusión. El apartado j. Bibliografía, muestra las diferentes referencias bibliográficas para el desarrollo de la investigación. Finalmente, el apartado k. Anexos, expone información adicional al tema de estudio (anteproyecto, tablas y cuadros).

## **d. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1. ANTECEDENTES**

Las emisiones de gases contaminantes, concretamente las emisiones de CO<sub>2</sub> son la principal forma de medir la contaminación ambiental, constituyendo riesgos para la humanidad y el ambiente. En este sentido, el presente trabajo se desarrolla basándose en dos relaciones, una teórica y otra empírica para cumplir el objetivo de esta investigación. En referencia a lo anterior, primeramente se menciona a la relación teórica del presente trabajo, misma que está constituida por el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este contexto, uno de los primeros estudios desarrollados sobre la relación entre éstas dos variables, fue elaborado por el BM (1992) en el informe sobre el desarrollo mundial; este informe trató a los principales problemas del desarrollo económico y el medio ambiente, argumentando que el desarrollo económico y humano es viable considerando las condiciones ambientales, lo que demandaría cambios en las políticas. Este informe estaría fundamentado en la ECK (1955), donde un aumento del crecimiento económico implica un impacto negativo en el medio ambiente hasta llegar a un punto de inflexión, a partir del cual la relación se invierte a largo plazo; gráficamente, se representaría en una curva no lineal en forma de U-invertida.

Implicando que al inicio las variables tienden a ser crecientes, y después de un cierto nivel (cuando la economía madura y tiene la capacidad de utilizar tecnologías eficientes) las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen con el aumento del producto interno bruto. Posteriormente, Holtz-Eakin y Selden (1995) determinaron una disminución de la propensión a emitir CO<sub>2</sub> a medida que aumenta el PIBp; sin embargo, el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> continuaría a

largo plazo, afectando al crecimiento económico porque la producción y la población aumentan constantemente, especialmente en países de ingresos bajos.

Respecto a esta base teórica, existe una cantidad significativa de trabajos que ratifican la existencia de la ECK (1955) como Narayan y Narayan (2010), quienes afirman que para los paneles de Oriente Medio y el Sur de Asia se cumple la ECK, es decir, las emisiones son menores a largo plazo en comparación con el corto plazo. Por su parte Ozcan (2013) obtuvo resultados diferentes para cada caso dentro de su trabajo investigativo, sus resultados sugieren la existencia de ECK para tres países de Medio Oriente, mientras que para cinco de los países de esta misma región los resultados fueron contrarios a la ECK.

Además, para Kais y Sami (2016) el impacto del crecimiento económico en el medio ambiente ha recibido una mayor atención a medida que el calentamiento global y otros problemas ambientales se agravan, además sus resultados indican la presencia de la ECK. Asimismo, los resultados de los trabajos de Apergis (2016) y Atasoy (2017) mostraron que se cumple la ECK en la mayor parte de su estudio. Por el contrario para Jardon, Kuik y Tol (2017) la presencia de ECK se rechaza rotundamente. Con respecto a esta relación existen múltiples trabajos, mismos que presentan varios resultados de acuerdo a cada caso, sin embargo, cualesquiera que sean las deducciones obtenidas, el principal riesgo para la humanidad y el planeta es la contaminación ambiental en todas sus versiones.

En cuanto a la relación empírica que se considera para el desarrollo del presente trabajo investigativo, está compuesta por densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>. En este contexto, una de las primeras investigaciones referentes a la relación entre estas dos variables es la de Engelman (1994), quien examinó cómo un acuerdo de cooperación internacional entre países puede estabilizar los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub>, basándose en los principios de igualdad de acceso a la atmósfera y en la dinámica poblacional.

Igualmente, Van Ypersele y Bartiaux (1995) determinaron que un aumento en la emisión de CO<sub>2</sub> en países desarrollados, tuvo un impacto mayor en el aumento de las emisiones totales mundiales, que el crecimiento de la población de los países menos desarrollados. Asimismo, Knapp y Mookerjee (1996) estudiaron la actividad humana y su contribución al calentamiento global (emisiones de CO<sub>2</sub>), y encontraron una relación dinámica a corto plazo. Posteriormente, Engelman (1998) ilustró el impacto de las políticas de población para frenar el cambio climático mundial, con un acuerdo climático, cerrando la brecha entre conveniencia política y necesidad ambiental.

Actualmente, existe una literatura restringida entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, existen autores que incluyen variables, y aplican metodologías similares a la presente investigación, como es el caso de Ohlan (2015) quien desarrolló su estudio aplicando el Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL) a la cointegración, el Modelo de Corrección de Errores Vectoriales (VEC), pruebas de raíz unitaria y un modelo de causalidad de Granger. Mientras, Rahman (2017) y Dong, Hochman, Zhang, Sun, Li y Liao (2018) utilizan pruebas de raíz unitaria, pruebas de cointegración y de causalidad de panel.

Además, Rahman (2017) aplica PDOLS y DOLS igual que en la presente investigación. Los resultados, demuestran la existencia de relación y cointegración entre las variables. Asimismo, Ohlan (2015) y Dong et al. (2018) encontraron que las variables independientes tienen un efecto positivo y estadísticamente significativo en la dependiente, contrastando con Rahman (2017). Finalmente, los estudios mostraron causalidad bidireccional entre el producto interno bruto y densidad demográfica.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 CRECIMIENTO ECONÓMICO**

El crecimiento económico es entendido como un aumento del rendimiento de la actividad económica, es decir, un proceso sostenido en el que los niveles de actividad económica aumentan constantemente (Ocegueda, 2000). Además, trae oportunidades que influyen positivamente en el bienestar de la sociedad (Gambi, 2005). “El crecimiento económico se caracteriza por un aumento de la producción total de una economía. Ocurre, cuando una sociedad adquiere nuevos recursos o aprende a producir más con los recursos existentes” (Case, Fair y Oster, 1996, p.68).

Es favorable para un país que exista un crecimiento económico estable, positivo y en aumento. Sobre todo, porque esto supone que la sociedad alcanza un nivel de vida elevado, produce una mayor cantidad de bienes y servicios, mejores ingresos, aumento del empleo, entre otras. Sin embargo, puede conllevar a efectos negativos como el deterioro ambiental.

### **2.2 PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB)**

#### **2.2.1 Definición**

Es la medida del nivel de actividad económica (evolución de producción y riqueza), se determina por medio del PIB (valor obtenido al multiplicar las cantidades de bienes y servicios producidos por su precio, en un país, en un año) en términos reales (Ocegueda, 2000). Igualmente, para Barreiro, Azcona y Morcillo (1999) el PIB es el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en un país durante un periodo de tiempo. Asimismo, Blanchard, Amighini y Giavazzi (2012) mencionan que “El PIB es el valor de los bienes y los servicios finales producidos en la economía durante un determinado periodo” (p.19).

Las definiciones anteriores probablemente resultan ser comunes y claras de comprender, sin embargo, pese a la sencillez de su definición, cuando se refiere a calcular el producto interno bruto de una determinada economía surgen varias cuestiones que tendrán repercusiones importantes sino se manejan con prudencia y responsabilidad. Usualmente se considera al producto interno bruto como el mejor indicador de los resultados de la economía, siendo el objetivo del producto interno bruto resumir en una única cifra el valor monetario de la actividad económica en un determinado tiempo.

## **2.2.2 Componentes**

### *2.2.2.1 Consumo (C)*

Comprende bienes (alimentos, ropa, etc.) y servicios (cuidados médicos, etc.) comprados por los consumidores (Blanchard et al., 2012).

### *2.2.2.2 Gasto público (G)*

Bienes y servicios comprados por el estado, excepto transferencias (prestaciones y pensiones) ni los intereses pagados por deuda pública (Blanchard et al., 2012). Además, Mankiw (2012) manifiesta que incluye salarios de los trabajadores del gobierno, y el gasto en obras públicas.

### *2.2.2.3 Inversión (I)*

Es la suma de la inversión no residencial (plantas o máquinas) de empresas, y la inversión residencial (viviendas o apartamentos) de individuos. En ambos casos, la decisión de comprar depende de los servicios que prestarán estos bienes en el futuro (Blanchard et al., 2012).

#### 2.2.2.4 *Exportaciones netas (X-M)*

Es la diferencia entre compras por extranjeros de bienes producidos internamente (Exportaciones: X) y compras de bienes extranjeros (Importaciones: M) (Mankiw, 2012).

### 2.2.3 **Cálculo**

Existen tres métodos para calcular el PIB, mismos que se presentan a continuación:

#### 2.2.3.1 *El PIB como producto final*

Hace referencia a la contabilización del valor total de los bienes y servicios producidos en toda la economía. Es decir, el PIB se determinaría por la adición del producto generado en todos los sectores económicos (agricultura, industria, construcción y servicios). Para el cálculo de la magnitud del producto en una determinada economía, se requiere considerar que un bien o servicio es el resultado de una serie de operaciones. Además, el producto se contabiliza o registra por su valor final o por la suma del valor añadido en cada etapa de producción (López, 2015).

#### 2.2.3.2 *El PIB como gasto total*

El valor de todos los bienes y servicios producidos (la oferta total) que conciernen al gasto realizado por diferentes sujetos. Entonces, la segunda forma de cálculo del producto interno bruto se puede evidenciar en la ecuación 1, donde concretamente corresponde a la suma de los componentes de la demanda total, menos las importaciones, porque éstas son un gasto externo (López, 2015). La siguiente expresión representa la segunda forma del cálculo del producto interno bruto:

$$\text{PIB} = C + I + G + (X - M) \quad (1).$$

Donde, el consumo está representado por C, la inversión denotada por I, el gasto público por G y las exportaciones netas están determinadas por X-M. Concretamente, en la ecuación 1, es posible distinguir grandes componentes. Primero, el gasto o demanda nacional, determinado por el gasto de: familias en bienes de consumo (C), empresas y hogares en nuevo capital (plantas, equipo, existencias y nuevas estructuras residenciales) (I). El sector público, denotado por el consumo e inversión bruta del gobierno (G). Por otro lado, el gasto o demanda externa (X-M), es decir, el gasto hacia o desde el sector exterior (López, 2015).

### *2.2.3.3 El PIB como equivalente a la renta*

Considerando que todo el producto se traduce en rentas, la tercera forma de cálculo del PIB se representa en la ecuación 2, además, se puede entender como la suma de: rentas del trabajo (remuneraciones pagadas a asalariados, desglosadas en sueldos y salarios y cotizaciones sociales), capital o propiedad (retribución de los propietarios, desglosadas en intereses, dividendos o reinvertidos, rentas de la tierra y alquileres) y del sector público (rentas o impuestos que las empresas pagan al sector público). Es decir:

$$\text{PIB} = \text{Rentas del trabajo} + \text{Rentas de capital} + \text{Rentas del sector público (2)}.$$

Donde, Rentas del trabajo se refiere a sueldos y salarios sumando a las cotizaciones sociales. Rentas del capital, representa los intereses, beneficios, rentas de la tierra, alquileres, entre otros. Rentas del sector público, denotan a la diferencia entre los impuestos indirectos y subvenciones (López, 2015). La ecuación 2 manifiesta que el enfoque del ingreso, mide el producto interno bruto sumando los ingresos que las empresas pagan a las familias por los factores de producción en forma de: salarios por trabajo, intereses por capital, renta por tierra y ganancias por habilidades empresariales (Parkin y Loría, 2010).

## 2.2.4 Tipos

Frecuentemente existen situaciones en las que es adecuado y requerido realizar comparaciones del producto interno bruto entre periodos. Entonces, para determinar las variaciones del producto interno bruto con respecto a variaciones en la producción y precios. Para separar la producción de los precios, es preciso diferenciar el producto interno bruto real y el nominal (Parkin y Loría, 2010).

### 2.2.4.1 PIB real

Es el valor de bienes y servicios finales producidos en un año determinado, valorados a los precios de un año base de referencia. Para comparar el valor de la producción de dos años a los mismos precios, podemos medir el cambio en el volumen de producción (Parkin y Loría, 2010). Igualmente, para Blanchard et, al. (2012) el producto interno bruto real es la suma de la producción de bienes finales es multiplicada por los precios.

### 2.2.4.2 PIB nominal

Es el valor de bienes y servicios finales producidos en un año determinado, considerando los precios que prevalecieron en ese mismo año (Parkin y Loría, 2010). Del mismo modo, Blanchard et, al. (2012) manifestaron que el producto interno bruto nominal es la suma de las cantidades de bienes finales producidos multiplicada por su precio corriente. Además, el producto interno bruto nominal tiende a aumentar con el tiempo, porque la producción y el precio de bienes también aumentan con el tiempo.

### 2.2.4.3 PIB per cápita

Es la unidad de medida del desarrollo económico y el bienestar económico de un país. Se obtiene del cociente entre el producto interno bruto de un país y su población total. En términos generales, se sugiere que los países con un alto nivel de PIBp tienen un mejor bienestar económico que aquellos países con un PIBp inferior (Larraín, Sachs y Sachs, 2002). Asimismo, el desarrollo económico es medido por la tasa de crecimiento de la renta per cápita de las economías, siendo un indicador promedio de la capacidad de compra de los ciudadanos (Tezanos, Quiñones, Gutierrez y Madrueño, 2013). Además, el BM desde 1978 estableció una clasificación de países en función de sus niveles de ingreso por habitante (PIBp). Sin embargo, se reconoce que el desarrollo no se traduce simplemente en los ingresos, por tanto, se considera que el PIBp es un indicador individual adecuado para medir la capacidad económica y progreso de un país.

## 2.3 DENSIDAD DEMOGRÁFICA

El principal motivo e interés de la demografía se centra en la dinámica de la población en el tiempo. Además, la demografía está basada en estudiar los movimientos que se presentan en las poblaciones humanas. Los movimientos de las personas dependen de tres componentes que provocan cambios en el Estado a lo largo del tiempo: nacimientos, defunciones y migración (Torres-Degró, 2017). Es decir, mientras las personas nacen, mueren o se mueven, los números totales de habitantes en un área cambian. Además, la densidad demográfica se refiere a la población humana total que vive en todo el mundo. Para Malthus (1846) los seres humanos pueden reproducirse a un portentoso ritmo si se dan las condiciones. Sin embargo, es necesario considerar que la cantidad de recursos es limitada, especialmente el componente tierra. Entonces, resulta evidente que a menor población en un territorio mayor será su bienestar y acceso a recursos.

El BM (2018) define a la densidad de población (personas por kilómetro) como la población a mitad de año fraccionada por la superficie territorial en kilómetros cuadrados. La población está constituida por los residentes independientes de su estado legal, exceptuado a los refugiados no asentados en el país de asilo (considerados de su país de origen). Además, la densidad demográfica es sensible a componentes económicos, políticos, geográficos y climáticos. Entonces, las mayores densidades de población pertenecen en general a las grandes ciudades del mundo. Y son en esos lugares con abundante cantidad de población donde se agudizan constantemente problemas como: vivienda, transporte, fuentes de trabajo, servicios urbanos, seguridad ciudadana, entre otros.

### **2.3.1 Crecimiento demográfico**

La inquietud relacionada por el crecimiento demográfico mundial no es nueva. El reverendo Thomas Malthus expresó sus temores por los aumentos demográficos, opinaba que las poblaciones crecían geométricamente a una tasa de crecimiento constante. Sin embargo, las provisiones alimenticias lentamente, debido a la productividad marginal decreciente de la tierra. Estos fenómenos hicieron que Malthus (1846) pronostique un empobrecimiento ascendente de la población a nivel global, sino se detiene el crecimiento demográfico. En este contexto, existen observadores que concuerdan con el enfoque Malthusiano, es decir, la población mundial aumentará hasta un punto en el que los recursos del planeta no la puedan sustentar. Por otro lado, otros piensan un cambio tecnológico y transiciones demográficas a índices desacelerados, permitirán mejoras en el bienestar global (Case et al. 2016).

### *2.3.1.1 Causas del crecimiento demográfico*

Para Case et al. (2016) el crecimiento demográfico es determinado por la relación entre nacimientos (índice de fertilidad) y muertes (índice de mortalidad). Entonces, el índice natural de crecimiento demográfico es expuesto como la diferencia entre la tasa de nacimientos y la tasa de defunciones. Históricamente, los bajos índices de crecimiento demográfico se mantenían por los altos índices de mortalidad, pese a los altos niveles de fertilidad. Por ello, se priorizó las mejoras de programas de nutrición, salud pública (agua potable y servicios sanitarios) y prácticas médicas, principalmente en Europa, América del Norte y posteriormente en los países en desarrollo. Esto ocasionó el descenso en el índice de mortalidad y, por tanto, un crecimiento demográfico acelerado.

A lo largo del tiempo, en los índices de fertilidad también se redujeron, y el crecimiento demográfico regresó a una tasa baja y estable. Sin embargo, en los países en desarrollo los índices de fertilidad no han disminuido con la misma velocidad y el resultado son tasas naturales altas de crecimiento demográfico. El crecimiento de la población depende de las tasas de natalidad, por tanto, la planeación familiar y las modernas formas de control de la natalidad son mecanismos importantes para reducir la fertilidad. Para que la planeación familiar tenga éxito, es necesario comprender porque las familias en las naciones en desarrollo tienen tantos hijos (Case et, al. 2016).

En general, la gente quiere familias grandes porque cree que las necesita. En sociedades agrarias, los niños son fuente de mano de obra agrícola y contribuyen al ingreso familiar. En sociedades sin programas públicos de seguridad social para los ancianos, los hijos proporcionan una fuente de ingresos para los padres. Entonces, las familias tratan de tener muchos hijos para asegurarse que un número suficiente de ellos sobreviva y llegue a la edad adulta.

Además, Case et, al. (2016) manifiestan que la cultura y la religión afectan al número de hijos que las familias desean tener, aunque, los incentivos económicos por tener familias grandes son poderosos. Entonces, cuando la relación entre los costos y beneficios de tener hijos cambie, los índices de fertilidad disminuirán.

Los ingresos crecientes parecen reducir los índices de fertilidad, indicando que el desarrollo económico reduce los índices de crecimiento demográfico. Una familia puede pensar que tener muchos hijos es una estrategia racional por sus condiciones. Sin embargo, esto no significa que sea un beneficio neto para la sociedad en conjunto, porque, impone costos al resto de la sociedad. Entonces, toda nación que pretenda desacelerar el índice de crecimiento demográfico, requerirá ofrecer incentivos económicos para que las familias tengan menos hijos (Case et, al. 2016).

#### *2.3.1.2 Las consecuencias del crecimiento demográfico*

Se advierte consecuencias económicas terribles por una explosión demográfica, especialmente en los países en vías de desarrollo. Aunque es difícil precisar estas predicciones, una preocupación económica primordial es que un crecimiento demográfico demasiado rápido, puede limitar la inversión y restringir los aumentos en la productividad de la mano de obra y el ingreso. Ocasionado por el cambio en la composición de edades, generando que muchos hijos dependan del número adultos económicamente activos, disminuyendo el ahorro, y por tanto la inversión, a medida que el consumo se priorice ante el ahorro. Entonces, la idea de mejorar el capital humano mediante programas estatales (nutrición infantil, educación, etc.) puede limitarse, porque aumentaría la carga de prestaciones y presiones demográficas para el gobierno al aumentar con rapidez la demanda de bienes y servicios públicos (Case et, al. 2016).

## **2.4 DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)**

El Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas más pesado, formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno originado por las combustiones; y es uno de los principales causantes del efecto invernadero (Real Academia Española, 2018). En este sentido, para el BM (2018) las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de la quema y consumo de combustibles fósiles, gas y producción del cemento. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumenta constantemente, entonces, este hecho es susceptible a un incremento de la temperatura en la Tierra denominado como efecto invernadero (Spedding, 1981). Además, para Martínez y Díaz (2004) el aumento de CO<sub>2</sub> ha crecido paralelamente a la utilización de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

Las elevadas emisiones de CO<sub>2</sub> son las responsables de la contaminación y se pronostica la intensificación de los impactos de la degradación ambiental, constituyendo riesgos para la humanidad y el ambiente. En este sentido, el presente trabajo se desarrolló con dos bases, una teórica y otra empírica. Por tanto, se dividió el estudio en tres relaciones.

## **2.5 RELACIÓN ENTRE PIB, DENSIDAD DEMOGRÁFICA Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> son un factor determinante en la calidad del medio ambiente y en la actividad económica. Además, resulta ser un elemento para un desarrollo sostenible. En este contexto, para Meadows, Meadows y Randers (1994) los problemas que la humanidad enfrentará son: crecimiento poblacional, industrialización, producción de alimentos, agotamiento de los recursos naturales y contaminación. Las variables de esta investigación están inmersas en estos problemas. En general, Segura y Arriaga (2003) mencionan que no existe una sola solución para un mismo problema, y estos problemas interactúan entre sí.

Existen investigaciones que corroboraron la ECK mediante diferentes técnicas econométricas como: Apergis y Ozturk (2015); Wang, Fu y Zhang (2015) explicaron que los niveles de contaminación siguen aumentando, aunque lentamente en áreas desarrolladas; y Hanif y Gago de Santos (2017) evidencian que, en economías en desarrollo, el producto interno bruto ha tenido un impacto en la degradación ambiental. Entonces, controlar el tamaño de la población, minimizaría daños en el ambiente. Además, los estudios más significativos a la presente investigación son los desarrollados por: Ohlan (2015), Rahman (2017) y Dong et al. (2018).

En contraste, existen investigaciones en las cuales la ECK no es válida como: Begum, Sohag, Abdullah y Jaafar (2015); donde el PIBp tiene un impacto positivo con las emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque la población no tiene un impacto significativo. Y para Lin, Omoju, Nwakeze, Okonkwo y Megbowon (2016) el crecimiento de la población tiene una relación negativa con las emisiones. Finalmente, Alam, Murad, Noman y Ozturk (2016) demostraron que la relación entre emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento de la población fue estadísticamente significativa para India y Brasil. Por otro lado, Constant, Nourry y Seegmuller (2014) mostraron como un impacto en la productividad, asociado a una innovación tecnológica promueve un proceso de desarrollo contaminante.

## **2.6 RELACIÓN ENTRE CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

Esta relación se sustenta con la ECK donde la relación entre el PIB y las emisiones de CO<sub>2</sub> es una curva en forma de U-invertida. Esta hipótesis ha sido estudiada desde la década de 1990 y aún se sigue considerando para estudios actuales. En este sentido, varios estudios corroboraron la existencia de la ECK, como: Zilio (2012), Al Mamun, Sohag, Hannan, Salah y Ozturk (2014), Talbi (2017), Ali, Abdullah y Azam (2017), Olale, Ochuodho, Lantz y El Armali (2018), etc.

Igualmente, Kais y Sami (2016) sostienen que el PIBp tiene un impacto positivo y estadísticamente significativo en el carbono para el panel global. En este contexto, Halicioglu (2009) sugieren que el ingreso es una variable importante para explicar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Hossain (2011) indica que la calidad ambiental es un bien normal a largo plazo. Asimismo, Inglesi y Dogan (2018) y Tiwari, Shahbaz y Adnan (2013) ratificaron la cointegración entre variables, indicando la presencia de ECK.

Además, Farhani, Mrizak, Chaibi y Rault (2014) confirman ECK y resaltan la importancia del cambio tecnológico y características específicas del territorio, para determinar el nivel de emisiones de gases. Otros autores como: Kasman y Duman (2015) y Shahbaz, Lean y Shabbir (2012) en sus respectivos trabajos aplicaron diversos métodos (ARDL, causalidad de Granger para datos de panel, cointegración de panel, pruebas de raíz de unidad de panel) para verificar la existencia de ECK.

En contraste, la hipótesis de ECK no es válida para Azam (2016) quien mostró que la degradación ambiental tiene un impacto significativamente negativo en el crecimiento económico. Por su parte, Zoundi (2017) no encontró evidencia de una validación total de ECK, sin embargo, encontró que las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentan con el ingreso per cápita. Por su parte, Akalpler y Shingil (2017) utilizando cointegración y ARDL muestran que las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyen significativamente a las emisiones de efecto invernadero. Además, Saidi y Hammami (2015) estimaron que las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen un impacto negativo en el producto interno bruto.

## **2.7 RELACIÓN ENTRE DENSIDAD DEMOGRÁFICA Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

Esta relación no cuenta con abundante evidencia empírica como la relación anterior; sin embargo, se mencionan estudios relacionados como: Shahbaz, Loganathan, Muzaffar, Ahmed y Jabran (2016), Wang, Kang, Wang y Xu (2017) y Wang y Zhao (2018) quienes emplearon el modelo STIRPAT (Impactos estocásticos por regresión en la población, la riqueza y la tecnología) en sus diferentes estudios. Por su parte, Wang et al. (2017) manifiestan que el tamaño de la población tiene un gran poder explicativo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. Es decir, un aumento de la densidad demográfica representa una amenaza para el medio ambiente. Y para Wang y Zhao (2018) mostraron que la tasa de urbanización de la población disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en la región urbanizada. Para Poumanyong y Kaneko (2010) los resultados sugieren que el impacto de la urbanización en las emisiones es positivo para todos los grupos de ingresos, pero es más pronunciado en el grupo de ingresos medios que en los otros grupos de ingresos.

Además, Martínez y Maruotti (2011) muestran una relación en forma de U-invertida entre la urbanización y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para Zhu y Peng (2012) los resultados revelan que los cambios en la estructura de la población fueron los principales factores de impacto. La urbanización incrementó las emisiones de CO<sub>2</sub>, donde los hogares en lugar de los individuos, son una explicación más razonable para el impacto demográfico en las emisiones de carbono. Para Wang, Zeng, Huang, Shi y Zhan (2018) la urbanización de la población ejerce un impacto negativo en las emisiones de CO<sub>2</sub>, por la mejora del modo de consumo de energía y la eficiencia.

Entonces, incluir estas tres variables en la presente investigación es razonable, considerando que la contaminación es un tema muy controversial en todo tipo de economías, porque afecta a cada país de diferente manera. Entonces, el CO<sub>2</sub> como uno de los principales contaminantes, resulta conveniente utilizar esta variable como dependiente. Además, tanto el PIBp como la densidad demográfica son factores que afectan a las emisiones de CO<sub>2</sub>; porque, para alcanzar un crecimiento económico las grandes industrias producen masivamente, reducen costos, agilitan procesos, pueden o no aplicar medidas de seguridad ambiental en diferentes economías. Por otro lado, el aumento de la población ha sido considerable, esto incrementa: gastos, consumo, demanda, agota recursos, entre otros.

Además, se sugiere que cada gobierno proponga y aplique políticas económicas, poblacionales y ambientales. Principalmente políticas de control poblacional, considerando los recursos de cada nación. 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 de la población. Por tanto, un crecimiento económico amigable con el medio ambiente y sustentable, para llegar a un desarrollo económico impulsado por el gobierno, evitaría problemas económicos, sociales, ambientales y políticos en el futuro de cada país.

### **3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La presente investigación se respaldará en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, 2015) establecidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2015), específicamente los objetivos 8, 12 y 13 de los ODS (2015); Además, el Protocolo de Kyoto (ONU, 1997) de la convención marco sobre el cambio climático; Y el artículo 6 del Acuerdo de París (AP, 2015).

### **3.1 OBJETIVO 8: TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

El Objetivo 8 (ODS, 2015, p.22): *“Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”*. Tiene el principal propósito de alcanzar un desarrollo económico sostenible para todos los países, las sociedades deberán crear las condiciones necesarias para acceder a una economía sin dañar el medio ambiente. Los empleos, la producción y el consumo deberán ser eficientes con los recursos de un determinado territorio, e intentar deslindar la idea de que solo se puede lograr un crecimiento económico con degradación ambiental (ODS, 2015).

El objetivo 8, intenta alcanzar una variedad de metas a corto y a largo plazo, estas serán herramientas para que el objetivo se lleve a cabo más efectivamente. La meta que se relaciona directamente con esta investigación es la 8.4. Esta meta, se direcciona en favor del medio ambiente, procurando un crecimiento económico sostenible y sustentable.

### **3.2 OBJETIVO 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES**

El Objetivo 12 (ONU, 2015, p.25): *“Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”*, trata básicamente del consumo y la producción sostenible para promover el uso eficaz de los recursos y energía, mejorar el acceso a los servicios básicos y creación de empleos ecológicos. Todo ello representaría una mejor calidad de vida para las sociedades. Además, atenuaría costos económicos, ambientales y sociales; y de esta manera se ampliaría la competitividad y reduciría la pobreza, mediante el apoyo tecnológico a países en desarrollo (ODS, 2015).

Entre las metas que se relacionan con este estudio están: 12.4 (espera que para el 2020 la gestión ecológica relacionada al tratamiento de residuos y productos contaminantes; y, además, reducir la contaminación en todas sus formas), 12.6 (dirigida a las grandes empresas

como principales fuentes de emisiones de gases o residuos tóxicos y contaminantes) y 12.c (referida a los subsidios de combustibles fósiles para intentar frenar la contaminación, protegiendo al planeta) (ODS, 2015). Actualmente, el consumo de los recursos naturales está aumentando. Asimismo, los pobladores de diferentes países continúan abordando los desafíos referentes a la contaminación; la gestión ecológica del tratamiento de productos químicos y desechos contaminantes, puede reducir esta contaminación. Este objetivo, intenta obtener ganancias de actividades económicas, por medio de la reducción de la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación (ODS, 2015).

### **3.3 OBJETIVO 13: ACCIÓN POR EL CLIMA**

El Objetivo 13 (ONU, 2015, p.26): “*Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*” se refiere a que en el mundo no existe un país que no haya experimentado cambios climáticos. Las emisiones de gases que ocasionan el efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub> siguen aumentando; actualmente estas emisiones resultan ser 50% superior al nivel de 1990 (ODS, 2015). Además, el calentamiento global está ocasionando cambios permanentes en el clima, trayendo efectos negativos e irreversibles. Por otro lado, las pérdidas anuales promedio causadas por desastres naturales son enormes y exigen grandes inversiones.

Este objetivo, intentará abordar las necesidades de países en desarrollo y ayudar a aminorar los desastres climáticos, estimulando la educación y sensibilización temprana del mismo, establecer mecanismos para la gestión oportuna sobre todo en países menos adelantados y pequeños, por tanto, todas las metas referentes a este objetivo están relacionadas con la presente investigación, al intentar mitigar los efectos climáticos, originados por las emisiones de CO<sub>2</sub> (ODS, 2015).

### **3.4 ARTÍCULO 2 DEL PROTOCOLO DE KYOTO (1997)**

Para promover el desarrollo sostenible, de acuerdo al presente artículo del Protocolo de Kioto (ONU, 1997, p.2) se debe. *“Aplicar· y/o seguir· elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales”*. Dentro de las políticas y medidas propuestas por la ONU (1997) están: protección y mejora de depósitos de gases de efecto invernadero; prácticas sostenibles con respecto a la forestación y reforestación; investigación, desarrollo y uso de formas renovables de energía; políticas de incentivo a sectores de la economía que reduzcan o eliminen la emisión de gases de efecto invernadero; entre otros.

### **3.5 ARTÍCULO 6 DEL ACUERDO DE PARÍS (2015)**

Representa al conjunto de medidas dirigidas a la mitigación y adaptación para promover el desarrollo sostenible y la integridad ambiental. Especialmente el inciso cuatro, al manifestar que es un mecanismo para contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el desarrollo sostenible (Acuerdo de París, 2015, p. 27). Los principales objetivos de este inciso son:

- a) *Promover la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando al mismo tiempo el desarrollo sostenible;*
- b) *Incentivar y facilitar la participación, en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de las entidades públicas y privadas que cuenten con la autorización de las Partes;*
- c) *Contribuir a la reducción de los niveles de emisión en las Partes de acogida, que se beneficiarán de actividades de mitigación por las que se generarán reducciones de las emisiones que podrá utilizar también otra Parte para cumplir con su contribución determinada a nivel nacional; y*
- d) *Producir una mitigación global de las emisiones mundiales.*

## **e. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. MATERIALES**

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo de la presente investigación, se presentan en la tabla a continuación:

*Tabla 1. Lista de materiales*

| <b>Servicios</b> | <b>Equipos de computación</b> | <b>Suministros de oficina</b> |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| - Internet       | - Impresora                   | - Hojas papel bond            |
| - Transporte     | - Computadora                 | - Cartuchos de tinta          |
|                  | - Calculadora                 | - Lápices y esferos           |
|                  | - Flash Memory                | - Anillados y empastados      |

**Fuente:** Elaboración propia.

### **2. CONTEXTO**

La investigación fue realizada a nivel global y por niveles de ingreso, específicamente para un total de 90 países, durante el periodo 1961-2015.

### **3. PARTICIPANTES**

Los participantes dentro de la investigación, fueron 90 países a nivel global, y estos fueron clasificados según su nivel de ingreso, basándose en el método atlas propuesto por el BM.

### **4. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 EXPLORATIVA**

La presente investigación fue de tipo explorativa, porque se procederá a la búsqueda de información. Luego se recogieron datos y criterios necesarios para interpretar y evaluar la incidencia del crecimiento económico, la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso. Aplicando una metodología econométrica, basándose en un estudio de cointegración y causalidad con datos de panel, durante el periodo 1961-2015.

## **4.2 DESCRIPTIVO**

La investigación fue de tipo descriptiva, proporcionando una descripción y análisis de los aspectos referentes a la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> durante el periodo 1961-2015. Entonces, esta investigación fue descriptiva, porque, se centra en el conocimiento de un estudio, que describe correctamente los aspectos fundamentales del fenómeno u objeto de estudio.

## **4.3 CORRELACIONAL**

Esta investigación, fue del tipo correlacional, dado que se determinará la correlación entre el crecimiento económico, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, durante el periodo 1961-2015. La estimación de la correlación, se efectuó, mediante técnicas estadísticas y econométricas entre las variables del modelo.

## **4.4 EXPLICATIVA**

Igualmente, esta investigación fue de tipo explicativa, debido a que posteriormente se obtuvo y procesó adecuadamente la información, se identificó el comportamiento de las variables del modelo econométrico. Y mediante el oportuno estudio, los resultados fueron comprendidos, interpretados y explicados, con el propósito de lograr una formulación de alternativas de solución ante la problemática de investigación.

## **5. MÉTODOS**

### **5.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se efectuó siguiendo los lineamientos del método científico. Considerando sus modalidades o expresiones se utilizaron las siguientes:

## **5.1.1 Método científico**

### *5.1.1.1 Inductivo*

El método inductivo, se aplicó en la presente investigación en la recolección de datos y un análisis pertinente de los mismos, para formular los enunciados basados en el tema de investigación. Además, la información obtenida aportó para obtener mayores conocimientos, acerca de la incidencia del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso durante el periodo 1961-2015.

### *5.1.1.2 Deductivo*

En la presente investigación, el método deductivo sirvió para desarrollar el esquema de contenidos y de los capítulos. Partiendo de premisas y conceptos generales hasta llegar a casos particulares que delimitaron la problemática planteada en el tema.

### *5.1.1.3 Analítico*

Se utilizó para el proceso de análisis de la información estadística, con el objetivo de descomponer el todo en sus partes, y así poder determinar las causas-efectos del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> durante el periodo 1961-2015.

### *5.1.1.4 Sintético*

Este método, se utilizó para unificar todas las partes que conformó este tema, para llegar a una completa comprensión del mismo. Es decir, alcanzar oportunamente a la interpretación de los resultados encontrados, y conseguir el cumplimiento de los objetivos previamente planteados.

#### *5.1.1.5 Estadístico*

Se recurrió a este método para el procesamiento de la información recolectada, presentar los resultados y dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación. Para ello se utilizaron herramientas como programas informáticos. Posteriormente, se obtuvo resultados para representarlos mediante tablas o gráficos; y a su vez analizados, estos resultados contribuyeron para plantear las conclusiones y recomendaciones respectivas.

### **6. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Al ser esta una investigación con un enfoque global, no se desarrolló el proceso de cálculo de una muestra. La población de la presente investigación, se conformó por datos de la base de datos del WDI (2018). Los datos de cada variable del modelo econométrico, durante el periodo 1961-2015 ayudaron a dar cumplimiento a los objetivos específicos previamente planeados, y posteriormente las interpretaciones y análisis de resultados.

La presente investigación, se desarrolló para 90 países del mundo, considerando su nivel de ingresos como determinante para su clasificación de acuerdo a cada grupo de países. Se determinó la clasificación de esta investigación en base al método atlas propuesto por el Banco Mundial, se consideró pertinente ampliar y ajustar la clasificación del Banco Mundial con el propósito de que las estimaciones a realizarse sean lo más realistas posibles.

El estudio de esta investigación fue tanto a nivel global como por grupos de países. A nivel global para tener una perspectiva general de la relación entre las variables del modelo establecido, sin embargo, a nivel global no se puede determinar la realidad del desarrollo de cada país, principalmente por las diferencias existentes entre los países que conforman este estudio respecto al nivel de ingresos. Es por tal motivo que en esta investigación, se optó por

dividir a los países por grupos de acuerdo a sus niveles de ingresos, justificando de esta manera el ajuste y aplicación al método atlas establecido por el Banco Mundial.

El método atlas únicamente contempla cuatro clasificaciones (PIA, PIMA, PIMB y PIB) en cuanto a los ingresos, y esta investigación planteó seis (PIEA, PIA, PIMA, PIMB, PIB y PIEB), de acuerdo a los países considerados para las estimaciones y el nivel de ingreso de los mismos, tanto en su conjunto como por grupos de países. Esta clasificación, se efectuó mediante un promedio del producto interno bruto per cápita en el periodo de estudio, para los 90 países que conforman este estudio. Además, para cada caso se efectuarán las respectivas estimaciones, mediante el manejo de datos históricos de fuentes oficiales de las bases de datos del Banco Mundial.

La Tabla 2 presenta las clasificaciones ajustadas de países de la presente investigación. En la primera columna de la tabla, se observan los diferentes rangos de clasificación de acuerdo al nivel de ingresos expresados en dólares estadounidenses. En la segunda columna, se muestran los países a los que aplica esta investigación, mismos que también se encuentran agrupados de acuerdo a cada clasificación.

**Tabla 2.** Clasificación ajustada de los países analizados en base al método atlas

| <b>Clasificación</b>   | <b>Países</b>   |
|--|---|
| Países de Ingresos   |   |
| Extremadamente Altos – (PIEA)<br>2 países (\$50.001 o más)                       | Noruega y Suiza   |
| Países de Ingresos Altos – (PIA)<br>20 países (\$20.001-\$50.000)                | Australia, Austria, Canadá, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Francia, Guam, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Macao (China), Países Bajos, Nueva Zelanda, Singapur, España, Suecia, Reino Unido, Estados Unidos (EU).          |
| Países de Ingresos Medios Altos – (PIMA)<br>9 países PIMA (\$10.001-\$20.000)    | Antigua y Barbuda, Barbados, Chile, Gabón, Grecia, Malta, Portugal, Trinidad y Tobago, Venezuela.   |
| Países de Ingresos Medios Bajos – (PIMB)<br>22 países (\$3.001-\$10.000)         | Argelia, Argentina, Botswana, Brasil, Bulgaria, Colombia, Costa Rica, Cuba, Rep. Dominicana, Ecuador, Guinea Ecuatorial, Irán, Jordán, Corea (Rep.), Malaysia, Mauricio, México, Panamá, Perú, Sudáfrica, Turquía, Uruguay. |
| Países de Ingresos Bajos – (PIB)<br>19 países (\$1.001-\$3.000)                  | Belice, Bolivia, Camerún, Congo (Rep.), Egipto, El Salvador, Indonesia, Mauritania, Marruecos, Nicaragua, Nigeria, Paraguay, Filipinas, Sri Lanka, Suazilandia, Tailandia, Túnez, Zambia, Zimbabue.                         |
| Países de Ingresos Extremadamente Bajos – (PIEB).<br>18 países (\$1.000 o menos) | Bangladesh, Benín, Burkina Faso, Congo (República Democrática), Gambia, Haití, India, Kenia, Madagascar, Mali, Mozambique, Pakistán, Ruanda, Senegal, Sierra Leona, Sudan, Togo, Uganda.                                    |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2017).

## **7. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **7.1 TÉCNICAS**

#### **7.1.1 Bibliográfica**

La investigación fue bibliográfica, porque se utilizó información de fuentes secundarias como: publicaciones, artículos científicos, libros, revistas, internet, bibliotecas virtuales. Esta técnica, es importante porque permitió recolectar información para desarrollar la investigación.

#### **7.1.2 Estadística**

Esta técnica fue utilizada para analizar los datos encontrados en la investigación, para transformarlos en información cuantitativa y extraer conclusiones y recomendaciones.

#### **7.1.3 Correlación**

El uso de la correlación y sus pruebas y evaluación, se utilizaron para establecer el grado de asociación entre las variables del modelo econométrico.

### **7.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **7.2.1 Paquetes de software estadísticos**

Los paquetes de software se utilizaron para procesar los datos e información de los resultados de la investigación.

## **8. TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

### **8.1 ANÁLISIS DE DATOS**

La presente investigación, se elaboró utilizando la base de datos del WDI (2018) del BM. Las variables que se emplearon son las siguientes: PIBp (\$ constantes de 2010) como medida del crecimiento económico; la densidad demográfica, medida por la densidad de la población (personas por **km**); y las emisiones de CO<sub>2</sub>, medidas por las emisiones de CO<sub>2</sub> en Kilotoneladas (Kt). Además, se planteó el modelo econométrico utilizando datos de panel, siendo un estudio de cointegración y causalidad, durante el periodo 1961-2015; y se estableció el comportamiento de las variables durante el período de análisis. Asimismo, para obtener un panel de datos equilibrado se procedió a interpolar y extrapolar datos según fue necesario.

Para obtener los diferentes efectos entre diferentes grupos de países de acuerdo a su nivel de ingresos, durante el desarrollo de la presente investigación, se ajustó la clasificación de los datos para 90 países en seis grupos, basados en el método atlas propuesto por el BM de la siguiente manera: PIEB (\$1.000 o menos), PIB (\$1.001-\$3.000), PIMB (\$3.001-\$10.000), PIMA (\$10.001-\$20.000), PIA (\$20.001-\$50.000) y PIEA (\$50.001 o más).

La metodología, se conformó por un modelo GLS; Pruebas de raíz unitaria: ADF (1981), PP (1988), LLC (2002), IPS (2003) y UB (2002). Para encontrar equilibrio de corto y de largo plazo, se aplicó el modelo de corrección de errores de Westerlund (2007); y la prueba de cointegración de Pedroni (1999) respectivamente. Además, se estimó la fuerza del vector de cointegración para cada país con el modelo de DOLS y para los grupos de países se aplicó un modelo de PDOLS. Finalmente, se utilizó la prueba de causalidad propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012).

La Tabla 3 muestra los estadísticos descriptivos de las variables del modelo, presentándose valores en las columnas: media, desviación estándar, valores mínimos y máximos; y el número de observaciones en el tiempo y países de las variables del modelo. En la columna, desviación estándar de cada variable, existió más variación en total y entre los países, que dentro de los mismos. En lo referente a las observaciones, se afirma que los parámetros se generalizan en el tiempo y entre países, es decir, el panel de datos resulta ser equilibrado en el tiempo ( $T=1,\dots,55$ ) y en la sección transversal ( $n=1,\dots,90$ ).

**Tabla 3. Estadísticos descriptivos**

| Variable |        | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo | Observaciones |
|----------|--------|-------|---------------------|--------|--------|---------------|
| Log CO2  | Total  |       | 2,40                | 1,30   | 15,57  | N = 4950      |
|          | Entre  | 9,44  | 2,30                | 5,01   | 15,36  | n = 90        |
|          | Dentro |       | 0,74                | 4,58   | 12,84  | T-bar = 55    |
| Log PIBP | Total  |       | 1,57                | -0,47  | 11,43  | N = 4950      |
|          | Entre  | 8,23  | 1,49                | 4,83   | 10,97  | n = 90        |
|          | Dentro |       | 0,51                | 1,76   | 10,72  | T-bar = 55    |
| Log POB  | Total  |       | 1,62                | -0,15  | 9,98   | N = 4950      |
|          | Entre  | 3,87  | 1,60                | 0,62   | 9,61   | n = 90        |
|          | Dentro |       | 0,32                | 2,69   | 4,79   | T-bar = 55    |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

## 8.2 FORMALIZACIÓN ECONOMETRICA

La presente investigación, se desarrolló con un análisis de datos de panel, para reducir el error en la medición y disminuir en lo posible sesgo por omisión de variables. Entonces, para examinar la relación entre las variables de la presente investigación, se adjudicó que las emisiones de CO<sub>2</sub> están en función del PIBp y de la densidad demográfica. Y se aplicaron regresiones estáticas y dinámicas, además, de las respectivas pruebas de cointegración y causalidad. Esta investigación, se conformó por una relación empírica, basada en trabajos previos; y por una base teórica, respaldada por la ECK (representada por la ecuación 3). Para comprobar la primera hipótesis mediante la aplicación del objetivo 1 es necesaria la ecuación correspondiente a la ECK:

$$\log(\text{CO2}_{i,t}) = \gamma_0 + \gamma_1 \log(\text{PIB}_{i,t}) + \gamma_2 \log(\text{PIB}_{i,t}^2) + \theta_{i,t} \quad (3).$$

Donde  $\log(\text{CO2}_{i,t})$  es logaritmo de emisiones de CO<sub>2</sub> en kt;  $\log(\text{PIB}_{i,t})$  es el logaritmo del PIBp; y  $\log(\text{PIB}_{i,t}^2)$  es el logaritmo del PIBp al cuadrado. El subíndice  $it$ , indica el valor del país  $i(i = 1, \dots, 90)$  en el período  $t(t = 1961, \dots, 2015)$ ;  $\theta_{i,t}$  indica el error estocástico. Los parámetros de la ecuación 3 cumplen las dos condiciones, y son evidencia de la validez de la hipótesis ECK (1955).

El método econométrico planteado estuvo compuesto por varias etapas. Primero, estimamos un modelo de regresión básico de datos de panel, este modelo básico posibilitó la comprobación del grado de asociación y la dirección de la relación entre las variables a nivel global y por grupos de países. En otras palabras, la estimación del modelo de regresión básico demuestra el comportamiento de las variables con respecto a la evolución y correlación de las mismas, durante el periodo de estudio, esto contribuye principalmente para cumplir con el primer objetivo específico y la comprobación de la primera hipótesis respectivamente. Entonces, la ecuación 4 determinó la relación entre las variables del modelo:

$$\log(\text{CO2}_{i,t}) = (\gamma_0 + \delta_0) + \gamma_1 \log(\text{PIB}_{i,t}) + \gamma_2 \log(\text{PIB}_{i,t}^2) + \gamma_3 \log(\text{POB}_{i,t}) + \theta_{i,t} \quad (4).$$

Donde  $\log(\text{CO2}_{i,t})$  es la variable dependiente que representa el logaritmo de emisiones de CO<sub>2</sub> en kt. Las variables independientes son:  $\log(\text{PIB}_{i,t})$  el logaritmo del PIBp; logaritmo del PIBp al cuadrado  $\log(\text{PIB}_{i,t}^2)$ ; y  $\log(\text{POB}_{i,t})$  logaritmo de densidad de población. Los parámetros  $\gamma_0 + \delta_0$  capturan la variabilidad en tiempo y sección transversal. El subíndice  $it$ , indica el valor del país  $i$  en el período  $t$ . Es decir,  $\gamma_1 \log(\text{PIB}_{i,t})$  es el logaritmo del PIBp del país  $i = 1, \dots, 90$  del periodo  $t = 1961, \dots, 2015$ ;  $\gamma_3(\text{POB}_{i,t})$  es la densidad poblacional

del país  $i = 1, \dots, 90$  del periodo  $t = 1961, \dots, 2015$ . Finalmente,  $\theta_{i,t}$  es el término de error estocástico.

La prueba de Hausman (1978) se utilizó para decidir entre un modelo de efectos fijos o aleatorios. Este test fue aplicado en otros estudios econométricos (Wang et al. 2015; Azam, 2016; Alvarado, Ponce, Criollo, Córdova, y Khan, 2018). El modelo planteado en la ecuación 4 está sujeto a dos problemas estructurales. Estos problemas fueron detectados aplicando dos test, en primera instancia se empleó la prueba de Wooldridge (2002) que ha sido aplicada en varias investigaciones (Zhou y Lui, 2016; Wang et al. 2017; Alvarado et al. 2018; y Zhang y Hao, 2018) y manifestó la existencia de autocorrelación; y en segunda instancia se aplicó la prueba Wald, misma que indicó la presencia de heterocedasticidad.

Para corregir el sesgo en los estimadores por la autocorrelación y la heterocedasticidad, se utilizó el modelo GLS. Las series temporales conservan un elemento tendencial que imposibilita calcular efectivamente la relación entre ellas. Para asegurar que la serie no presente el problema de raíz unitaria, se utilizaron las pruebas de: ADF (1981), PP (1988), LLC (2002), IPS (2003), y UB (2002) que podemos estimar a partir de:

$$y_t = \alpha_0 + \lambda y_{t-1} + \alpha_1 t + \sum_{i=2}^p \beta_i y_{t-i-1} + \varepsilon_t \quad (5).$$

Donde  $y_t$  es la serie que contiene al menos una raíz unitaria;  $\alpha_0$  es la intersección y  $\alpha_1$  que atrapa el efecto tendencial del tiempo  $t$ ;  $\varepsilon_t$  es el error gaussiano, y  $p$  indica la longitud del desajuste. En la ecuación 5, cuando el parámetro  $\lambda$  resulta ser significativo, se infiere que al menos un panel presenta raíz unitaria, al aplicar cinco pruebas diferentes se afirma que las series estimadas no tienen este problema (Alshehry y Belloumi, 2015; Bekhet, Matar y Yasmin, 2017; Cai, Sam y Chang, 2018; Chaabouni y Zghidi, 2016; Cherni y Essaber, 2017; Mardani, Streimikiene, Cavallaro, Loganathan y Khoshnoudi, 2019; Xu, 2018).

La segunda etapa es primordial para cumplir con el segundo objetivo específico de la presente investigación y por consiguiente verificar la segunda hipótesis. En esta etapa se determinó la existencia del equilibrio a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre las variables. En este sentido, para determinar el equilibrio a corto plazo, la ecuación 6 representa la prueba de Westerlund (2007) de la siguiente manera:

$$y_{i,t} = \delta_i' d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta_i' X_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \gamma_{ij} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (6).$$

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 sugirió que no hay cointegración a corto plazo. Este método se respaldó en investigaciones como: Dogan y Aslan (2017), Inglesi y Dogan (2018), Jardon et al. (2017).

Seguidamente, la ecuación 7 es la expresión de la aplicación de la prueba de cointegración de Pedroni (1999) misma que es popular en otros estudios (Narayan y Narayan, 2010; Ozturk, 2017) para determinar el equilibrio a largo plazo se plantea la siguiente ecuación:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n-1} \beta_{ij} X_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{n-1} \omega_{ij} y_{i,t-j} + \pi_i ECT_{t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (7).$$

Donde  $y_{i,t}$  representa la variable dependiente del país  $i$  en el período  $t$ . Los parámetros  $\beta$ ,  $\omega$  y  $\pi$  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 determinó con el criterio de información de Akaike (1974).

La prueba de cointegración de Pedroni (1999) se ha utilizado para verificar la relación entre variables socio-económicas y emisiones de CO<sub>2</sub> en diferentes periodos y países. Sin embargo, la prueba de cointegración a corto y largo plazo únicamente sugiere la presencia o no de un vector que se relaciona con las variables en cuestión. Entonces, se determinó la fuerza del vector de cointegración, utilizando el enfoque de Pedroni (2001). Esta táctica permitió evaluar la fuerza del vector de equilibrio entre las variables (Farhani et al. 2014; Kasman y Duman, 2015; Rahman, 2017; Zoundi, 2017). Concretamente, en la ecuación 8 se reflejó la fortaleza de la relación entre las variables en cada país, se estimó utilizando un modelo DOLS; y para los grupos de países a través de PDOLS. La ecuación a continuación representa la relación entre las variables:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \delta_i X_{i,t} + \sum_{j=-p}^p \gamma_{i,t} \Delta X_{i,t-j} + \mu_{i,t} \quad (8).$$

Dónde  $y_{i,t}$  son las emisiones de CO<sub>2</sub>,  $i = 1, 2, \dots, 90$  países,  $t = 1, 2, \dots, T$  es el momento,  $p = 1, 2, \dots, P$  es el número de retrasos y avances que en la regresión DOLS, mientras que  $\partial \log y_{i,t} / \partial \log X_{i,t} = \delta_i$  midió el cambio en las emisiones de CO<sub>2</sub> cuando cambian las exportaciones, PIB y densidad demográfica. En cuanto a los coeficientes y valores:  $\delta$  y  $t$  respectivamente, son el resultado de los promedios de todo el panel, mediante el método de promedios grupales. Además, PDOLS se promedió en toda la dimensión entre los grupos, y la hipótesis nula instituye que  $\beta_i = \beta_0$ .

Finalmente, la última etapa representada por la ecuación 9 contribuyó al cumplimiento del tercer objetivo específico, y por tanto comprobar la tercera hipótesis de la presente investigación. Entonces, se empleó la prueba concretada por Dumitrescu y Hurlin (2012) al igual que Dogan y Aslan (2017) para establecer la dirección de causalidad entre las variables usando:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^k y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^k x_{i,t-k} + \mu_{i,t} \quad (9).$$

En la ecuación 9 inferimos que  $\beta_i = \beta_i^{(1)}, \dots, \beta_i^{(k)}$ ; y  $\alpha_i$  se refieren a la dimensión temporal. El parámetro auto-regresivo  $\gamma_i^k$  y el coeficiente de regresión  $\beta_i^k$  se modificaron entre las secciones transversales. La hipótesis nula propuso la ausencia de causalidad en las secciones transversales del panel  $H_0: \beta_i = 0$ .

### 8.3 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación se respaldó en el siguiente procedimiento: primeramente se decidió el tema y título de la investigación. En este caso específico, la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso: un estudio de cointegración y causalidad con datos de panel, periodo 1961-2015. Seguidamente, se procedió a obtener los datos oficiales de las variables respectivas al tema de investigación del WDI (2018) emitida por el BM. A continuación, se procedió a interpolar y extrapolar los datos de cada variable según fue necesario, para el correcto desarrollo del tema de estudio y de esta manera equilibrar la base de datos de panel; en contraste, para lograr establecer una base de datos de panel perfectamente equilibrada, también fue necesario suprimir datos de países y años que no cuenten con suficientes datos.

Posteriormente, se agrupó a los países considerados para la investigación de acuerdo a su nivel de ingresos y luego clasificarlos según corresponda en: PIEA, PIA, PIMA, PIMB, PIB y PIEB. Luego, se planteó el modelo y se formularon las ecuaciones econométricas de las pruebas de: raíz unitaria; relación de equilibrio a corto y largo plazo; fuerza del vector de cointegración para cada país y por grupos de países; y causalidad entre las variables para su posterior estimación. Después de esto, se construyó el marco teórico, considerando las

investigaciones previas del tema que se puedan utilizar como antecedentes, adicionalmente evidencia teórica que respalde el estudio; y fundamentaciones tanto teóricas como legales. Seguidamente, se delimitó la metodología que se va a desarrollar, determinar el tipo de investigación, técnicas e instrumentos que se van a utilizar.

Inmediatamente, se examinó la información descriptiva, sin dejar de lado las observaciones requeridas se sustentaron la base teórica y propusieron ideas propicias al tema de estudio. Después, se procedió a dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, mediante estimaciones econométricas. Posteriormente, se discutió los resultados obtenidos de cada objetivo específico con la evidencia empírica. Luego se estableció las conclusiones y se propuso las implicaciones de política; en base los resultados y las conclusiones de la investigación respectivamente. Finalmente, se efectuaron continuas revisiones al estudio con el correspondiente director, para realizar las correcciones y elaborar el informe escrito de la investigación para su presentación correctamente.

## f. RESULTADOS

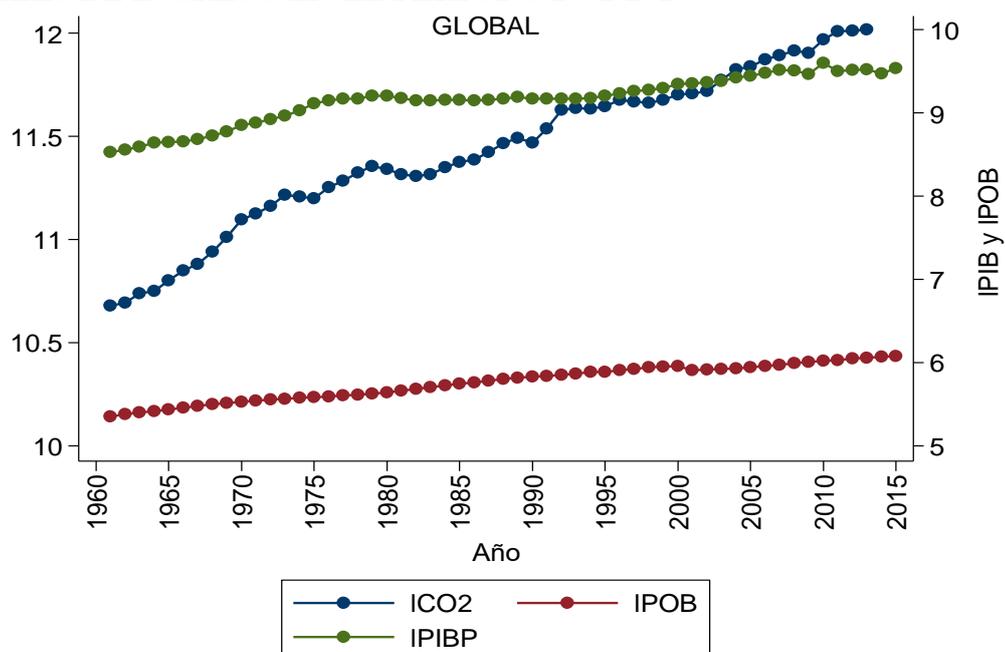
En el presente trabajo investigativo se planteó un objetivo general, basado en tres objetivos específicos cuyos resultados se analizan en este apartado.

### 1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

*“Analizar la evolución y la correlación entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso en el periodo 1961-2015”.*

Para cumplir con el objetivo específico 1, se realizó un análisis en cuanto a la evolución del PIBp, la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso. Además, se analizó la correlación entre las variables independientes y las emisiones de CO<sub>2</sub>, mediante una figura de dispersión, en el periodo 1961-2015.

#### 1.1 EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO EN EL PERIODO 1961-2015



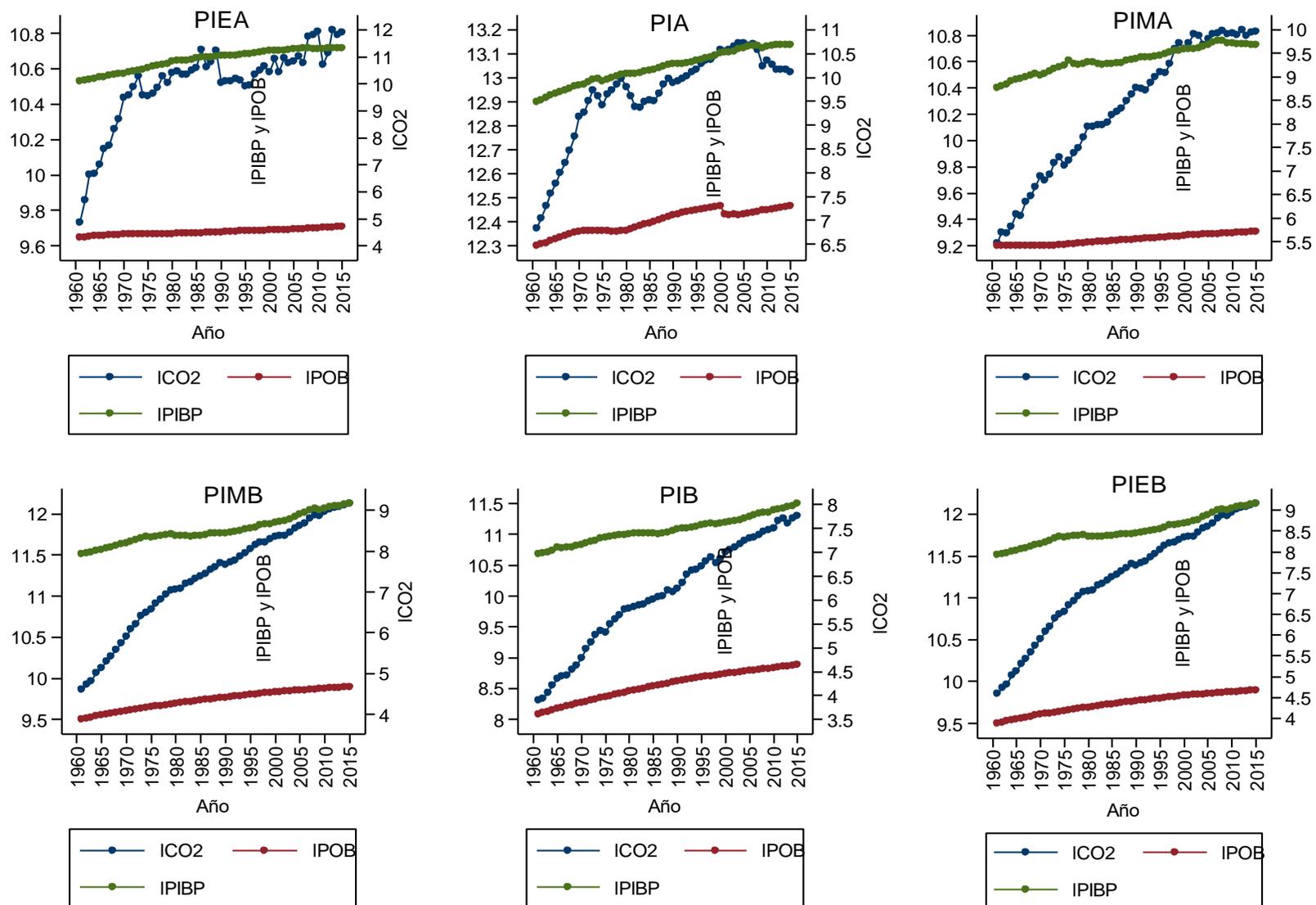
**Figura 1.** Evolución del PIB per cápita, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global, durante el período 1961-2015.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

La Figura 1 muestra la evolución de las variables del presente estudio a nivel global, durante el período 1961-2015. Se puede observar que las variables muestran una tendencia ascendente, es decir, a medida que aumentan las variables independientes también aumenta considerablemente la variable dependiente a través del tiempo. Además, las emisiones de CO<sub>2</sub> han experimentado diversas fluctuaciones en el periodo de estudio, sin embargo, ha mantenido la tendencia creciente.

Para corroborar los resultados de la Figura 1, se menciona que las emisiones de CO<sub>2</sub> han incrementado de 43.433,25 a 176.926,80 kt al inicio y al final del periodo de estudio respectivamente. El PIBp ascendió de 5.062,52 a 13.899,44 de dólares estadounidenses durante el periodo de estudio. Además, estas variables a partir del 2009 han experimentado oscilaciones. Por otro lado, la variable densidad demográfica aumentó de 211 a 435 personas por kilómetro al 2015.

En otras palabras, durante el período de 1970-1980 las emisiones de CO<sub>2</sub> fluctuaron con el aumento del PIBp. Sin embargo, desde 1980 hasta 2015 las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron considerablemente con un aumento del PIBp. A nivel global, las variables presentan una tendencia creciente; mientras que la densidad demográfica, muestra una disminución a partir del año 2000 y luego aumenta. Entonces, se constata que el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> es motivo de gran preocupación para el medio ambiente.

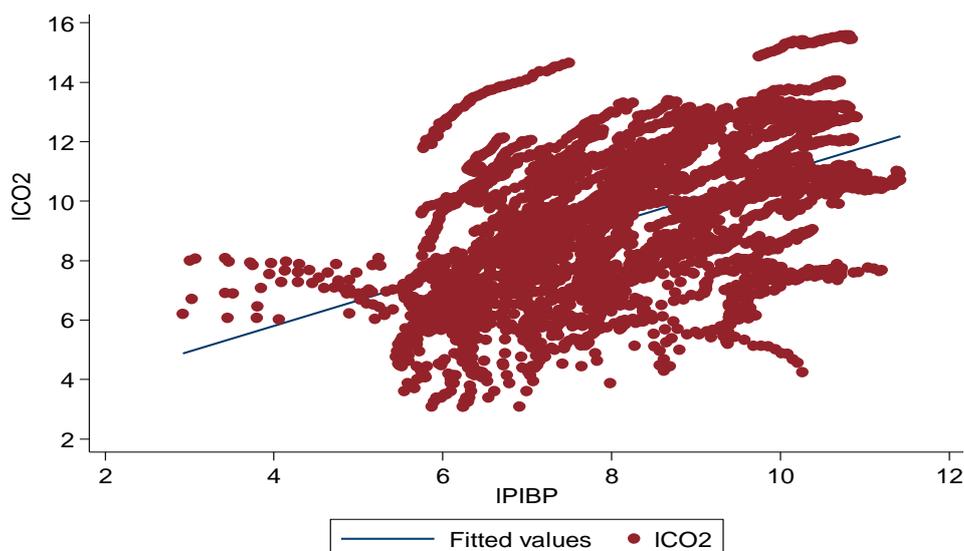


**Figura 2.** Evolución del PIB per cápita, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

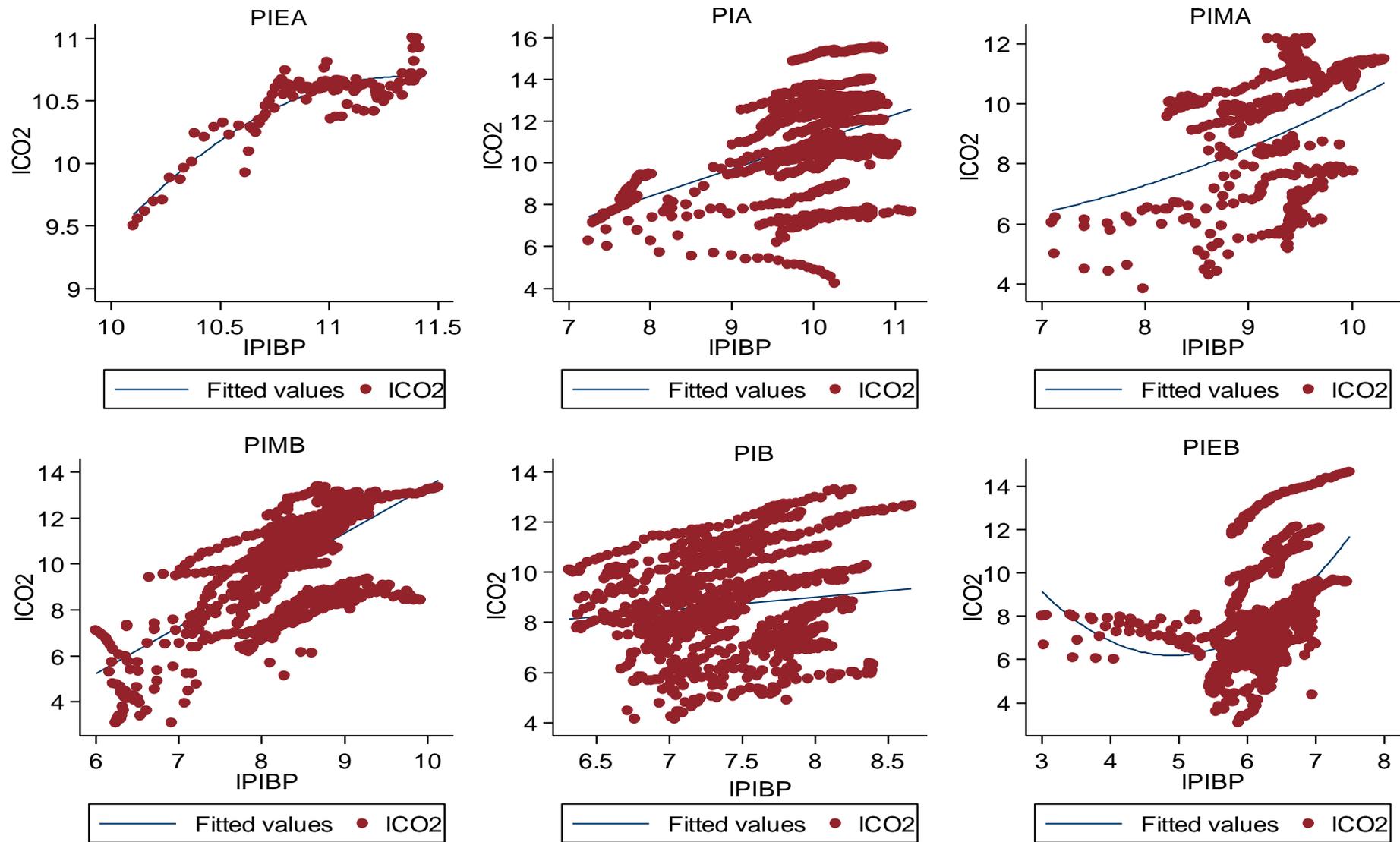
La Figura 2 muestra la evolución del PIBp, densidad poblacional y emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015. En cada nivel de ingreso por grupos de países, se observan tendencias crecientes al igual que a nivel global, siendo las emisiones de CO<sub>2</sub> la variable con mayores variaciones, especialmente en los niveles: PIEA, PIA y PIMA. Mientras en los niveles: PIMB, PIB y PIEB, la tendencia de las tres variables es ascendente. En términos generales, a medida que aumenta el PIBp y la densidad demográfica en cada grupo de países, aumentan considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub> en el periodo de estudio.

### 1.2 CORRELACIÓN DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO EN EL PERIODO 1961-2015



**Figura 3.** Correlación del PIB per cápita y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global, durante el período 1961-2015.  
**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

La Figura 3 muestra la correlación entre el PIBp y las emisiones de CO<sub>2</sub> expresadas en logaritmos. A nivel global, se puede observar que existe un buen ajuste entre las variables. Además, la correlación existente es alta y es positiva, es decir, a medida que aumenta el PIBp aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, la Figura 3 se ajusta mejor a una tendencia lineal y creciente, contrastando con la ECK (figura cuadrática en forma de U-invertida) y por tanto, se rechaza la primera hipótesis del presente trabajo investigativo.

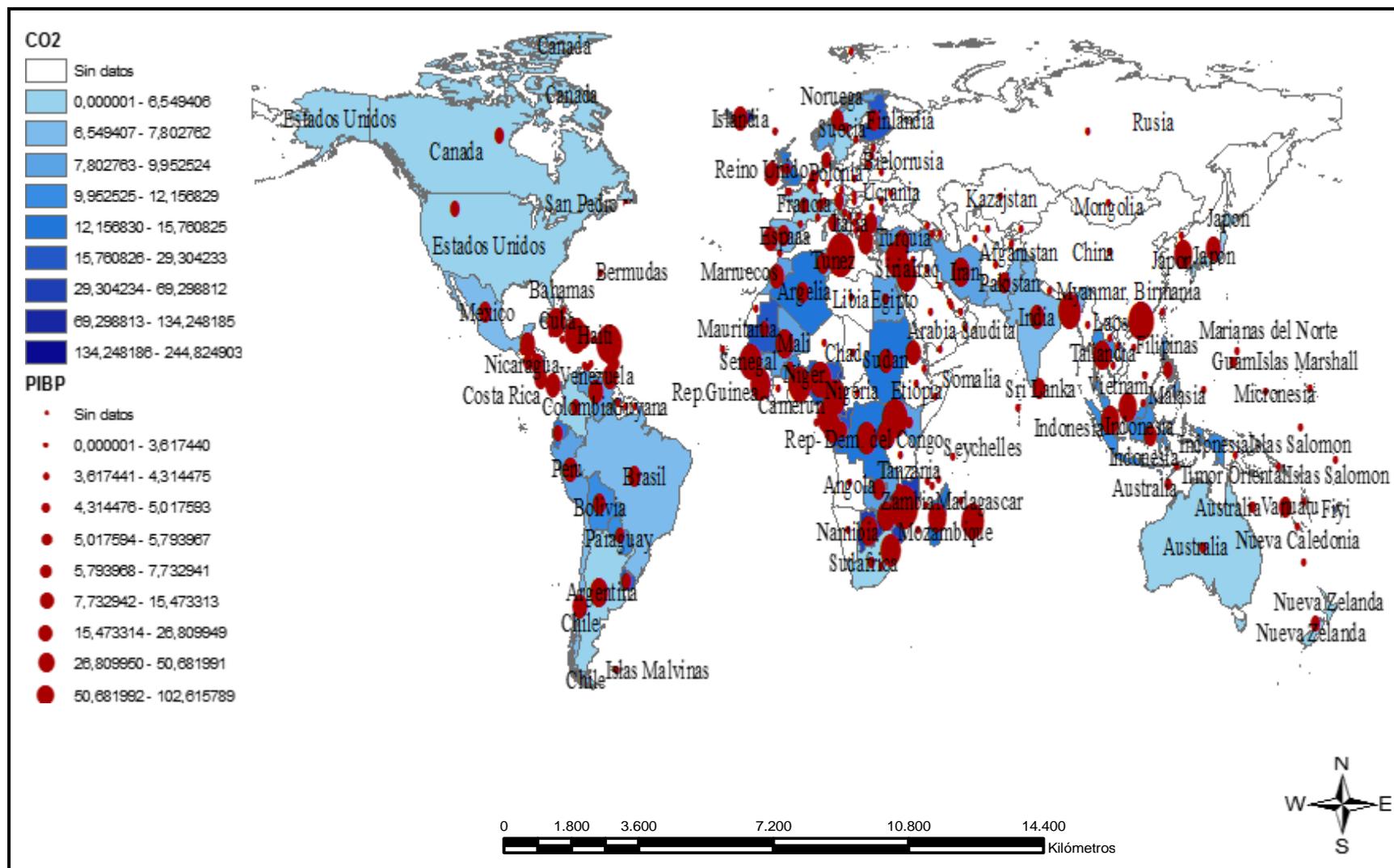


**Figura 4.** Correlación del PIB per cápita y emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015.  
**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

La Figura 4 y el Mapa 2 muestran la correlación y relación del PIBp y las emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso respectivamente. Las variables de la Figura 4 están expresadas en logaritmos y además, para todos los niveles de ingreso excepto PIEA, existe una correlación positiva al igual que en la correlación a nivel global. Además, para los grupos PIA, PIMB y PIB la relación tiene un fuerte ajuste, mientras que en los PIEA, PIMA y PIEB la relación de las variables se ajusta pero presenta cierto nivel de dispersión, debido principalmente al número de países existentes en cada uno de estos grupos.

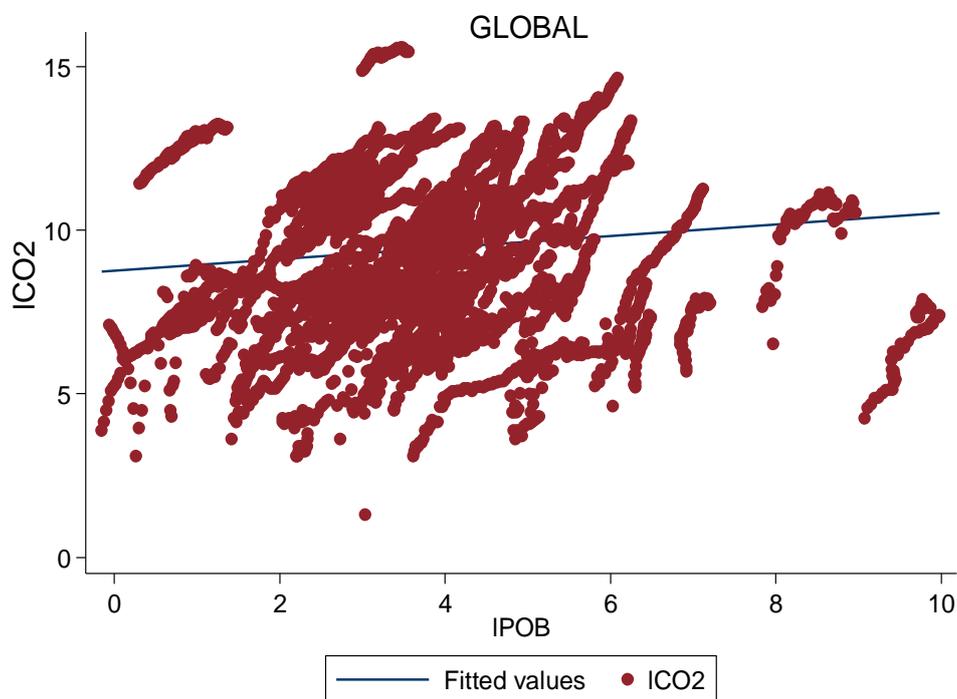
Adicionalmente, se evidencia un ajuste cuadrático en forma de U-invertida corroborando la ECK únicamente en PIEA, significando que solo en este grupo de países se constata la primera hipótesis de esta investigación. Aunque los resultados de PIMA y PIEB contrastan con la base teórica, y rechazan la primera hipótesis. Finalmente, los resultados obtenidos de los grupos: PIA, PIMB y PIB son lineales, por tanto, su relación es positiva. En general existe un buen ajuste entre las variables, sin que los datos presenten una dispersión abrumadora.

Las variables del Mapa 2 se expresan en promedios, y la representación gráfica de éstas variables se presenta en un mapa a nivel global, mismo que indica la relación existente entre las variables y los países utilizados en la presente investigación. En donde, las emisiones de CO<sub>2</sub> están representadas por el color azul en diferentes tonalidades, las tonalidades más fuertes representan mayores emisiones de CO<sub>2</sub> en cada país y viceversa con las tonalidades menos intensas. Por otro lado, el PIBp está dado por un círculo rojo en diferentes tamaños, es decir, a mayor dimensión del círculo existe un mayor PIBp en cada país del presente estudio. Podemos evidenciar que los países con mayores emisiones de CO<sub>2</sub> son países africanos, europeos y asiáticos. En cuanto al PIBp, los países con ingresos mayores están ubicados en estos mismos continentes con algunas variantes. En la mayor parte de países, coincide que a mayores ingresos mayor nivel de contaminación por emisiones de CO<sub>2</sub>.



**Mapa 2.** Correlación espacial entre el PIB per cápita y las emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015.  
**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

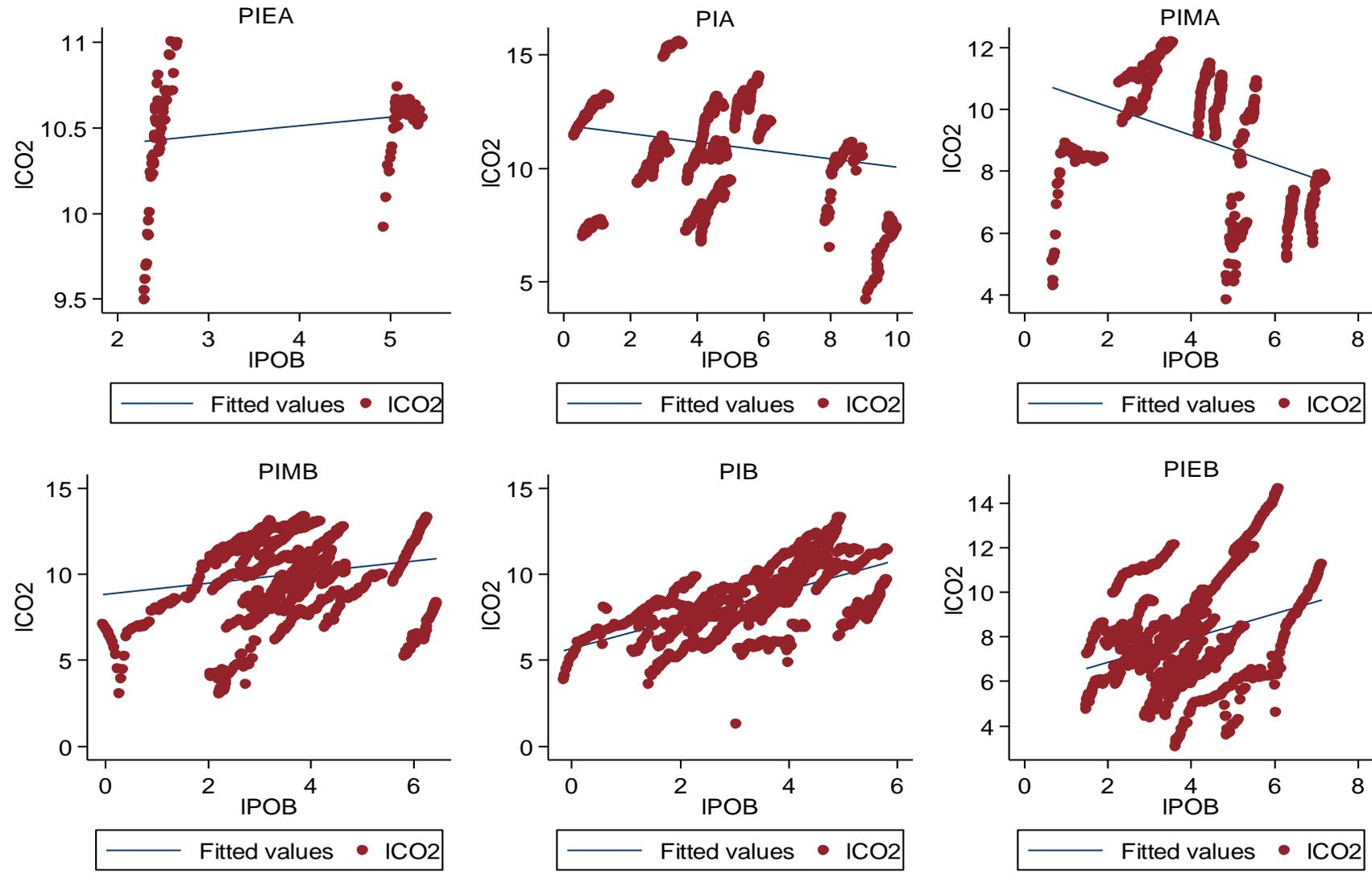
### 1.3 CORRELACIÓN DE LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA Y LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, EN EL PERIODO 1961-2015



**Figura 5.** Correlación de la densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global, durante el período 1961-2015.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

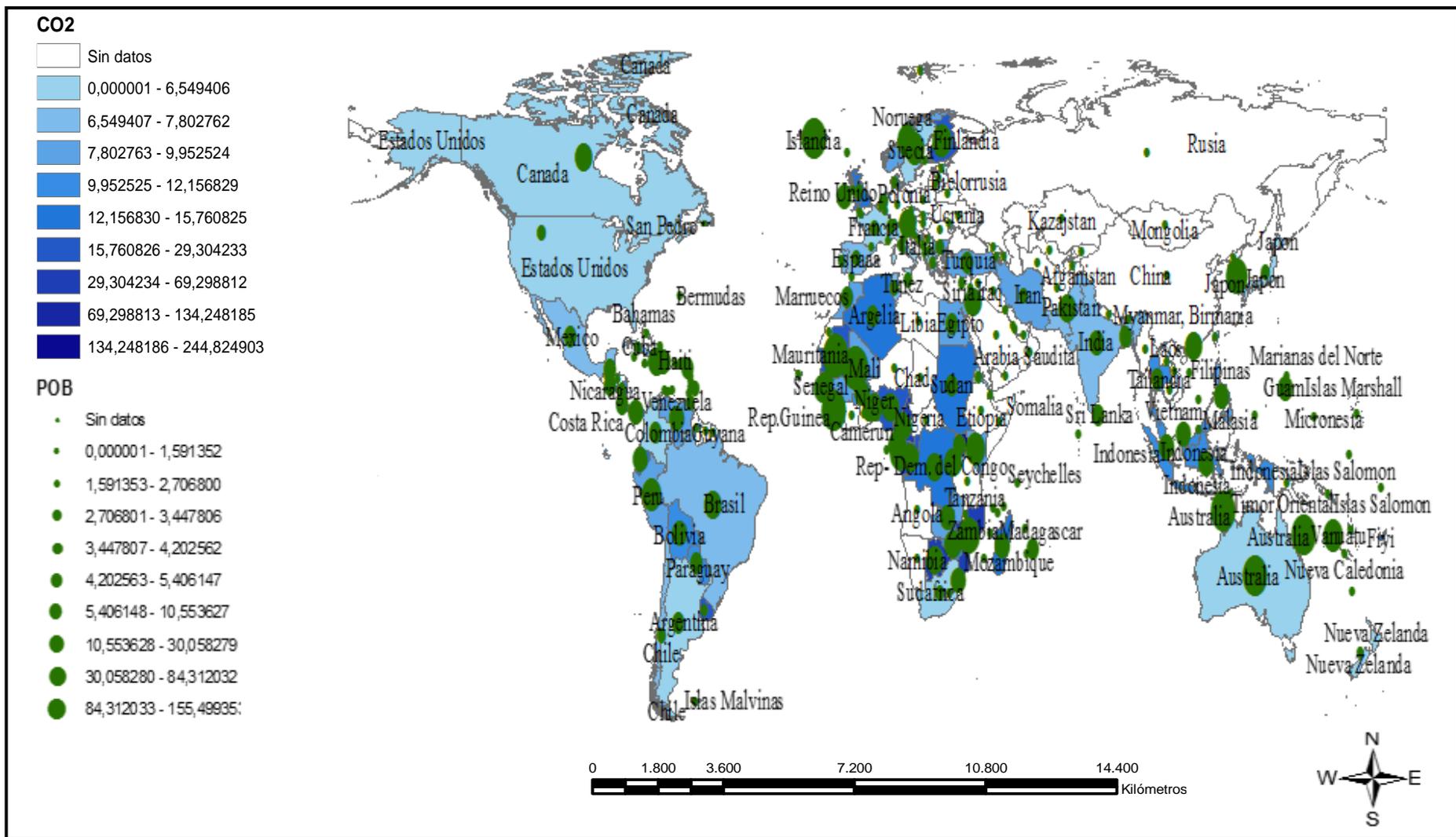
La Figura 5 muestra la correlación entre la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> expresadas en logaritmos. A nivel global, se observa la existencia de un buen ajuste entre las variables. Además, la relación existente es positiva y lineal, es decir, a medida que aumenta la densidad demográfica también aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo antes señalado, se puede mencionar que se comprueba la hipótesis de la presente investigación.



**Figura 6.** Correlación de la densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015.  
**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

La Figura 6 y Mapa 3 muestran la correlación y relación entre la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> respectivamente. Específicamente la Figura 6 expresa las variables en logaritmos, y para todos los niveles de ingreso, existe una correlación positiva al igual que a nivel global, a excepción de los países de ingresos altos y medio altos. Detalladamente, para los niveles: PIEA, PIMB, PIB y PIEB mientras aumenta la densidad de la población también aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub>, y en estos grupos de países se comprueba la hipótesis 1, y para los niveles restantes, a medida que aumenta la densidad poblacional, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen, rechazando la hipótesis 1 de la presente investigación. Finalmente, para los niveles ubicados en la sección inferior de la Figura 6, es decir los países de ingresos relativamente bajos existe un buen ajuste entre las variables. Sin embargo, en los grupos de países restantes existe mayor dispersión en los datos, es decir, el ajuste entre variables en estos niveles de ingresos es débil, por el número de datos correlacionados.

Además, el Mapa 3 está construido variables expresadas en promedios; ésta figura muestra gráficamente a través de un mapa a nivel global la relación entre estas dos variables, en los diferentes países estimados en el presente estudio. En donde observamos que la variable de CO<sub>2</sub> es representada por el color azul en tonalidades ascendentes, es decir, a medida que el color se va intensificando, igualmente se intensificarán las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por su parte, la variable de densidad demográfica está referida por el círculo de color verde en distintos tamaños, lo que significa que a medida que el tamaño del círculo sea más grande también aumentará la densidad demográfica del país donde éste indique. En general, la Figura 6 manifiesta que tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> como la densidad demográfica están concentradas mayormente en países africanos, concordando con la Figura 6 de una tendencia positiva.



**Mapa 3.** Correlación espacial entre la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

## **2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

*“Estimar la relación a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015”.*

Para cumplir con el objetivo 2, previamente se estimó el modelo econométrico para tener conocimiento de la significancia estadística de las variables establecidas en este trabajo. Las pruebas aplicadas a nivel global y en los grupos de países, mostraron existencia de heterocedasticidad y autocorrelación, excepto en PIEA. Para corregir la autocorrelación se generó primeras diferencias; y la heterocedasticidad se corrigió con una variable dicótoma. Para el cumplimiento del objetivo 2 en principio se aplicaron pruebas de raíz unitaria, para la posterior estimación de la relación de corto plazo y largo plazo, utilizando técnicas de corrección de error de Westerlund (2007) y cointegración de Pedroni (1999) respectivamente. Finalmente, para determinar la fuerza del vector de cointegración en cada país se utilizó DOLS y para los grupos de países se aplicó PDOLS.

### **2.1 ESTIMACIÓN DEL MODELO ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

La Tabla 4 reporta los resultados de la estimación de PIBp, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y por grupos de países. En el modelo se aplicaron pruebas para detectar y corregir la correlación serial y la heterocedasticidad. Para determinar los efectos fijos o aleatorios del modelo, se aplicó la prueba de Hausman (1978). En el presente modelo, las pruebas aplicadas mostraron existencia de: heterocedasticidad y autocorrelación en cada grupo de países, excepto para el grupo de los PIEA.

La estimación del modelo econométrico es imprescindible para verificar de manera formal la correlación entre las variables, los resultados presentados en la Tabla 4 tienen lógica al referenciarlos a las Figuras 3, 4, 5 y 6 antes presentadas, es decir, los grupos de PIEA, PIMA y PIEB son cuadráticos, mientras que los demás son lineales. Además, para corregir los problemas de autocorrelación y heterocedasticidad no fue necesario aplicar efectos fijos de tiempo ni de países para ningún caso.

**Tabla 4.** Relación entre PIB per cápita, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>

|   | GLOBAL             | PIEA                 | PIA                | PIMA                | PIMB               | PIB                | PIEB                |
|---|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Log PIB per cápita                        | 0,26***<br>(17,11) | 17,02***<br>(6,80)   | 0,18***<br>(6,99)  | -0,69***<br>(-5,80) | 0,41***<br>(11,72) | 0,89***<br>(12,30) | -0,20***<br>(-3,46) |
| Log (PIB per cápita) <sup>2</sup>         |                    | -0,75***<br>(-6,51)  |                    | 0,08***<br>(7,21)   |                    |                    | 0,07***<br>(7,46)   |
| Log POB                                   | 0,61***<br>(17,97) | -0,01<br>(-0,70)     | 0,19**<br>(3,22)   | -0,71***<br>(-8,54) | 0,73***<br>(9,70)  | 0,93***<br>(14,56) | 0,71***<br>(10,87)  |
| Constante                                 | 5,42***<br>(29,90) | -85,67***<br>(-6,32) | 8,86***<br>(25,01) | 12,06***<br>(23,55) | 4,45***<br>(11,69) | -0,95<br>(-1,77)   | 3,73***<br>(12,03)  |
| Prueba de Hausman<br>(valor-p)            | 0,00               | 0,57                 | 0,00               | 0,00                | 0,09               | 0,69               | 0,00                |
| Prueba de correlación<br>serial (valor-p) | 0,98               | 0,27                 | 0,99               | 0,96                | 0,98               | 0,97               | 0,94                |
| 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                 |

Nota: estadísticos t en paréntesis \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

En los PIEA se presentan los coeficientes más altos y más bajos, además, es el único grupo de países que corroboran la ECK. En relación a los coeficientes, en los PIEA ante un incremento del 1% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el PIB per cápita incrementa en 17,02%. En este sentido, la emisión de gases contaminantes para las economías con ingresos extremadamente altos como Noruega y Suiza, significa aumentos en sus ingresos y en el crecimiento económico en general de estos países, hasta llegar a un umbral en donde, las emisiones de CO<sub>2</sub> empiezan a descender, con aumentos del PIBp, es decir, cuando la economía llega a un punto de inflexión, donde el aumento de ingresos per cápita, se traduce en aumento del

consumo de bienes y servicios, manteniendo la demanda para que las empresas ya sean nacionales o extranjeras continúen produciendo.

Además, si las empresas continúan en el mercado, pueden incrementar sus plazas laborales; y para acatar las normas de calidad, producción, seguridad y políticas de cuidado ambiental. Las empresas, pueden asignar recursos a la innovación y desarrollo. Por otro lado, si las economías son estables y su crecimiento va en aumento, dichos países, serian atractivos para la inversión extranjera directa. Entonces, el crecimiento económico, puede transformarse en desarrollo económico sostenible y sustentable. Dónde, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen con el aumento del PIBp; representando, una mejor calidad de vida para las familias.

Por otro lado, en los PIEA por un incremento del 1% de emisiones de CO<sub>2</sub>, la densidad demográfica desciende en 0,01%. Igualmente, en los PIMA, un incremento del 1% en las emisiones de CO<sub>2</sub>, significa una reducción de 0,71% de la densidad demográfica. Es decir, en los dos grupos de países antes mencionados un mayor PIBp no se traduce en un aumento del número de hijos. Al contrario que a nivel global y los otros tres grupos de países, presentan una tendencia ascendente y una relación positiva entre la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para este tipo de economías, y especialmente para PIB donde las familias tienden a ser numerosas, se deberían aplicar políticas de estabilización y control poblacional.

Sin embargo, el aumento de la población en países de ingresos bajos no es positivo para la sociedad, porque el gobierno desinaría más recursos a la cantidad de habitantes; dejando pocos recursos para otras obras, y más aún en países donde la población es abundante y los recursos son escasos. Por tanto, las políticas de control poblacional, son cruciales en este tipo de economías, además, se reducirían los índices de pobreza y desigualdad, especialmente en familias donde los recursos para la manutención de una gran cantidad de miembros son limitadas.

En general los resultados corroboran el cumplimiento de primer objetivo específico de la presente investigación, además, es notorio que la primera hipótesis planteada se cumple parcialmente, lo antes mencionado se respalda en que los resultados son diversos, simplificando se verifica la existencia de la ECK (1955) únicamente para PIEA, mientras que existe una relación positiva entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global, PIEA, PIMB, PIB y PIEB.

## **2.2 PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS PARA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO, LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA Y LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Previamente a la estimación de la relación a corto y largo plazo entre variables, y de determinar la fuerza del vector de cointegración. Es necesario aplicar pruebas de raíz unitaria, a nivel global y por niveles de ingreso; estas pruebas se dividen en paramétricas: LLC (2002), IPS (2003) y UB (2002); y pruebas no paramétricas: ADF (1981) y PP (1988). En este sentido, la Tabla 5 muestra los resultados de las pruebas de raíz unitaria. Las variables, están expresadas en logaritmos y los resultados se presentan sin efectos del tiempo y con efectos del tiempo. Para verificar, la estacionariedad de las variables utilizadas en el modelo, se aplicaron las cinco pruebas.

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

*Tabla 5. 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      |
| <b>GLOBAL</b> | PIBP     | -36,78*                | -11,17* | -42,34* | -29,39* | -40,49* | -69,41*                | -12,43* | -49,90* | -31,21* | -42,76* |
|               | POB      | -12,44*                | -5,54*  | -20,24* | -29,20* | -1,94*  | -11,09*                | -2,14*  | -10,73* | -8,45*  | -3,39*  |
|               | CO2      | -56,70*                | -15,78* | -59,58* | -39,04* | -59,18* | -63,00*                | -16,43* | -65,96* | -40,76* | -61,35* |
| <b>PIEA</b>   | PIBP     | -5,33*                 | -2,90*  | -4,71*  | -4,30*  | -4,95*  | -3,78*                 | -3,33*  | -3,52*  | -3,35*  | -3,90*  |
|               | POB      | -0,98                  | -1,95*  | -1,44   | -1,61*  | -1,67*  | -3,63*                 | -1,83*  | -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* |
| <b>PIA</b>    | PIBP     | -16,58 *               | -3,38*  | -15,69* | -11,13* | -18,04* | -27,66*                | -2,00*  | -25,98* | -20,25* | -23,56* |
|               | POB      | -5,05*                 | -2,89*  | -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* |
| <b>PIMA</b>   | PIBP     | -53,25*                | -2,94*  | -27,90* | -5,70*  | -12,36* | -13,14*                | -4,04*  | -21,00* | -8,92*  | -19,63* |
|               | POB      | -5,48*                 | -1,68*  | -6,73*  | -10,97* | -0,99   | -2,32*                 | -1,63*  | -2,40*  | -2,16*  | -1,12   |
|               | CO2      | -10,50*                | -1,75*  | -16,66* | -8,48*  | -19,64* | -17,84*                | -1,82*  | -22,35* | -7,43*  | -20,77* |
| <b>PIMB</b>   | PIBP     | -21,83*                | -8,73*  | -20,66* | -8,99*  | -17,67* | -20,88*                | -9,19*  | -20,38* | -10,92* | -17,48* |
|               | POB      | -2,18*                 | -2,37*  | -6,29*  | -15,60* | -1,39   | -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* |
| <b>PIB</b>    | PIBP     | -18,43*                | -6,70*  | -17,82* | -7,64*  | -17,45* | -19,54 *               | -6,05*  | -18,83* | -7,95*  | -18,05* |
|               | POB      | -5,74*                 | -4,25*  | -6,48*  | -14,11* | -0,04   | -4,03*                 | -2,14*  | -2,78*  | -3,94*  | 0,34    |
|               | CO2      | -24,93*                | -3,87*  | -28,62* | -14,27* | -29,34* | -28,53*                | -6,59*  | -33,77* | -14,70* | -30,80* |
| <b>PIEB</b>   | PIBP     | -23,28*                | -6,42*  | -25,22* | -11,58* | -23,23* | -21,95*                | -5,48*  | -23,02* | -13,43* | -24,78* |
|               | POB      | -8,89*                 | -5,06*  | -16,42* | -16,38* | 0,41    | -13,01*                | -6,83*  | -17,31* | -19,95* | 0,52    |
|               | 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%.

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

### **2.3 ESTIMAR LA RELACIÓN DE CORTO PLAZO ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

La Tabla 6 presenta los resultados de la corrección de error de datos de panel propuesto por Westerlund (2007), prueba que proporciona las siguientes cuatro alternativas: Gt, Ga, Pt y Pa. La prueba utilizó 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 implicaron la existencia de cointegración en al menos una de las secciones transversales, porque estas dos estadísticas usan el proceso promedio ponderado individual y la estadística t individual, respectivamente. Por el contrario, Pa y Pt utilizaron un proceso de agrupamiento sobre la sección transversal y la hipótesis nula de rechazo, implicando 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 corto plazo.

En este modelo, se evidenció que los estadísticos Gt y Ga son estadísticamente significativos, por tanto, se comprueba que en todos los grupos de países dentro del panel existe una relación de equilibrio a corto plazo. Del mismo modo, los estadísticos Pt y Pa resultan ser estadísticamente significativos, por tanto, el panel presenta una relación de equilibrio a corto plazo. En otras palabras, las variables del modelo se mueven conjuntamente en el tiempo a nivel global y por niveles de ingreso, significando existe relación de cointegración de corto plazo entre las variables, cumpliéndose con la segunda hipótesis de la presente investigación.

**Tabla 6. Resultados de VECM de Westerlund**

|               | <b>Estad.</b> | <b>Valor</b> | <b>Valor-Z</b> | <b>Valor-P</b> |
|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------|
| <b>GLOBAL</b> | Gt            | -6,21        | -41,53         | 0,00           |
|               | Ga            | -46,71       | -42,80         | 0,00           |
|               | Pt            | -59,67       | -42,09         | 0,00           |
|               | Pa            | -54,74       | -62,11         | 0,00           |
| <b>PIEA</b>   | Gt            | -7,08        | -7,66          | 0,00           |
|               | Ga            | -60,32       | -9,01          | 0,00           |
|               | Pt            | -9,85        | -7,33          | 0,00           |
|               | Pa            | -57,52       | -9,84          | 0,00           |
| <b>PIA</b>    | Gt            | -5,76        | -17,18         | 0,00           |
|               | Ga            | -43,97       | -18,51         | 0,00           |
|               | Pt            | -32,42       | -24,60         | 0,00           |
|               | Pa            | -52,75       | -27,96         | 0,00           |
| <b>PIMA</b>   | Gt            | -7,79        | -18,77         | 0,00           |
|               | Ga            | -61,45       | -19,57         | 0,00           |
|               | Pt            | -26,97       | -22,30         | 0,00           |
|               | Pa            | -75,09       | -28,67         | 0,00           |
| <b>PIMB</b>   | Gt            | -6,11        | -19,98         | 0,00           |
|               | Ga            | -42,88       | -18,71         | 0,00           |
|               | Pt            | -23,73       | -14,42         | 0,00           |
|               | Pa            | -36,75       | -18,23         | 0,00           |
| <b>PIB</b>    | Gt            | -6,42        | -20,19         | 0,00           |
|               | Ga            | -51,96       | -22,79         | 0,00           |
|               | Pt            | -27,24       | -19,15         | 0,00           |
|               | Pa            | -66,10       | -35,86         | 0,00           |
| <b>PIEB</b>   | Gt            | -5,72        | -16,10         | 0,00           |
|               | Ga            | -40,00       | -15,25         | 0,00           |
|               | Pt            | -25,39       | -17,38         | 0,00           |
|               | Pa            | -47,27       | -23,09         | 0,00           |

**Nota:** Gt y Ga: estadísticos de grupo; Pt y Pa: estadísticos de Panel; Valor: valores de los estadísticos; Z-valor: estadístico de la prueba; P-valor: significancia de las variables.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

## **2.4 ESTIMAR LA RELACIÓN DE LARGO PLAZO ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Previamente a la estimación de la prueba de cointegración de Pedroni (1999), se debe conocer el orden de integración de las variables, y así evidenciar una relación de largo plazo entre las variables. La Tabla 7, muestra los resultados de cointegración de Pedroni (1999) a nivel global y por niveles de ingreso; probando la relación de cointegración en paneles. Para ello se calcularon 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.

**Tabla 7. 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                                      | 6,61*     | 0,82      | 2,67*     | 2,65*     | 2,99*     | 4,24*     | 2,46*     |
| Estadístico Panel rho                                    | -53,42*** | -9,18**   | -25,18*** | -18,79**  | -25,15*** | -25,31*** | -21,32*** |
| Estadístico Panel PP                                     | -73,46*** | -16,15*** | -35,14*** | -24,74*** | -32,74*** | -38,90*** | -27,42*** |
| Estadístico Panel ADF                                    | -52,84*** | -13,88*   | -27,87*** | -16,42*** | -25,52*** | -25,11*** | -20,89*** |
| <i>Entre las estadísticas de prueba de dimensión</i>     |           |           |           |           |           |           |           |
| Estadístico Panel p                                      | -49,07*** | -8,45**   | -23,27*** | -17,11**  | -22,7***  | -23,64*** | -19,24*** |
| Estadístico Grupo PP                                     | -82,39*** | -17,58**  | -38,74*** | -26,95*** | -35,33*** | -44,46*** | -30,17*** |
| Estadístico Grupo ADF                                    | -50,61*** | -15,05**  | -26,27*** | -13,97**  | -26,20*** | -27,40*** | -19,01*** |

*Nota:* \*\*significancia a 1%. \*\*\* Significancia a 1%.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

En la prueba de cointegración de paneles heterogéneos de Pedroni (1999), se muestra la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo a nivel global y por niveles de ingreso, y por tanto, se verificó la segunda hipótesis de la presente investigación. Los estadísticos revelaron 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 significativos. Únicamente el estadístico panel-v, difiere a los resultados de los otros seis estadísticos que indican existencia de cointegración en los PIEA.

Además, en situaciones cuando los resultados son controversiales, las estadísticas del ADF son el punto de referencia para determinar la existencia de una relación de equilibrio entre variables a largo plazo. En base a esto, y utilizando el panel y el grupo ADF se concluyó que, existe una relación de cointegración a largo plazo entre las variables. Por tanto, las variables del modelo se mueven conjuntamente a través del tiempo en el largo plazo, porque en valores absolutos las cifras son mayores a dos.

## **2.5 ESTIMAR LA FUERZA DEL VECTOR DE COINTEGRACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Los resultados de la prueba de cointegración de Pedroni (1999) y Westerlund (2007) tienen limitaciones; únicamente muestran la existencia de un vector de cointegración, pero no informa sobre la fuerza del vector. Por tanto, la Tabla 8 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: endogeneidad y sesgo de muestra mediante la estimación de la fuerza del vector de cointegración de Pedroni (2001).

En primer lugar, se informó de los estimadores obtenidos por DOLS para los países individualmente con efectos de tiempo fijo (WD) y sin efecto de tiempo (WOD). Los países que tienen un coeficiente positivo entre las variables y los coeficientes tienden o es mayor a la unidad, demuestran que la fuerza del vector de cointegración es contundente.

Los resultados mostraron que en la mayoría de países las dos variables son contundentes, es decir, sus coeficientes resultaron ser superiores a 1. Además, se destacó a la variable densidad demográfica por su significancia, entonces, esta variable es determinante para el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, se puede decir, que en la mayoría de países tanto en WD como en WDO, las variables no son significativas, pero si contundentes.



La Tabla 9 muestra las estimaciones de la fuerza del vector de cointegración a nivel global y por grupos de países, asegurando la consistencia de los parámetros mediante un modelo con y sin tiempo. Los resultados, determinaron que en el modelo sin tiempo las variables son significativas en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Entonces, para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> se debe actuar sobre las dos variables. Además, la fuerza del vector de cointegración varía de acuerdo al grupo de países.

*Tabla 9. Resultados del modelo PDOLS por grupos de países*

| Grupos | Con tiempo dummy |           | Sin tiempo dummy |           |               |
|--------|------------------|-----------|------------------|-----------|---------------|
|        |                  | $\beta_i$ | Estadístico t    | $\beta_i$ | Estadístico t |
| GLOBAL | PIBP             | 0,56      | 13,37            | 1,07      | 19,99         |
|        | POB              | 1,51      | 4,79             | 3,33      | 11,38         |
| PIEA   | PIBP             | 0,51      | 0,97             | 1,99      | 3,20          |
|        | POB              | 6,28      | 2,59             | 9,30      | 4,59          |
| PIA    | PIBP             | 0,62      | 5,89             | 1,35      | 13,76         |
|        | POB              | 0,24      | 1,14             | 2,20      | 4,69          |
| PIMA   | PIBP             | -0,10     | -1,21            | 0,89      | 4,48          |
|        | POB              | -3,43     | -2,20            | 2,99      | 2,14          |
| PIMB   | PIBP             | 0,45      | 7,08             | 0,95      | 13,33         |
|        | POB              | 2,37      | 1,72             | 2,71      | 9,00          |
| PIB    | PIBP             | 1,01      | 7,64             | 0,44      | 5,08          |
|        | POB              | 1,83      | 2,19             | 0,26      | 4,56          |
| PIEB   | PIBP             | 0,16      | 0,58             | 1,55      | 6,00          |
|        | POB              | 3,33      | 4,06             | 8,10      | 2,83          |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

En el modelo con el tiempo a nivel global y en los países de ingresos bajos las variables independientes tienen una contundencia significativa en la dependiente. Por otro lado, densidad demográfica es estadísticamente significativa a nivel global y en los PIEA, PIMB y PIEB. Y solo para los países de ingresos extremadamente altos y bajos respectivamente esta misma variable es contundente, es decir, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> está condicionada por la densidad demográfica. Además, en PIMA las dos variables son contundentes, aunque, solo densidad demográfica es significativa, es decir, políticas de estabilización de la población son prudentes para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Y, la contundencia de PIA es significativa para PIB per cápita.

En referencia a los resultados sin el tiempo, a nivel global en todos los grupos de países a excepción de los países de ingresos bajos, las dos variables son estadísticamente significativas, contundentes y positivas. En base a las Tablas 8 y 9 se constata que la segunda hipótesis se verifica completamente y además se cumple con el objetivo específico 2.

### **3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

*“Determinar la causalidad entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015”.*

#### **3.1 DETERMINAR LA CAUSALIDAD ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Para cumplir con el objetivo específico 3 y corroborar la tercera hipótesis de la presente investigación, se estimó la prueba de causalidad tipo Granger (1988) calculada sobre la prueba propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012) para datos de panel. En la Tabla 10 se muestra los resultados de causalidad en las variables del modelo, evidenciando la causalidad bidireccional entre PIBp y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y en los países de ingresos altos. Mientras que existe causalidad unidireccional desde PIBp a emisiones en los PIBB. Es decir, se debería aplicar políticas para reducir la contaminación ambiental sin sacrificar el crecimiento económico. Además, existe causalidad unidireccional desde emisiones a PIBp en países de ingresos bajos y de ingresos medio altos y bajos. Implicando que el ingreso causa a las emisiones de CO<sub>2</sub> y viceversa, debido a que, en los países de ingresos medio altos, estos ingresos promueven el consumo y la producción, aumentando los niveles de contaminación. Especialmente, cuando no se cuenta con tecnologías limpias como en los países de ingresos medios bajos y bajos respectivamente.

Además, las emisiones pueden causar al crecimiento económico, porque en el afán por mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>, se destinan recursos para ello. En economías como PIA y PIMA se pueden desarrollar tecnologías efectivas y ambientales. Mientras que los PIMB y PIB, pueden imitar a las tecnologías de las economías más desarrolladas. Por otro lado, existe causalidad bidireccional entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> en el grupo PIA, la población percibe ingresos altos, aumentando el consumo e incentivando a la producción masiva y, por tanto, a la contaminación.

A nivel global y PIMB existe causalidad unidireccional desde emisiones de CO<sub>2</sub> a densidad demográfica. Es decir, debido a los riesgos de la contaminación ambiental, muchas familias, pueden creer que tener una familia numerosa, sería positivo en el futuro, principalmente en los PIMB, porque las emisiones de CO<sub>2</sub> afectan a la salud de las personas, y una familia numerosa podría representar, mano de obra, ayuda en el hogar, ingresos para los padres en la edad adulta, etc. En general, en varios niveles de ingresos, los valores de p-valor son menores a 0,05; aceptando la hipótesis alternativa que manifiesta que X afecta a Y en todos los individuos dentro del panel, significando que cambios en las variables independientes permiten predecir cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> o viceversa.

Finalmente, se mostró la inexistencia de causalidad en algunos grupos de países, esto se explicaría porque existen otras variables que explicarían y evidenciarían otras relaciones causales con las emisiones de CO<sub>2</sub> en estos grupos de países, mismas que se pueden utilizar para futuras investigaciones. En este sentido, varios autores manifiestan la importancia de la energía y los recursos naturales como factores fundamentales en la contaminación. Esto significa que para los grupos de países en los que no se encontró causalidad se rechaza la hipótesis 3. Por tanto, la tercera hipótesis se confirma parcialmente en base a los resultados obtenidos. Además, se cumple el tercer objetivo específico.

**Tabla 10. Resultados de el test de causalidad**

| Dirección causal | Grupo  | W-bar | Z-bar | Valor-p |
|------------------|--------|-------|-------|---------|
| PIBP→CO2         | GLOBAL | 1,40  | 2,71  | 0,01    |
|                  | PIEA   | 0,05  | -0,95 | 0,34    |
|                  | PIA    | 2,06  | 3,35  | 0,00    |
|                  | PIMA   | 1,75  | 1,59  | 0,11    |
|                  | PIMB   | 0,95  | -0,17 | 0,87    |
|                  | PIB    | 0,82  | -0,57 | 0,57    |
|                  | PIEB   | 1,83  | 2,49  | 0,03    |
| PIBP←CO2         | GLOBAL | 2,39  | 9,34  | 0,00    |
|                  | PIEA   | 1,77  | 0,77  | 0,44    |
|                  | PIA    | 2,96  | 6,23  | 0,00    |
|                  | PIMA   | 4,51  | 7,45  | 0,00    |
|                  | PIMB   | 2,41  | 4,68  | 0,00    |
|                  | PIB    | 2,06  | 3,25  | 0,00    |
|                  | PIEB   | 1,09  | 0,28  | 0,78    |
| POB→CO2          | GLOBAL | 1,26  | 1,74  | 0,08    |
|                  | PIEA   | 1,40  | 0,40  | 0,69    |
|                  | PIA    | 2,30  | 4,12  | 0,00    |
|                  | PIMA   | 0,69  | -0,64 | 0,52    |
|                  | PIMB   | 1,13  | 0,44  | 0,66    |
|                  | PIB    | 1,19  | 0,59  | 0,55    |
|                  | PIEB   | 0,59  | -1,23 | 0,22    |
| POB←CO2          | GLOBAL | 2,15  | 7,72  | 0,00    |
|                  | PIEA   | 2,68  | 1,68  | 0,09    |
|                  | PIA    | 1,77  | 2,43  | 0,01    |
|                  | PIMA   | 1,66  | 1,40  | 0,16    |
|                  | PIMB   | 3,76  | 9,16  | 0,00    |
|                  | PIB    | 1,81  | 2,51  | 0,12    |
|                  | PIEB   | 1,15  | 0,45  | 0,66    |

*Nota:* P- valor debe ser menor a 0,05 para rechazar la hipótesis nula: ausencia de causalidad para todos para todos los individuos en el Panel

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1961-2015).

## **g. DISCUSIÓN**

El crecimiento económico y la densidad demográfica son variables importantes para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub>, especialmente por su impacto en el medio ambiente.

### **1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

#### **1.1 EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO EN EL PERIODO 1961-2015**

Los resultados encontrados en la presente investigación mostraron que a nivel global y por niveles de ingreso, el crecimiento económico, la densidad poblacional y las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen un comportamiento tendencial creciente durante el periodo de estudio. Es decir, a medida que aumentan el PIBp y la densidad demográfica, también aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> significando un daño al medio ambiente. Los resultados de evolución, se corroboran en el caso del crecimiento económico, por el colapso de la burbuja del sector inmobiliario en Estados Unidos (EU) del 2006.

Los estragos de esta crisis, se manifestaron excesivamente desde 2008, afectando a las finanzas de EU, y posteriormente a todo el mundo, ocasionado diferentes fenómenos económicos a nivel internacional. Además, de acuerdo al BM (2013) a mediados de 2008, a nivel mundial se experimentó alzas abruptas en los precios de los alimentos, impactando negativamente a los países en desarrollo. Según estimaciones del BM (2013) por este motivo 105 millones de personas continuaron en una situación de pobreza en los países de ingreso bajo. Además, para 2010 la economía mundial estaba en proceso de recuperación, y el BM (2010) mencionó que el PIB mundial disminuyó un 2,2% en 2009. Sin embargo, para 2010

aumentaría en un 2,7% y en un 3,2% en 2011. Es decir, luego de una grave crisis, la economía mundial se ha podido recuperar.

Además, el BM ha estimado que desde 1990 se han perdido bosques, las economías han mejorado el uso de energía y redujeron las emisiones de CO<sub>2</sub>, aun así, las emisiones per cápita siguen aumentando. Es decir, se han dado cambios positivos para el medio ambiente con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, se han producido cambios abrumantes y perjudiciales para nuestro planeta, por tanto, las constantes fluctuaciones de CO<sub>2</sub> se han visto a nivel global y por grupos de países.

## **1.2 CORRELACIÓN DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO EN EL PERIODO 1961-2015**

En cuanto a la correlación, se obtuvo una relación positiva entre el crecimiento económico per cápita y emisiones de CO<sub>2</sub> coincidiendo con Ohlan (2015) y Rahman (2017). Sin embargo, contrasta con la ECK al no presentar la forma característica de la base teórica. Igualmente, la relación entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> también presenta una relación positiva entre variables en su mayoría coincidiendo con la evidencia empírica. Además, las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen un mejor ajuste con el crecimiento económico per cápita en PIEA, PIA, PIMB y PIB. Mientras que la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y densidad demográfica, presentan un mejor ajuste en los siguientes grupos de países: PIMB, PIB y PIEB.

En referencia a la presencia de ECK, únicamente se confirma para los PIEA confirmando la hipótesis 1. Además, varios estudios corroboraron su existencia como: Apergis y Ozturk (2015) y Wang et al. En contraste, los resultados de esta investigación los PIA, PIMB y PIB rechazan la ECK y por tanto rechazan la hipótesis 1, por presentar una relación lineal y

positiva, así como en los estudios de Alam et al. (2016) y Dong et al. (2018). Esta relación positiva, implica que un aumento de las variables independientes no reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por su parte, Akalpler y Shingil (2017) muestran que las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyen a las emisiones de efecto invernadero. Por otro lado, para los PIMA y PIEB se encontró una relación inversa a la ECK (forma de U), concordado con los resultados de Ozcan (2013) y Rahman (2017) en sus estudios; además de contrastar con la hipótesis 1 de la investigación.

### **1.3 CORRELACIÓN DE LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA Y LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, EN EL PERIODO 1961-2015**

Respecto a la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub>, se encontró a nivel global una relación positiva, contrastando con Lin et al. (2016) quienes determinaron que el crecimiento de la población tiene una relación negativa con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los resultados de una relación positiva entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>, concuerdan con Poumanyong y Kaneko (2010). Además, Wang et al. (2017) manifiestan que el tamaño de la población tiene un poder explicativo en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los PIA y PIMA presentaron una tendencia lineal y negativa, coincidiendo con Lin et al. (2016).

Wang et al. (2018) mencionan que la población ejerce un impacto negativo en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Mientras que los PIEA, PIMB, PIB y PIEB tienen una tendencia lineal y positiva, concordando con Adom, Kwakwa y Amankwaa (2018). Los resultados coinciden con Poumanyong y Kaneko (2010) quienes sostienen una tendencia positiva en los grupos, sobre todo en los países de ingresos medios. En general, Constant et al. (2014) indican que la economía puede converger a un crecimiento económico estable con altos niveles crecimiento poblacional, manteniendo un choque tecnológico e innovación.

## **2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

### **2.1 ESTIMACIÓN DEL MODELO ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Previo a la estimación de la relación a corto y largo plazo; y determinar la fuerza del vector de cointegración, se aplicó la prueba de Hausman (1978). Además, los resultados indican una fuerte relación y significancia estadística. Luego, se aplicaron las pruebas de Wooldridge (2002) y Wald (1939) para detectar correlación y heterocedasticidad respectivamente. Además, no fue necesario incluir efectos del tiempo ni efectos de países para corregir el modelo. Por otro lado, la ECK (1955) solo se cumple en los PIEA.

La prueba de Hausman (1978) determina si los efectos son fijos o aleatorios; y si existe una diferencia significativa entre ambos. Los resultados, arrojaron que se debe trabajar con efectos fijos a nivel global; y en los países de ingresos: altos, medio altos y extremadamente bajos. Igualmente, Martínez y Maruotti (2011), Catalán (2014) y Kang, Zhao y Yang (2016) mostraron que los efectos aleatorios fueron rechazados por la prueba; y se seleccionó el modelo de efectos fijos. Del mismo modo, Wang et al. (2015), Azam (2016), Wang et al. (2017) y Wang y Zhao (2017) determinaron que el modelo de efectos fijos, ofrecen la capacidad de identificar las diferencias individuales en el modelo.

Por otro lado, Alvarado et al. (2018) contrastan con los resultados de ésta investigación, al encontrar que un modelo de efectos fijos se ajustó mejor a los datos en el PIB. Mientras que a nivel global, PIA, PIMA y PIMB son necesarios para usar efectos aleatorios. Estos resultados, contrastan con los encontrados, al manifestar que los efectos aleatorios se requieren en países de ingresos extremadamente altos y de ingresos bajos. Sin embargo, coinciden en que los efectos aleatorios se utilizan en países de ingresos medio bajos. Además,

Apergis (2016) manifestó que para todos los casos de estudio, la prueba de Hausman (1978) otorga mayor validez a los resultados.

Las pruebas de Wooldridge (2002) y Wald detectaron presencia de autocorrelación y heteroscedasticidad a nivel global y en los PIA, PIMA, PIMB, PIB y PIEB. Mientras que únicamente PIEA, no presentó estos problemas. Para Alvarado et al. (2018) los dos problemas, se corrigieron incluyendo los efectos del tiempo y un proceso autorregresivo, respectivamente, al contrario de la presente investigación, porque, no se usó efectos del tiempo. Además, Wang et al. (2017) encontraron que no existe dependencia transversal. Por su parte, Zhou y Liu (2016) encontraron autocorrelación en los modelos de efectos fijos y confirmaron la presencia de heteroscedasticidad grupal.

Los resultados concuerdan con las figuras, los grupos de PIEA, PIMA y PIEB son cuadráticos, mientras que los demás son lineales. Además, en los países de ingresos extremadamente altos corrobora la ECK, coincidiendo con Apergis y Ozturk (2015). Es decir, la degradación ambiental aumentó con el ingreso per cápita, durante las primeras etapas del crecimiento económico, y luego, disminuyó con el ingreso per cápita después de llegar a un umbral. Además, a nivel global; y en los países de ingresos: altos, medio bajos y bajos; presentan una tendencia ascendente y una relación positiva, como en los estudios de Ohlan (2015) y Dong et al. (2018) las variables independientes influyen de manera positiva y significativa en los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>. Mientras que países de ingresos medio altos y de ingresos extremadamente bajos presentan forma de U, contrastando con la ECK. Además, Begum et al. (2015) y Lin et al. (2016) manifestaron que no se valida la ECK.

Igualmente, la hipótesis de ECK no es válida para los estudios de: Robalino et al. (2015), Jardon et al. (2017); y Azam (2016). Este último autor mostró una relación negativa entre la degradación ambiental y el crecimiento económico. Por su parte, Zoundi (2017) no encontró

evidencia de una validación total de ECK, sin embargo, encontró que el ingreso per cápita contribuye a las emisiones de CO<sub>2</sub>, confirmando la necesidad de un mayor ingreso y la falta de conciencia sobre los problemas ambientales. Mientras que Gill et al. (2017) concluyeron que el crecimiento de ECK requiere demasiados recursos y tiene un enorme costo ambiental. Por su parte, Akalpler y Shingil (2017) muestran que las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyen significativamente a las emisiones de efecto invernadero.

Los resultados de esta investigación, contrastan con Hanif y Gago-de-Santos (2017) donde el logro de un mayor crecimiento económico, en las economías en desarrollo ha tenido un impacto en la degradación ambiental. Especialmente, cuando un país se centra en un crecimiento más rápido, volviéndose propenso al uso excesivo de sus recursos naturales. Por tanto, la principal causa del calentamiento global y el cambio climático son las emisiones CO<sub>2</sub>, mismas que han aumentado por el rápido crecimiento demográfico y económico. Además, hay que considerar que el crecimiento económico no garantiza una solución para los problemas ambientales. Y el crecimiento de la población tiene efectos sobre las emisiones contaminantes, y ha traído costos ambientales.

Además, con respecto a la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub>, se encontró a nivel global una relación positiva, concordando con el estudio de Poumanyvong y Kaneko (2010) quienes sugieren que el impacto de la urbanización como variable referida a la densidad demográfica, en las emisiones es positivo para todos los grupos de ingresos. Además, Wang et al. (2017) manifiestan que un aumento de la densidad demográfica, representa una amenaza para el medio ambiente. En contraste con Lin et al. (2016). Es decir, el aumento de la población se asocia con una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los países de ingresos altos y medio altos muestran una tendencia lineal y negativa, igual que Lin et al. (2016) y Wang et al. (2018) quienes manifiestan que crecimiento de la población tiene una relación negativa con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Y el resto de grupo de países mantienen una tendencia lineal y positiva, concordando Adom et al. (2018). Mientras que para Constant et al. (2014) un choque tecnológico, promovería la disminución de la contaminación, y a la vez potenciando el crecimiento económico.

## **2.2 PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS PARA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO, LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA Y LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Anticipadamente a estimar la relación a corto y largo plazo, aplicamos las pruebas de raíz unitaria entre las variables del modelo, a nivel global y por grupos de país. Se aplicaron cinco pruebas independientes, éstas pruebas se dividen en paramétricas y pruebas no paramétricas al igual que en la investigación de Alam et al. (2016). Los resultados de estas pruebas, determinaron un alto grado de consistencia y corroboran que las primeras diferencias, las variables no tienen problema de raíz unitaria. En general, los resultados sugieren que las series no son estacionarias y presentan un orden de integración I (1) al 1% de significancia.

Este resultado de primeras diferencias, coincide con los resultados de Tiwari (2011), Tiwari et al. (2013) y Kahouli (2018). Igualmente, Hossain (2011) y Kasman y Duman (2015) utilizaron cuatro pruebas de datos de panel y de series de tiempo, respectivamente. Dogan y Aslan (2017) mediante pruebas de raíz de unidad de panel (LLC, 2002; IPS, 2003; Harris y Tzavalis, 1999; y Hadri, 2000). En contraste, Lin et al. (2016) determinaron que la mayoría de las variables no son estacionarias en los niveles, pero su primera diferencia es estacionaria a un nivel de significación del 5% o menos. Esto es consistente para todos los métodos de prueba de raíz unitaria.

Además, otros estudios tienen como resultado una variedad en cuanto al orden de integración como: Zhu y Peng (2012) y Bekhet et al. (2017). Igualmente, Ohlan (2015) encontrando que las emisiones de CO<sub>2</sub> y PIBp eran I (1), y densidad de población eran I (0); y Ozturk (2017) indica una mezcla del orden de integración.

### **2.3 ESTIMAR LA RELACIÓN DE CORTO PLAZO ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Los resultados encontrados mediante la prueba de Westerlund (2007), mostraron que hay relación de equilibrio a corto plazo a nivel global y por niveles de ingreso, durante el periodo de estudio. Es decir, el PIBp, la densidad poblacional y las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen una relación positiva a corto plazo. Por tanto, aumentos en el PIBp y densidad demográfica, ocasionan incrementos en las emisiones de CO<sub>2</sub>, significando un deterioro ambiental. En este sentido, se rescata el aporte de Hanif y Gago-de-Santos (2017) quienes manifiestan que a corto plazo, las economías en desarrollo, muestran poca disposición a rendir sus objetivos de desarrollo económico y humano.

En este sentido, 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 cambios en las variables dependientes, ocasionan variaciones en las emisiones de CO<sub>2</sub>. En sentido, las investigaciones de Al Mamun et al. (2014), Kasman y Duman (2015), Mercan y Karakaya (2015), Apergis (2016), Ozcan (2013) 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.

#### **2.4 ESTIMAR LA RELACIÓN DE LARGO PLAZO ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Los resultados encontrados mediante la prueba de cointegración de Pedroni (1999), mostraron la existencia de una relación de equilibrio en el largo plazo entre las variables del modelo a nivel global y por niveles de ingreso. Implicando que las variables se mueven conjuntamente a través del tiempo a largo plazo. Los resultados obtenidos se refutan con las siguientes investigaciones: Ohlan (2015), Zakarya, Mostefa, Abbas y Seghir (2015), Dogan y Aslan (2017), Zaman y Abd (2017) y Zoundi (2017). Por otro lado, el estadístico de panel y de grupo ADF, es el más importante para determinar la existencia de cointegración a largo plazo (Lin et al., 2016; y Wang et al., 2017). En la presente investigación, este y otros estadísticos fueron significativos, probando la existencia de equilibrio a largo plazo. Igualmente, aplicando otro método Begum et al. (2015) sostiene la existencia de una relación de cointegración a largo plazo entre las variables, además, revela que el PIBp tienen un impacto positivo a largo plazo con las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero la tasa de crecimiento de la población no tiene impactos significativos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>.

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 CO<sub>2</sub>, presenten variaciones por variaciones en el resto de variables.

## **2.5 ESTIMAR LA FUERZA DEL VECTOR DE COINTEGRACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Los resultados de la prueba de cointegración de Pedroni (1999) y Westerlund (2007) no informan sobre la fuerza del vector o el efecto individual en cada país. Por tanto, se aplica el modelo DOLS y PDOLS. Entonces, se estimó la fortaleza del vector de cointegración de Pedroni (2001). En cuanto a los resultados de DOLS para los países individualmente, en la mayoría de países en la variable densidad demográfica, tienen un orden de cointegración superior a 1, por tanto, son contundentes. Los resultados, determinan que a nivel global y por grupos de países (modelo sin tiempo); mientras que a nivel global y en PIB (modelo con tiempo) las dos variables resultan ser significativas y positivas en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Este estudio aplica los DOLS (Pedroni, 2001), para estimar los coeficientes a largo plazo sobre el PIBp y la densidad demográfica. Debido a que el estimador de la media grupal, produce estimaciones más consistentes que los estimadores agrupados y ponderados, en el caso de existir heterogeneidad en los datos de panel cointegrado. Además, existen investigaciones que trabajaron con DOLS y PDOLS como: Begum et al. (2015) y Adom et al. (2018), entre otros. Por su parte, Jardon et al., (2017) en su estudio sugieren que en su panel de estudio tanto PDOLS como DOLS confirman la existencia de EKC. En contraste, Zoundi (2017) muestran que DOLS no evidencia la EKC, aunque el impacto del ingreso per cápita parece ser positivo y crecimiento de la población sigue siendo uno de los desafíos ambientales. Finalmente, Liu y Bae (2018) encontraron que el crecimiento económico tiene un impacto negativo en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

#### **3.1 DETERMINAR LA CAUSALIDAD ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO, PERIODO 1961-2015**

Los resultados arrojados por la prueba de causalidad de tipo Granger (1988), propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012) para datos se panel, mostraron una causalidad bidireccional entre PIBp y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y en los PIA. Mientras que existe causalidad unidireccional desde PIBp a emisiones de CO<sub>2</sub> en los PIEB. Es decir, se debería aplicar políticas para reducir la contaminación ambiental sin sacrificar el crecimiento económico. Además, existe causalidad unidireccional desde emisiones de CO<sub>2</sub> a PIBp en países de ingresos: medio altos, medio bajos y bajos. Por otro lado, existe causalidad bidireccional entre densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> en el grupo de países de ingresos altos. Por su parte, a nivel global y en los países de ingresos medio bajos existe causalidad unidireccional desde emisiones de CO<sub>2</sub> a densidad demográfica. Algunos de estos resultados coinciden con los obtenidos por Alshehry y Belloumi (2015), Rahman (2017), Tiwari et al. (2013), etc. Estas investigaciones otuvieron como resultado causalidad de tipo Granger (1988) unidireccional y/o bidireccional entre diferentes variables en sus investigaciones.

Por otro lado, el trabajo de Hossain (2011) contrasta los resultados obtenidos en la presente investigación, donde los resultados de la prueba de causalidad de Granger (1988) respaldan que no hay evidencia de causalidad a largo plazo. La inexistencia de causalidad, se debería a que existen otras variables que no están consideradas en el modelo, que pueden evidenciar causalidad con las estimaciones correspondientes como es el caso del consumo de energía y recursos naturales. Para los diferentes países, la emisión de CO<sub>2</sub> depende de otras variables, además de las estimadas en el presente modelo.

## **h. CONCLUSIONES**

Al término del presente trabajo investigativo, se desprenden las siguientes conclusiones:

A nivel global y por niveles de ingreso, la evolución de las variables del presente estudio determinó que el crecimiento económico, la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> mantienen una tendencia ascendente durante el periodo 1961-2015. Además, cabe recalcar que la variable que presentó mayores fluctuaciones en todo el periodo de estudio fue emisiones de CO<sub>2</sub>, manteniendo la tendencia creciente. Esto significa que un aumento de las variables independientes (PIBp y densidad demográfica) representa un aumento de la variable dependiente (emisiones de CO<sub>2</sub>). Por tanto, el incremento constante de estas variables con el paso del tiempo, corrobora que a lo largo del mismo también se incrementan los daños al medio ambiente, representando un motivo de preocupación para todas las economías a nivel mundial.

La correlación entre el crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub> demuestra un buen ajuste entre las variables. Indicando la existencia de la ECK únicamente para PIEA (Noruega y Suiza) al presentar un ajuste cuadrático, siendo el mejor escenario tanto para el crecimiento económico como para el estado ambiental de los diferentes países. Mientras que para países principalmente europeos y africanos que conforman los grupos de PIMA y PIEB la relación entre estas dos variables es inversa a la ECK (forma de U), a pesar de que también presentan un ajuste cuadrático, significando un escenario desalentador en estos grupos de países, porque significa que el crecimiento económico conlleva progresivamente a un deterioro ambiental. Además, a nivel global y en los grupos PIA, PIMB y PIB no se evidencia presencia de ECK, manteniendo una relación positiva y lineal; es decir, que en países principalmente asiáticos, europeos, americanos (Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica), y africanos, a medida

que aumenta el crecimiento económico aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub>. Siendo el peor escenario para el medio ambiente.

En cuanto a la relación entre la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y en los grupos PIA, PIMB, PIB y PIEB la relación es positiva. Es decir, en países americanos (Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica), africanos, asiáticos y en menor medida países europeos; las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentan gradualmente con el incremento de la densidad demográfica. Mientras que en los grupos de PIA y PIMA la relación resultó ser negativa, en otras palabras, en países fundamentalmente europeos a medida que aumenta la densidad demográfica, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen. Además, en PIEA, PIA y PIMA existe mayor dispersión de datos.

El modelo de regresión muestra que los grupos PIEA, PIMA y PIEB son cuadráticos, y los demás son lineales, respecto a la relación entre el crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub>. Resaltando que el grupo de PIEA evidencia la existencia de ECK, es decir, al inicio del desarrollo, aumentos en los ingresos de estos países incrementa las emisiones de CO<sub>2</sub>, hasta llegar a un punto donde las emisiones de CO<sub>2</sub> empiezan a descender, con aumentos del crecimiento económico. La presencia de ECK es el contexto más favorable y óptimo para todas las economías. Además, en referencia a la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y en PIA, PIMB, PIB y PIEB el modelo presenta una relación positiva. Mientras que los PIEA y PIMA establecen una relación negativa con el CO<sub>2</sub>, esta situación se evidencia principalmente en países europeos.

Los resultados de la prueba de Westerlund (2007) y Pedroni (1999) evidencian la existencia de una relación de equilibrio a corto y largo plazo respectivamente. En otras palabras, las variables del modelo se mueven conjuntamente en el tiempo a nivel global y por niveles de ingreso tanto a corto como a largo plazo. Además, respecto a la estimación de 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. La fuerza del vector de cointegración en las variables es contundente, y principalmente la variable densidad poblacional en todos los países.

Los resultados de la prueba de causalidad propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012) en base a la de Granger (1988), determinaron que la existencia causalidad bidireccional y unidireccional en diferentes sentidos. Es otras palabras, a nivel global y por niveles de ingresos, se corrobora que las variables independientes afectan a la variable dependiente en el panel, significando que cambios en el crecimiento económico y en la densidad demográfica, permiten predecir los cambios que se produzcan en las emisiones de CO<sub>2</sub> o viceversa. Además, en algunos grupos dentro del panel no existe causalidad debido a que existen otras variables que afectan a las emisiones de CO<sub>2</sub> no únicamente las planteadas en este trabajo.

## **i. RECOMENDACIONES**

En base a las conclusiones planteadas del presente estudio, es posible formular las siguientes recomendaciones:

Que los gobiernos de cada país consideren la tendencia creciente de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y esto conlleve a la implementación de políticas dirigidas al control y reducción de éstas emisiones, como establecimiento de un sistema de derechos de emisión voluntaria como instrumento medioambiental, en el que se motive o desmotive económicamente a la disminución o aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> respectivamente, tanto a nivel productivo como poblacional. Es decir, en sector económico varios grupos de empresas o industrias se asocien y acuerden en un periodo de tiempo establecido producir, sin sobrepasar una determinada cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>; y del mismo modo en cuanto a la población, comunidades o asociaciones pacten no exceder la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> permitidas en un determinado periodo de tiempo. Entonces, cada gobierno premiaría o castigaría económicamente a los grupos que voluntariamente accedieron a estas alianzas de acuerdo a los resultados obtenidos.

Los responsables de la formulación de políticas, deben tener en cuenta los impactos del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> tanto a corto como a largo plazo. Específicamente, los gobiernos de los PIMA y PIEB deben implementar medidas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, como ejemplificar al sector público y privado como responsables de promover el cuidado ambiental, convirtiendo a la población en consumidores amigables con el medio ambiente. El gobierno puede incentivar al sector público con bonos o días vacantes por la participación activa en programas y campañas que promuevan la producción eficiente de bienes y servicios; y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Y al sector privado con disminución de tasas impositivas, al demostrar su participación ambientalista.

Entonces, la misma sociedad se involucraría en actividades que aporten a la reducción constante de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los PIMB, PIB y PIEB se deben enfocar en plantear políticas poblacionales estrictas, por tanto, la participación activa de cada gobierno es crucial a corto y a largo plazo, al considerar en su presupuesto estatal un rubro destinado a la educación y concientización ciudadana (campañas y programas), acerca de educación sexual y sobretodo de planificación familiar; y direccionar a la sociedad de los diferentes países del mundo a una mejor calidad de vida, puesto que principalmente en países de ingresos bajos, tienden a formar familias numerosas que excede sus posibilidades de manutención y cuidados; o embarazos prematuros, obligando a estas familias a padecer de carencias que posteriormente el estado deberá cubrir. Por tanto, la educación sexual y planificación familiar son decisivas para que estos países alcancen un desarrollo económico sostenible y sustentable, además, la sostenibilidad económica, poblacional y ambiental, no deberían competir entre ellas, y más bien se deben complementar.

La densidad demográfica es una de las variables con mayor impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub>, presentando una tendencia lineal y positiva. Por tanto, las políticas poblacionales son determinantes importantes para mejorar la calidad del ambiente de acuerdo a cada país. A nivel global existen desequilibrios poblacionales, países africanos y asiáticos presentan un nivel de población exuberante frente a países europeos donde la población joven va en descenso. Por tanto, dependiendo del país las políticas poblacionales varían. Principalmente en países europeos, las políticas estarían encaminadas al incremento poblacional, mismo que puede darse por aumentos responsables en la fecundidad de cada país, principalmente mediante incentivos a la adopción en países con exceso de población; y migraciones. De esta

forma intentar equilibrar la densidad demográfica a nivel mundial, resolviendo problemas que enfrentan diversos países.

Promover la cooperación internacional para mitigar el daño ambiental en todas las regiones, independientemente de su nivel de ingresos, minimizando la posibilidad de un impacto adverso por el desarrollo económico. Se deberían implementar políticas dirigidas al sector transporte, energético e industrial como principales emisores de CO<sub>2</sub>, como incentivar tributariamente a producir y adquirir vehículos (públicos y privados) amigables con el medio ambiente, promover el uso de nuevos combustibles, mejorar la eficiencia energética, cambios industriales impulsando tecnologías de bajo carbono, entre otras; éstas políticas ambientales estarían direccionadas a un crecimiento económico sin sacrificar a al medio ambiente.

Además, los gobiernos o entidades internacionales pueden incluir a las instituciones educativas como principales generadores de proyectos y tecnologías encaminadas a la reducción de CO<sub>2</sub>, como en concursos nacionales e internacionales, donde los estudiantes puedan dar a conocer nuevas formas de reducir las emisiones CO<sub>2</sub> efectivizando la producción de grandes empresas. El incentivo para quienes presenten ideas que permitan alcanzar un crecimiento económico sostenible y sustentable, se reflejarían en becas estudiantiles o incentivos económicos para que puedan desarrollar su proyecto y aportar a un desarrollo sustentable.

## j. BIBLIOGRAFÍA

- Adom, P. K., Kwakwa, P. A., y Amankwaa, A. (2018). The long-run effects of economic, demographic, and political indices on actual and potential CO<sub>2</sub> emissions. *Journal of Environmental Management*, 218, 516-526.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identifications. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
- Akalpler, E., y Shingil, M. E. (2017). Statistical reasoning the link between energy demand, CO<sub>2</sub> emissions and growth: Evidence from China. *Procedia Computer Science*, 120, 182-188.
- Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., y 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.
- Ali, W., Abdullah, A., y 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.
- Al Mamun, M., Sohag, K., Mia, M. A. H., Uddin, G. S., y Ozturk, I. (2014). Regional differences in the dynamic linkage between CO<sub>2</sub> emissions, sectoral output and economic growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 1-11.
- Alshehry, A. S., y Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 237-247.
- Alvarado, R., Ponce, P., Criollo, A., Córdova, K., y 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.
- Apergis, N., y Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22.
- Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Economics*, 54, 263-271.
- 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.
- Azam, M. (2016). Does environmental degradation shackle economic growth? A panel data investigation on 11 Asian countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 175-182.
- Banco Mundial (1992). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1992: Desarrollo y Medio Ambiente* (No. C/330.91724 B3/1992). Washington D.C.

- Banco Mundial (1978). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1978 (Español)*.
- Banco Mundial (2010). *Análisis Actualizado del Banco Mundial: Crisis, Finanzas y Crecimiento*.
- Banco Mundial (2013). *Programa de Respuesta a la Crisis Mundial de los Alimentos*.
- Banco Mundial. (2018). *Nuevas Clasificaciones de los Países Según su Nivel de Ingreso: 2017-18*.
- Banco Mundial. (2018). *Densidad de Población (personas por kilómetro)*.
- Banco Mundial. (2018). *Emisiones de CO2 (kt)*.
- Barreiro Pereira, F., Azcona, J. L., y Morcillo, F. M. (1999). *Macroeconomía Intermedia*. McGraw-Hill Interamericana de España SAU, Madrid.
- Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., y Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594-601.
- Bekhet, H. A., Matar, A., y 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.
- Blanchard, O., Amighini, A., y Giavazzi, F. (2012). *Macroeconomía*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Breitung, J. (2002). Nonparametric tests for unit roots and cointegration. *Journal of Econometrics*, 108(2), 343-363.
- Cai, Y., Sam, C. Y., y Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 182, 1001-1011.
- Case, K. E., Fair, R. C., y Oster, S. M. (1996). *Principles of Microeconomics* (ed.11. pág. 507). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Case, K. E., Fair, R. C., y Oster, S. M. (2016). *Principios de Macroeconomía*. México: Pearson educación.
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19-37.
- Chaabouni, S., y Zghidi, N., On the causal dynamics between CO2 emissions, health expenditures and economic growth, *Sustainable Cities and Society* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.02.001>

- Cherni, A., y 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.
- Constant, K., Nourry, C., y Seegmuller, T. (2014). Population growth in polluting industrialization. *Resource and Energy Economics*, 36(1), 229-247.
- Díaz, J., y Ascolí, F. (2006). Reflexiones sobre el desarrollo local y regional. *PROFASR. Universidad Rafael Landívar. Guatemala*.
- Dickey, D. A., y 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.
- Dogan, E., y 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.
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., y Liao, H. (2018). CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, 180-192.
- Dumitrescu, E. I., y Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Engelman, R. (1994). Stabilizing the atmosphere: population consumption and greenhouse gases.
- Engelman, R. (1998). Profiles in carbon: an update on population consumption and carbon dioxide emissions.
- Farhani, S., Mrizak, S., Chaibi, A., y Rault, C. (2014). The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy*, 71, 189-198.
- Foro Económico Mundial (2018). *Informe Global de Riesgos 2018 – Resumen Ejecutivo*.
- Gambi, M. O. (2005). *Pobreza, Crecimiento económico y Políticas sociales*. Editorial Universitaria.
- Granger, C. W. (1988). Causality, cointegration, and control. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 551-559.
- Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.

- Hanif, I., y 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.
- Holtz-Eakin, D., y Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101.
- 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.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1251-1271.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., y Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Inglesi-Lotz, R., y 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 Big 10 electricity generators. *Renewable Energy*, 123, 36-43.
- Jardón, A., Kuik, O., y Tol, R. S. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: An analysis of Latin America and the Caribbean. *Atmósfera*, 30(2), 87-100.
- Kahouli, B. (2017). The Causality Link between Energy Electricity Consumption, CO2 emissions, R&D Stocks and Economic Growth in Mediterranean Countries (MCs). *Energy*.
- Kais, S., y 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.
- Kang, Y. Q., Zhao, T., y Yang, Y. Y. (2016). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. *Ecological indicators*, 63, 231-239.
- Kasman, A., y 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.
- Knapp, T., y Mookerjee, R. (1996). Population growth and global CO2 emissions: A secular perspective. *Energy Policy*, 24(1), 31-37.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), (Marzo), 1-28.
- Larraín, F., Sachs, J. D., y Sachs, J. (2002). *Macroeconomía en la Economía Global*. Pearson Educación.

- Levin, A., Lin, C. F., y Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1–24.
- Lin, B., Omoju, O. E., Nwakeze, N. M., Okonkwo, J. U., y 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.
- Liu, X., y Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO 2 emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 172, 178-186.
- López, J. T. (2015). *Economía Política*. Ediciones Pirámide.
- Malthus, T. R. (1846). Ensayo sobre el principio de la población. L. Gonzalez.
- Mankiw, N. G. (2012). *Principios de Economía, Sexta Edición* (pág. 498). México D.F: D.R. 2012 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Loganathan, N., y Khoshnoudi, M. (2018). Carbon dioxide (CO2) emissions and economic growth: A systematic review of two decades of research from 1995 to 2017. *Science of the Total Environment*.
- Martínez, E., y Díaz, Y. (2004). *Contaminación Atmosférica* (Vol. 45). Universidad de Castilla La Mancha.
- Martínez-Zarzoso, I., y Maruotti, A. (2011). The impact of urbanization on CO2 emissions: evidence from developing countries. *Ecological Economics*, 70(7), 1344-1353.
- Meadows, D., Meadows, D., y Randers, J. (1994). Los límites del crecimiento. Madrid: El País/Aguilar.
- Mercan, M., y 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.
- Naciones Unidas. (2018). *Población*. Recuperado de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Narayan, P. K., y Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661-666.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos*.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*.

- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.*
- Ocegueda, J. M. (2000). *Crecimiento y desarrollo económico--el estado actual del debate.* Uabc.
- 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.
- Olale, E., Ochuodho, T. O., Lantz, V., y El Armali, J. (2018). The environmental Kuznets curve model for greenhouse gas emissions in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 184, 859-868.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Cambio climático y salud.*
- Organización de Naciones Unidas. (1997). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *Aprobación del Acuerdo de París de la Convención Marco sobre el Cambio Climático.*
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *Resolución aprobada por la Asamblea General.*
- Owen, O. S. (2008). *Conservación de Recursos Naturales (pág. 1).* Editorial Pax México.
- 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.
- 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.
- Parkin, M., y Loría, E. (2010). *Microeconomía, versión para latinoamérica (MÁ Sánchez Carrión, Trans.*
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653-670.
- Pedroni, P. (2001). Purchasing power parity tests in cointegrated panels. *Review of Economics and Statistics*, 83(4), 727-731.
- Phillips, P., y Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75, 335-346.
- Poumanyong, P., y Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434-444.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2016). *Panel Internacional de Recursos.* Recuperado de <https://unfccc.int/es/news/pnuma-la-extraccion-mundial-de-materiales-se-triplico>

- 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(September 2016), 506–514.
- Real Academia Española. (2018). *Dióxido de Carbono*. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=DpKM4HR>
- Robalino-López, A., Mena-Nieto, Á., García-Ramos, J. E., y 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.
- Saidi, K., y 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.
- Segura, L. M. S., y Arriaga, J. A. L. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. UAEM.
- Shahbaz, M., Lean, H. H., y Shabbir, M. S. (2012). Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: cointegration and Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2947-2953.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A. T., Ahmed, K., y Jabran, M. A. (2016). How urbanization affects CO2 emissions in Malaysia? The application of STIRPAT model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 83-93.
- Spedding, D. J. (1981). *Contaminación Atmosférica*. Reverté.
- Talbi, B. (2017). CO2 emissions reduction in road transport sector in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 232-238.
- Tezanos, S., Quiñones, A., Gutierrez, D., y Madrueño, R. (2013). Desarrollo humano, pobreza y desigualdades. *Manuales sobre Cooperación al Desarrollo*.
- Tiwari, A. K. (2011). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth: Evidence from India. *Journal of International Business and Economy*, 12(1), 85-122.
- Tiwari, A. K., Shahbaz, M., y 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.
- Torres-Degró, A. (2017). Tasas de crecimiento poblacional ( $r$ ): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital (Etapa I)*, 2(1), 143-162.
- Van Ypersele, J. P., y Bartiaux, F. (1995). The role of population growth in global CO2 emissions. In *Studies in Environmental Science* (Vol. 65, pp. 669-674). Elsevier.
- Wald, A. (1939). Contributions to the theory of statistical estimation and testing hypotheses. *The Annals of Mathematical Statistics*, 10(4), 299-326.

- Wang, S. X., Fu, Y. B., y Zhang, Z. G. (2015). Population growth and the environmental Kuznets curve. *China Economic Review*, 36, 146-165.
- Wang, S., Zeng, J., Huang, Y., Shi, C., y Zhan, P. (2018). The effects of urbanization on CO2 emissions in the Pearl River Delta: A comprehensive assessment and panel data analysis. *Applied Energy*, 228, 1693-1706.
- Wang, Y., Kang, Y., Wang, J., y Xu, L. (2017). Panel estimation for the impacts of population-related factors on CO2 emissions: A regional analysis in China. *Ecological Indicators*, 78, 322-330.
- Wang, Y., y Zhao, T. (2018). Impacts of urbanization-related factors on CO2 emissions: Evidence from China's three regions with varied urbanization levels. *Atmospheric Pollution Research*, 9(1), 15-26.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748.
- Wooldridge, J.M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press, Cambridge, MA.
- World Bank, (2018). World Development Indicators. World Bank Open Data. *The World Bank Group*, <http://data.worldbank.org>.
- Xu, T. (2018). Investigating Environmental Kuznets Curve in China—Aggregation bias and policy implications. *Energy Policy*, 114, 315-322.
- Zakarya, G. Y., Mostefa, B. E. L. M. O. K. A. D. D. E. M., Abbes, S. M., y Seghir, G. M. (2015). Factors affecting CO2 emissions in the BRICS countries: a panel data analysis. *Procedia Economics and Finance*, 26, 114-125.
- Zaman, K., y Abd-el Moemen, M. (2017). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic development: evaluating alternative and plausible environmental hypothesis for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1119-1130.
- Zhang, Z., Hao, Y., Lu, Z. N., y Deng, Y. (2018). How does demographic structure affect environmental quality? Empirical evidence from China. *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 242-249.
- Zhou, Y., y Liu, Y. (2016). Does population have a larger impact on carbon dioxide emissions than income? Evidence from a cross-regional panel analysis in China. *Applied Energy*, 180, 800-809
- Zhu, Q., y Peng, X. (2012). The impacts of population change on carbon emissions in China during 1978–2008. *Environmental Impact Assessment Review*, 36, 1-8.
- Zilio, M. I. (2012). Curva de Kuznets ambiental: La validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de Economía*, 35(97), 43-54.

Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067-1075.

**k. ANEXO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

**CARRERA DE ECONOMÍA**

**TEMA:**

“INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA DENSIDAD DEMOGRÁFICA EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A NIVEL GLOBAL Y POR NIVELES DE INGRESO: UN ESTUDIO DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON DATOS DE PANEL, PERIODO 1961-2015”

Proyecto de Tesis previa a la  
obtención del grado de Economista

AUTORA: Jéssica Ivanova Guamán Coronel.

**Loja-Ecuador**

## PROYECTO DE TESIS

### a. TEMA

Incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso: un estudio de cointegración y causalidad con datos de panel, periodo 1961-2015.

### b. PROBLEMÁTICA

#### 1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, se han incrementado las emisiones de CO<sub>2</sub>, provocando cambios climáticos y ambientales negativos que afectan a la humanidad. Estimaciones de la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup> (OMS, 2018) manifiestan que la contaminación atmosférica mundial ocasiona 4,20 millones de muertes prematuras al año, de esas defunciones el 91% preceden de países de ingresos medianos y bajos. Entonces, el crecimiento económico ocasionado por las industrias poco tecnificadas y afables con el ambiente, han generado emisiones de gases contaminantes, promovidos por el aumento del consumo de una población creciente.

Igualmente, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente<sup>2</sup> (2016) en su informe del Panel Internacional de Recursos<sup>3</sup> (2016), mencionó el aumento de la población, y por ende del consumo. Por tanto, la cantidad de materias primas extraídas en las últimas décadas, se ha triplicado, reduciendo los recursos del planeta y contaminando al mismo.

---

<sup>1</sup> **Organización Mundial de la Salud:** construye un futuro mejor y saludable para las personas del mundo.

<sup>2</sup> **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente:** alienta al cuidado medioambiental, inspirando, informando y dando a naciones medios para mejorar la calidad de vida sin arriesgar a las futuras generaciones.

<sup>3</sup> **Panel Internacional de Recursos:** lanzado por PNUMA para desarrollar y compartir los conocimientos para mejorar nuestro uso de los recursos en todo el mundo.

Sumado a lo anterior, los recursos del planeta son limitados, especialmente la tierra porque el territorio geográfico, no aumentará naturalmente por una mayor cantidad de población. Por tanto, se deberían utilizar con precaución y responsabilidad.

Además, el aumento poblacional no solo acrecienta el consumo y la producción. Sino también, la actividad humana. Igualmente, el aumento del uso de combustibles fósiles, metales y otros materiales acrecentará el cambio climático, aumentará la contaminación atmosférica, y conducirá al agotamiento de los recursos naturales. Entonces, obtendremos como resultado la intensificación de conflictos. Igualmente, el Foro Económico Mundial<sup>4</sup> (2018) en el Informe Global de Riesgos (2018) manifiesta que estos riesgos se han elevado cuantiosamente en los últimos años. Es decir, por exigir en demasía al planeta, los daños son proporcionales y cada día son evidentes como: huracanes, temperaturas extremas, aumento en emisiones de CO<sub>2</sub>, pérdida de biodiversidad, y la contaminación en general, se han convertido en un peligro angustiante para la salud humana.

Por lo antes mencionado, se cree oportuno la aplicación de políticas ambientales, económicas y demográficas estrictas, eficientes y viables en cada país, permitiendo reducir las fuentes de contaminación del aire a corto y largo plazo. Entonces, el enfoque de desarrollo sustentable, concentra una abundante trayectoria de planteamientos y consensos internacionales. Principalmente, la necesidad de lograr avances que integren positivamente los objetivos económicos, sociales y ambientales en todos los países del mundo.

---

<sup>4</sup> **Foro Económico Mundial:** se esfuerza por demostrar el espíritu empresarial en el interés público mundial, y mantiene los más altos estándares de gobierno.

La contaminación del aire, se considera como un riesgo significativo para el medio ambiente, atentando contra la salud y el desarrollo económico de las diferentes sociedades. La reducción constante de la contaminación del aire, trae como efecto la disminución de morbilidad y un crecimiento económico en aumento, mediante métodos sustentables, utilizando nuevas tecnologías y garantizando la seguridad ambiental. Entonces, la importancia del desarrollo presente trabajo, radica en encontrar la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso durante el periodo 1961-2015, además, plantear la aplicación de políticas dirigidas fundamentalmente al ámbito ambiental.

## **2. Formulación del problema**

Los seres humanos a lo largo de nuestra existencia hemos degradado el medio ambiente, y como consecuencia de ello, actualmente estamos presenciando una crisis. Sin embargo, los logros alcanzados con respecto a descubrimientos en el espacio exterior han sido motivo de petulancia, aun así, la humanidad no puede jactarse de una eficiente administración en el “espacio interior” del planeta (Owen, 2008).

El principal problema ambiental, radica en cuatro factores: “Rápido incremento de la población; Contaminación; Excesivo consumo de recursos; y el gradual deterioro de una ética de la Tierra” (Owen, 2008, p.1). Entonces, las variables de estudio representan un instrumento para ayudar a mitigar el problema ambiental que estamos viviendo. Las emisiones de CO<sub>2</sub>, son un determinante para la contaminación, por tanto, a nivel mundial, de acuerdo a estimaciones del Banco Mundial (BM, 2017) las emisiones de CO<sub>2</sub> crecieron desde 1990 (22.400 millones de toneladas métricas) hasta 2013 (35.800 millones), representando un aumento de 60%.

Además, el aumento vertiginoso de la población, de acuerdo a datos de las Naciones Unidas (2018) a nivel mundial se estimaba que en 1950 la población era de 2.600 millones de personas, en 1987 de 5.000 millones, en 1999 de 6.000 millones, y a mediados de 2015 de 7.300 millones de personas. Entonces, en solo 12 años la población mundial ha aumentado en 1.000 millones. Este drástico crecimiento tendrá consecuencias para las generaciones futuras.

La humanidad es la gran culpable de las consecuencias de la contaminación ambiental. Porque ha liberando gradualmente gases tóxicos al ambiente, perjudicando al planeta y a la sociedad. Estas emisiones son producidas por empresas, impulsadas por la demanda existente, debido a la exuberante cantidad de personas a nivel mundial, que exigen bienes y servicios para solventar sus necesidades o meramente satisfacer la tendencia al consumo. Este comportamiento, lleva a las industrias a producir masivamente. Los diferentes organismos y gobiernos deben aplicar políticas estrictas para mitigar y controlar el daño ambiental.

La presente investigación, examinará si el crecimiento económico y la densidad demográfica han incidido en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, durante el periodo 1961-2015. Considerando lo previamente mencionado se establecen las siguientes hipótesis: a) Existe la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (ECK, 1955); y una relación positiva entre la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, durante el periodo 1961-2015; b) Existe una relación de equilibrio a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015; c) Presencia de una relación de causal entre las variables independientes y la variable dependiente a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015. Estas hipótesis, se verificarán con el cumplimiento de los objetivos específicos.

### 3. Alcance del problema

El alcance del presente proyecto, se centrará en el análisis de la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015. La investigación, se desarrollará con un enfoque econométrico de datos de panel, para 90 países del mundo, estructurando un panel perfectamente equilibrado. Además, se ajustará la clasificación de los países con el propósito de reducir la heterogeneidad por ingresos, basándose en el Método Atlas<sup>5</sup> propuesto por el BM (2017) y se agrupará 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).

En este contexto, se utilizarán técnicas de cointegración para estimar la relación a corto y largo plazo entre las variables; se determinará la fuerza del vector de cointegración; y también se analizará la causalidad entre variables. El estudio de la presente investigación, se efectuará por medio de datos históricos, obtenidos de las bases de datos del World Development Indicators<sup>6</sup> (WDI, 2018) del BM. Para todos los países, se utilizará el Producto Interno Bruto per cápita (PIBp) (\$ constantes de 2010) para medir el crecimiento económico, la densidad demográfica será medida por la densidad de la población (personas por km<sup>2</sup> de área de tierra) y las emisiones de CO<sub>2</sub> serán medidas por las emisiones de CO<sub>2</sub> en Kilotoneladas (Kt). En base a los resultados obtenidos se podrán plantear políticas dirigidas a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>5</sup> **Método Atlas:** las estimaciones oficiales del BM sobre el tamaño de las economías se basan en el Ingreso Nacional Bruto (INB) convertido a dólares utilizando el método Atlas. Este método suaviza las fluctuaciones de los tipos de cambio utilizando un factor de conversión ajustado al precio de media móvil de tres años.

<sup>6</sup> **World Development Indicators:** La colección de indicadores de desarrollo, recopilada de fuentes oficiales internacionales. Presenta los datos de desarrollo global e incluye estimaciones nacionales, regionales y globales.

#### **4. Evaluación del problema**

La actividad humana, y particularmente el consumo de combustibles fósiles, ha liberado cantidades abrumantes de CO<sub>2</sub>, causando daños para la humanidad y el planeta. Un efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> es la contaminación del aire, representando un importante riesgo para la salud y para el medio ambiente. Entonces, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) puede mejorar la salud mediante y reducir la contaminación atmosférica.

La OMS (2018) estima que la contaminación del aire es el principal detonante para el deceso prematuro de 4,2 millones de personas anualmente. Por tanto, cada año millones de personas mueren por contaminación en el aire: 34% por accidentes cerebrovasculares, 26% por cardiopatías isquémicas, 22% por neumopatías obstructivas crónicas, 12% por neumonía infantil y 6% por cáncer de pulmón. Las emisiones de CO<sub>2</sub>, ocasionan y agravan el cambio climático, mismo que afecta a la sociedad y el medioambiente. Según la OMS (2018) estima que entre 2030 y 2050 el cambio climático será el culpable de 250.000 defunciones adicionales al año por. Además, los costos para la salud rondarían entre 2.000 y 4.000 millones de dólares hasta el 2030.

En cuanto al crecimiento económico de la población, la producción de las grandes industrias es también responsable de emisiones de gases contaminantes, agravado por la creciente demanda. Entonces, el desmesurado consumo humano de productos o servicios, implica que se inyecte a la atmósfera toneladas de contaminantes.. Además, la disminución de emisiones de gases efecto invernadero como CO<sub>2</sub>, generan efectos positivos para la economía, como se demuestra en un informe del BM (2014) para el desarrollo adaptado al cambio climático, donde se estimó que los beneficios anuales de implementar políticas para generar un crecimiento económico son de 1,8 billones de dólares aproximadamente para 2030.

En general, el consumo afecta negativamente al medio ambiente, al utilizar los recursos escasos irracionalmente para cubrir la demanda de bienes y/o servicios, y por ende, aumentar la contaminación y afecciones en la salud. Por tanto, la reducción de la contaminación del aire, requiere de normativas nacionales e internacionales en sectores clave como: transporte, gestión de residuos energéticos, construcción y agricultura. Por otro lado, el aumento de la población, representa el incremento de contaminación y agudización del agotamiento de los recursos. Además, según datos de Naciones Unidas (2018) el 60% de la población mundial, se concentra en Asia, 16% en África, 10% en Europa, 9% en Latinoamérica y el Caribe y 5% en América del Norte y Oceanía. En este sentido, está previsto que la población mundial aumente, alcanzando la cifras de 8.500, 9.700 y 11.200 millones de personas en 2030, 2050 y 2100 respectivamente.

En este contexto, es pertinente desarrollar la presente investigación para comprobar si el crecimiento económico y la densidad demográfica indican en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles ingresos, mediante técnicas de cointegración y causalidad con datos de panel, durante el periodo de estudio. Pese a que existen, varios trabajos previos de la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub>, existe poco aporte referente a la densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>. Por tanto, un trabajo que contenga a éstas variables, se consideraría un aporte de nuevo conocimiento a la comunidad científica, contribuyendo a plantear políticas.

La mayor parte de la humanidad, se empeña en alcanzar una mejor calidad de vida, pero en búsqueda de esa calidad de vida, la hemos perdido, al creer que los recursos que el planeta nos pertenecen por derecho, y no consideramos que somos parte del planeta y sino tenemos conciencia de ello, desapareceremos junto con él. Actualmente, por los daños ya ocasionados, tenemos que enfrentar las consecuencias de nuestros actos, de la forma más eficaz.

## **5. Preguntas directrices**

- ¿Cuál es la evolución y la correlación entre el crecimiento económico y densidad demográfica con las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso en el periodo 1961-2015?
- ¿Cuál es la relación a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015?
- ¿Cuál es la causalidad entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015?

### **c. JUSTIFICACIÓN**

#### **1. Justificación académica**

La presente investigación intenta establecer la relevancia del tema analizado, como estudiante de la Universidad Nacional de Loja de la Carrera de Economía perteneciente a la Facultad Jurídica, Social y Administrativa, este trabajo investigativo será de utilidad porque en él se ven reflejados y aplicados los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas correspondientes al área de estudio de la carrera. Además, resulta ser un ejercicio práctico para reforzar y adiestrar nuestras competencias para ejecutarlas en el mundo profesional. Igualmente, esta investigación pretende considerarse como un fundamento teórico y práctico para otras investigaciones. Así mismo, es un requisito necesario y exigido por la Universidad Nacional de Loja previo a la obtención del título de Economista.

## **2. Justificación económica**

A nivel mundial, los diferentes procesos productivos emiten gases contaminantes, además, las personas que habitan en un determinado territorio también emiten CO<sub>2</sub>. Por tanto, el PIB y la densidad demográfica son factores que determinan el aumento emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global, afectando negativamente a las diferentes economías. Primeramente, porque los gases contaminantes provenientes de las grandes industrias y actividades humanas, ocasionan cambios climáticos, disminuyen la cantidad de materias primas renovables y no renovables, etc. Por ende, el sector económico de cada país sufre las consecuencias. El crecimiento económico y la densidad demográfica a nivel mundial generan importantes repercusiones en el medio ambiente. Estos efectos se ven manifestados en el ámbito económico de todo país.

La presente investigación, intenta determinar el comportamiento existente entre las variables del modelo econométrico en 90 países. Además, brindará información relevante sobre la incidencia del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingresos. Partiendo de lo anterior, se podrá plantear diferentes alternativas de solución y políticas de acuerdo a los resultados obtenidos, que beneficien al comportamiento económico de cada país. Las principales herramientas que proveerá esta investigación para los gobiernos, serán políticas encaminadas al crecimiento económico sustentable y sostenible, políticas referentes al control de la densidad demográfica de acuerdo al territorio y los recursos del mismo; y sobre todo políticas ambientales que permitan reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y así mitigar los daños causados al medio ambiente. En términos generales, se aspira que se logre a nivel mundial y por grupos de países, un desarrollo económico amigable con el medio ambiente.

### **3. Justificación social**

La economía de un país está directamente relacionada con el medio ambiente, por tanto, la sociedad se ve principalmente afectada por la contaminación del mismo, siendo el lugar de procedencia de los recursos naturales no renovables. A nivel mundial se ha sugerido e insistido en una economía sostenible, relacionada con el cuidado ambiental. Socialmente, este trabajo investigativo está justificado por la importancia de un estudio de variables como el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> y que aporte positivamente al conocimiento de la sociedad, teniendo en cuenta que en los últimos años las personas, se ha vuelto partidarias a entender cómo mitigar los riesgos ambientales. Sin embargo, en la práctica somos menos competentes. Por tanto, el aporte generado por esta investigación, posibilitará el planteamiento y aplicación de políticas dirigidas al cuidado y protección del ambiente.

#### **d. OBJETIVOS**

##### **1. Objetivo general**

Examinar la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso durante el periodo 1961-2015, mediante un estudio econométrico, utilizando técnicas de cointegración y causalidad con datos de panel, con el propósito de plantear políticas para reducir los daños al medio ambiente.

## **2. Objetivos específicos**

- Analizar la evolución y la correlación entre el crecimiento económico y densidad demográfica con las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso en el periodo 1961-2015.
- Estimar la relación a corto plazo, largo plazo y la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015.
- Determinar la causalidad entre el crecimiento económico, densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso, periodo 1961-2015.

## **e. MARCO TEÓRICO**

### **1. Antecedentes**

Las elevadas emisiones de CO<sub>2</sub> 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 actuar para reducir las emisiones de gases. En este sentido, existe literatura empírica que respalda a esta investigación, es decir, investigaciones que estudian el impacto de variables similares al presente estudio como Ohlan (2015) y Rahman (2017) quienes indicaron que existe una relación entre variables.

Esta investigación combina una base teórica y otra empírica. La base teórica, está constituida por el crecimiento económico (PIBp) y emisiones de CO<sub>2</sub>. Y esta sustentada con la ECK (1955) donde la relación entre las dos variables es una curva no lineal en forma de U-invertida. Implicando que, al inicio del desarrollo, las variables tienden a ser crecientes, y

después de un cierto nivel, cuando la economía madura y tiene la capacidad de utilizar tecnologías eficientes, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen con el aumento del PIBp.

Esta hipótesis ha sido y aún es ampliamente considerada para varios estudios como Narayan y Narayan (2010) quienes determinaron que la emisión de CO<sub>2</sub> ha disminuido al aumentar los ingresos. Otros autores confirmaron la existencia de la ECK (1955) en sus trabajos, mencionando que la producción debe enfocarse en limitar el daño de la contaminación. En contraste a lo anterior, existen investigaciones como: Azam (2016) y Xu (2018) quienes rechazaron la validez de la hipótesis en sus estudios. Además, Gill, Viswanathan y Hassan (2018) concluyeron que el crecimiento de ECK (1955) requiere demasiados recursos y tiene un enorme costo ambiental.

En cuanto a la relación entre la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> no cuenta con una extensa evidencia empírica. Sin embargo, mencionamos estudios como Engelman (1994) quien mostró cómo un acuerdo internacional puede diseñarse para estabilizar los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub> en base a los principios de igualdad de acceso a la atmósfera, dinámica de la población y el consumo. Posteriormente, Engelman (1998) ilustra el impacto de las políticas de población para frenar el cambio climático, implicando reducir el tamaño de la población de acuerdo al consumo de la misma para disminuir progresivamente la contaminación ambiental.

En general, las investigaciones relacionadas con el presente estudio demuestran que el PIB y la densidad demográfica son factores importantes en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las decisiones aplicadas a estos factores, repercuten directamente en la calidad del medio ambiente y sobre todo en el bienestar de la humanidad. Por tanto, un crecimiento económico sustentable puede llevar a un desarrollo económico y un crecimiento poblacional adecuado, evitando problemas económicos, sociales, ambientales y políticos.

## **2. Fundamentación teórica**

### ***2.1 Crecimiento económico***

El crecimiento económico es entendido como un aumento del rendimiento de la actividad económica, es decir, un proceso sostenido en el que los niveles de actividad económica aumentan constantemente (Ocegueda, 2000). Además, trae oportunidades que influyen positivamente en el bienestar de la sociedad (Gambi, 2005). “El crecimiento económico se caracteriza por un aumento de la producción total de una economía. Ocurre cuando una sociedad adquiere nuevos recursos o aprende a producir más con los recursos existentes” (Case, Fair y Oster, 1996, p.68).

En general, existen razones para que un país quiera que el crecimiento económico se mantenga positivo y en aumento. Sobre todo, porque esto supone que la sociedad alcanza un nivel de vida más elevado, produce una mayor cantidad de bienes y servicios, mejores ingresos, aumento del empleo, entre otras. Sin embargo, puede conllevar a efectos negativos como el deterioro ambiental.

### ***2.2 Producto Interno Bruto (PIB)***

La medida del nivel de actividad económica (evolución de producción y riqueza) se realiza por medio del PIB (valor obtenido al multiplicar las cantidades de bienes y servicios producidos por su precio, en un país, en un año), en términos reales (Ocegueda, 2000). Igualmente, para Barreiro, Azcona y Morcillo (1999) el PIB es el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en un país durante un periodo de tiempo. Del mismo modo, Blanchard, Amighini y Giavazzi (2012) mencionan que “El PIB es el valor de los bienes y los servicios finales producidos en la economía durante un determinado periodo” (p.19).

Las definiciones anteriores probablemente resultan ser comunes y claras de comprender, sin embargo, pese a la sencillez de su definición, cuando se refiere a calcular el PIB de una determinada economía surgen varias cuestiones que tendrán repercusiones importantes sino se manejan con prudencia y responsabilidad. Usualmente se considera al PIB como el mejor indicador de los resultados de la economía, siendo el objetivo del PIB resumir en una única cifra el valor monetario de la actividad económica en un determinado tiempo.

## ***2.3 Componentes del PIB***

### *2.3.1 Consumo (C)*

Comprende bienes (alimentos, ropa, etc.) y servicios (cuidados médicos, etc.) comprados por los consumidores (Blanchard et al., 2012).

### *2.3.2 Gasto público (G)*

Bienes y servicios comprados por el estado, excepto transferencias (prestaciones y pensiones) ni los intereses pagados por deuda pública (Blanchard et al., 2012). Además, Mankiw (2012) manifiesta que incluye salarios de los trabajadores del gobierno, y el gasto en obras públicas.

### *2.3.3 Inversión (I)*

Es la suma de la inversión no residencial (plantas o máquinas) de empresas, y la inversión residencial (viviendas o apartamentos) de individuos. En ambos casos, la decisión de comprar depende de los servicios que prestarán estos bienes en el futuro (Blanchard et al., 2012).

### 2.3.4 Exportaciones netas (X-M)

Es la diferencia entre compras por extranjeros de bienes producidos internamente (Exportaciones: X) y compras domésticas de bienes extranjeros (Importaciones: M) (Mankiw, 2012). Entonces, teniendo en consideración los componentes del PIB se plantea la función del PIB de la siguiente manera:

$$\text{PIB} = C(\text{Consumo}) + G(\text{Gasto}) + I(\text{Inversión}) + (X - M)\text{Exportaciones Netas} \quad (1).$$

## 2.4 Densidad demográfica

El principal motivo e interés de la demografía se centra en la dinámica de la población en el tiempo. Además, la demografía está basada en estudiar los movimientos que se presentan en las poblaciones humanas. Los movimientos de las personas dependen de tres componentes que provocan cambios en el estado a lo largo del tiempo: nacimientos, defunciones y migración de acuerdo a (Torres-Degró, 2017). Es decir, mientras las personas nacen, mueren o se mueven, los números totales de habitantes en un área cambian.

La densidad demográfica hace referencia a la población humana total que vive en todo el mundo. Para Malthus (1846) los seres humanos pueden reproducirse a un portentoso ritmo si se dan las condiciones. Sin embargo, es necesario considerar que la cantidad de recursos es limitada, especialmente el componente tierra. Entonces, resulta evidente que a menor población en un territorio mayor será su bienestar y acceso a recursos.

El Banco Mundial (2018) define a la densidad de población (personas por kilómetro) como la población a mitad de año fraccionada por la superficie territorial en  $\text{Km}^2$ . La población está constituida por los residentes independientes de su estado legal, exceptuado a los refugiados no asentados en el país de asilo (considerados de su país de origen).

La densidad demográfica es sensible a componentes económicos, políticos, geográficos y climáticos. Entonces, se puede decir que las mayores densidades de población pertenecen en general a las grandes ciudades del mundo. Y son en esos lugares con abundante cantidad de población donde se agudizan constantemente problemas como: vivienda, transporte, fuentes de trabajo, servicios urbanos, seguridad ciudadana, etc.

## **2.5 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) es el “gas más pesado que el aire formado por la combinación de un átomo de carbono y dos de oxígeno, que se produce en las combustiones y que es uno de los principales causantes del efecto invernadero” (Real Academia Española, 2018). Por otro lado, para el Banco Mundial (2018) las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de la quema y consumo de combustibles fósiles, gas y producción del cemento. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumenta constantemente, entonces, este hecho es susceptible a un incremento de la temperatura en la Tierra denominado comúnmente como efecto invernadero (Spedding, 1981). Además, para Martínez y Díaz (2004) el aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha ido paralelo a la creciente utilización de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

## **2.6 Crecimiento económico, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub>**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> han tenido un efecto en la sociedad, siendo un factor determinante en la calidad del medio ambiente y en la actividad económica, además, resulta ser un elemento para un desarrollo sostenible. Dentro de la literatura empírica que respalda la presente investigación: Ohlan (2015) señala que existe una relación entre emisiones de CO<sub>2</sub> y factores socioeconómicos; y Rahman (2017) indicó que el uso de energía, exportaciones y densidad de población afectan adversamente la calidad ambiental a largo plazo.

Para Meadows, Meadows y Randers 1994 son cinco los problemas que la humanidad enfrentará en el futuro: crecimiento de la población, producción de alimentos, industrialización, agotamiento de los recursos naturales y contaminación. Entonces, a nivel mundial los dos factores de esta investigación están inmersos directa o indirectamente en estos cinco problemas. En general, Segura y Arriaga (2003) menciona que no existe una sola solución para un mismo problema, y estos problemas interactúan entre sí, expandiéndose por el medio.

### **3. Fundamentación legal**

La presente investigación se respaldará en los Objetivos de Desarrollo Sostenible<sup>7</sup> (ODS, 2015) establecidos por la Organización de Naciones Unidas<sup>8</sup> (ONU, 2015). Se hace referencia específicamente los Objetivos: 8,12 y13; Además, el Protocolo de Kyoto (ONU, 1997) de la convención marco sobre el cambio climático.

#### ***3.1 Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico***

Considerando el propósito de alcanzar un desarrollo económico sostenible para todos los países, las sociedades deberán crear las condiciones necesarias para acceder a una economía sin dañar el medio ambiente. Los empleos, la producción y el consumo deberán ser eficientes con los recursos que se posee un determinado territorio e intentar deslindar la idea de que solo se puede lograr un crecimiento económico con degradación ambiental (ODS, 2015).

---

<sup>7</sup> **Objetivos de Desarrollo Sostenible:** los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas que deben alcanzarse en los próximos 15 años.

<sup>8</sup> **Organización de Naciones Unidas:** Es la mayor organización internacional existente. Es una asociación de gobierno global que facilita la cooperación en asuntos como: derecho internacional, paz y seguridad internacional, desarrollo económico y social, asuntos humanitarios y derechos humanos.

### ***3.2 Objetivo 12: Producción y consumo responsables***

Este objetivo trata básicamente de temas referentes al consumo y la producción sostenible para promover el uso eficaz de los recursos y energía, mejorar el acceso a los servicios básicos y creación de empleos ecológicos. Todo ello representaría una mejor calidad de vida para las sociedades. Además, atenuaría costos económicos, ambientales y sociales, de esta manera se ampliaría la competitividad y reduciría la pobreza, mediante el apoyo tecnológico a países en desarrollo (ODS, 2015).

Actualmente, el consumo de los recursos naturales está aumentando. Asimismo, los pobladores de diferentes países continúan abordando los desafíos referentes a la contaminación; la gestión ecológica del tratamiento de productos químicos y desechos contaminantes puede reducir esta contaminación. Este objetivo, intenta obtener ganancias de actividades económicas por medio de la reducción de la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación (ODS, 2015).

### ***3.3 Objetivo 13: Acción por el clima***

En el mundo no existe un país que no haya experimentado cambios en el clima. Las emisiones de gases que ocasionan el efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub> siguen en aumento. Actualmente, estas emisiones resultan ser un 50% superior al nivel de 1990 (OMS, 2015). Además, el calentamiento global está ocasionando cambios permanentes en clima de nuestro planeta, trayendo consecuencias efectos negativos irreversibles si no acciona al respecto con prontitud. Por otro lado, las pérdidas anuales promedio causadas desastres naturales son enormes y exigen grandes inversiones.

Este objetivo intentará abordar principalmente las necesidades de países en desarrollo y ayudar a aminorar los desastres referentes al clima, estimular la educación y sensibilización temprana con respecto al cambio climático, establecer mecanismos para la gestión oportuna sobre todo en países menos adelantados y pequeños (OMS, 2015).

### ***3.4 Artículo 2 del Protocolo de Kyoto (1997)***

Con el fin de promover el desarrollo sostenible, de acuerdo al presente artículo del Protocolo de Kyoto se debe. “Aplicar y/o seguir elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales” (ONU, 1997, p. 2). Entonces, dentro de las políticas y medidas propuestas por la ONU (1997) están: protección y mejora de depósitos de gases de efecto invernadero; prácticas sostenibles con respecto a la forestación y reforestación; investigación, desarrollo y uso de formas renovables de energía; políticas de incentivo a sectores de la economía que reduzcan o eliminen la emisión de gases de efecto invernadero; entre otros.

## **f. METODOLOGÍA**

### **1. Tipo de investigación**

#### ***1.1 Explorativa***

La presente investigación será de tipo explorativa, porque se procederá a la búsqueda de información, dónde se recogerán los datos y criterios necesarios, que permitirán interpretar y evaluar la relación existente en cuanto a la incidencia del crecimiento económico, la densidad demográfica y las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso. Aplicando una metodología econométrica, basándose en un estudio de cointegración y causalidad con datos de panel durante el periodo 1961-2015.

#### ***1.2 Descriptivo***

La investigación será de tipo descriptiva, proporcionando una descripción y análisis de los aspectos referentes a la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> durante el periodo 1961-2015. Entonces, esta investigación es descriptiva porque se centra en el conocimiento de un estudio, que describe correctamente los aspectos fundamentales del fenómeno u objeto de estudio.

#### ***1.3 Correlacional***

De la misma manera, esta investigación se encuentra dentro del tipo de estudio correlacional, dado que se determinará la correlación entre el crecimiento económico, densidad demográfica y emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso durante el periodo 1961-2015. La estimación de la correlación se llevará a cabo a través de técnicas estadísticas y econométricas entre las variables del modelo.

## ***1.4 Explicativa***

Igualmente, esta investigación será de tipo explicativa, debido a que posteriormente a obtener y procesar adecuadamente la información, se procederá a identificar el comportamiento de las variables del modelo econométrico. Y mediante el oportuno estudio los resultados serán comprendidos, interpretados y explicados, con el propósito de lograr una formulación de alternativas de solución ante la problemática de investigación.

## **2. Métodos de investigación**

La presente investigación se efectuará siguiendo los lineamientos del método científico. Considerando sus modalidades o expresiones se utilizarán las siguientes:

### ***2.1. Método científico***

#### ***2.1.1 Inductivo***

El método inductivo se aplicará en la presente investigación en la recolección de datos y un análisis pertinente de los mismos para formular los enunciados basados en el tema de investigación. Además, la información obtenida aportará a tener mayores conocimientos acerca de la incidencia del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso durante el periodo 1961-2015.

#### ***2.1.2 Deductivo***

En la presente investigación, el método deductivo servirá para desarrollar el esquema de contenidos y de los capítulos. Partiendo de premisas y conceptos generales hasta llegar a casos particulares que delimiten la problemática planteada en el tema.

### *2.1.3 Analítico*

Se utilizará para el proceso de análisis de la información estadística con el objetivo de descomponer el todo en sus partes, y así poder determinar las causas-efectos del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO2 durante el periodo 1961-2015.

### *2.1.4 Sintético*

Este método se utilizará para unificar todas las partes que constituirá este tema, para llegar a una completa comprensión del mismo. Es decir, alcanzar oportunamente a la interpretación de los resultados encontrados y conseguir el cumplimiento de los objetivos previamente planteados.

### *2.1.5 Estadístico*

Se recurrirá a este método para el procesamiento de la información recolectada, presentar los resultados y dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación. Para ello se utilizarán herramientas como los programas informáticos. Posteriormente se podrá extraer resultados para ser representados gráficamente o mediante tablas y a su vez analizados, los mismos que servirán para plantear las conclusiones y recomendaciones respectivas.

## **3. Población y muestra**

Por ser una investigación que tiene un enfoque global no se desarrollará el proceso de cálculo de una muestra. La población de la presente investigación está basada en datos de la base de datos del WDI (2018) publicada en la página oficial del BM (2017). Los datos utilizados de acuerdo a las variables del modelo econométrico durante el periodo 1961-2015 para su posterior interpretación y análisis. La presente investigación se desarrollará para 90

países del mundo, considerando su nivel de ingresos, tomando al Método Atlas propuesto por el BM (2018) como base para la clasificación de los países. A continuación, se presenta las clasificaciones personalizadas de países: PIEA, PIA, PIMA, PIMB, PIB y PIEB. Se sostiene que se efectuarán las respectivas estimaciones mediante el manejo de datos históricos de fuentes oficiales de las bases de datos del BM (2017).

**Tabla 1.** Clasificación personalizada de los países analizados en base al método ATLAS

| <b>Clasificación</b>  | <b>Países</b>   |
|---|---|
| Países de Ingresos<br>Extremadamente Altos – (PIEA)<br>2 países | Noruega y Suiza   |
| Países de Ingresos Altos – (PIA)<br>20 países                   | Australia, Austria, Canadá, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Francia, Guam, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Macao SAR (China), Países Bajos, Nueva Zelanda, Singapur, España, Suecia, Reino Unido, Estados Unidos.                           |
| Países de Ingresos Medios Altos – (PIMA)<br>9 países            | Antigua y Barbuda, Barbados, Chile, Gabón, Grecia, Malta, Portugal, Trinidad y Tobago, Venezuela (RB).  |
| Países de Ingresos Medios Bajos – (PIMB)<br>22 países           | Argelia, Argentina, Botswana, Brasil, Bulgaria, Colombia, Costa Rica, Cuba, Rep. Dominicana, Ecuador, Guinea Ecuatorial, Iran (Rep. Islámica), Jordán, Corea (Rep.), Malaysia, Mauricio, México, Panamá, Perú, Sudáfrica, Turquía, Uruguay. |
| Países de Ingresos Bajos – (PIB).<br>19 países                  | Belice, Bolivia, Camerún, Congo (Rep.), Egipto, El Salvador, Indonesia, Mauritania, Marruecos, Nicaragua, Nigeria, Paraguay, Filipinas, Sri Lanka, Suazilandia, Tailandia, Túnez, Zambia, Zimbabue.   |
| Países de Ingresos Extremadamente Bajos – (PIEB).<br>18 países  | Bangladesh, Benín, Burkina Faso, Congo (Dem. Rep.), Gambia, Haití, India, Kenia, Madagascar, Mali, Mozambique, Pakistán, Ruanda, Senegal, Sierra Leona, Sudan, Togo, Uganda.  |

**Fuente:** Banco Mundial (2017).

#### **4. Técnicas de investigación e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.1 Técnicas**

###### **4.1.1 Bibliográfica**

La investigación será bibliográfica, porque se utilizará información de fuentes secundarias como: publicaciones, artículos científicos, libros, revistas, internet, bibliotecas virtuales. Esta técnica es importante porque permitirá recolectar información para desarrollar la investigación.

#### *4.1.2 Estadística*

Esta técnica será utilizada para analizar los datos encontrados en la investigación, para transformarlos en información cuantitativa y extraer conclusiones y recomendaciones.

#### *4.1.3 Correlación*

El uso de la correlación y sus pruebas y evaluación se utilizarán para ver el grado de asociación entre las variables del modelo econométrico.

### **4.2 Instrumentos de recolección de datos**

#### *4.2.1 Paquetes de software estadísticos*

Este instrumento de paquetes de software se utilizará para procesar los datos e información de los resultados de la investigación.

## **5. Tratamiento de los datos**

### *5.1 Análisis de datos*

La presente investigación se elaborará utilizando la base de datos del WDI (2018) del BM (2017). Las variables que se aplicarían son de panel durante el periodo 1961-2015, las variables se emplearán para todos los países son: PIBp (\$ constantes de 2010) para medir el crecimiento económico; la densidad demográfica será medida por la densidad de la población (personas por **km** de área de tierra); y las emisiones de CO2 serán medidas por las emisiones de CO2 en Kilotoneladas (Kt). Además, consideramos un modelo de datos de panel siendo un estudio de cointegración y causalidad.

Para obtener diferentes efectos entre diferentes grupos de países de acuerdo a su nivel de ingresos, esta investigación personaliza la clasificación de los datos para 90 países en seis grupos basados en el método Atlas propuesto por el BM (2017) de la siguiente manera: PIEB (\$1.000 o menos), PIB (\$1.001-\$3.000), PIMB (\$3.001-\$10.000), PIMA (\$10.001-\$20.000), PIA (\$20.001-\$50.000) y PIEA (\$50.001 o más). Mediante el análisis de datos, se efectuará el modelo econométrico utilizando datos en panel, donde se desarrollará un análisis para establecer el comportamiento de las variables durante el período de análisis.

La metodología está constituida por un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios Generalizados (GLS); Pruebas de raíz unitaria: Dickey y Fuller Augmented (1979); Phillips y Perron (1988); Levin, Lin y Chu (2002); Im, Pesaran y Shin (2003); y Breitung (2002). Para encontrar equilibrio a largo y corto plazo se aplicó la prueba de cointegración de Pedroni (1999) y el modelo de corrección de errores de Westerlund (2007) respectivamente; Además, utilizamos la prueba de causalidad propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012). Conjuntamente, estimamos la fuerza del vector de cointegración para cada país con el modelo de DOLS y para los grupos de países se aplicó un modelo de PDOLS.

## ***5.2 Formalización econométrica***

La presente investigación se desarrollará con un análisis de datos de panel para reducir el error en la medición y disminuir en lo posible sesgo por omisión de variables. Entonces, para examinar la relación entre las variables de la presente investigación, se adjudica que las emisiones de CO<sub>2</sub> están en función del PIBp y de la densidad demográfica. Y se aplicarán regresiones estáticas y dinámicas, además, de las respectivas pruebas de cointegración y causalidad.

Cabe mencionar que esta investigación estará conformada de dos partes, una teórica respaldada por la hipótesis de la ECK (1955) y la otra parte es una relación empírica basada en trabajos desarrollados al o largo del tiempo. Como resultado de esta combinación de relaciones se presenta la siguiente ecuación:

$$\log(\text{CO2}_{i,t}) = (\gamma_0 + \delta_0) + \gamma_1 \log(\text{PIBp}_{i,t}) + \gamma_2 \log(\text{PIBp}_{i,t}^2) + \gamma_3 \log(\text{POB}_{i,t}) + \theta_{i,t} \quad (2).$$

Donde  $\log(\text{CO2}_{i,t})$  es la variable dependiente que representa el logaritmo de emisiones de CO2 en Kt. Las variables independientes son:  $\log(\text{PIBp}_{i,t})$  el logaritmo del PIBp; logaritmo del PIBp al cuadrado  $\log(\text{PIBp}_{i,t}^2)$ ; y  $\log(\text{POB}_{i,t})$  logaritmo de densidad de población. El subíndice  $it$ , indica el valor del país  $i$  en el período  $t$ , donde  $i = 1, \dots, 90$  y  $t = 1961, \dots, 2015$ .

Para garantizar que la serie no tenga el problema de la raíz unitaria, se utilizarán las pruebas de: Dickey y Fuller Augmented (1979); Phillips y Perron (1988); Levin, Lin y Chu (2002); Im, Pesaran y Shin (2003); y Breitung (2002) que se estiman a partir de:

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

Donde  $\alpha_0$  es la intersección y  $\alpha_1$  captura el efecto de tendencia del tiempo  $t$ ;  $\varepsilon_t$  es el error gaussiano, y  $p$  representa la longitud del desfase. Para determinar el equilibrio largo plazo se utilizará la prueba de cointegración de Pedroni (1999) con base en la siguiente ecuación:

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

Los parámetros  $\beta$ ,  $\omega$  y  $\pi$  son los parámetros a estimar, y el término  $\text{ECT}_{t-1}$  es el vector de cointegración de equilibrio a largo plazo. El equilibrio a corto plazo se determinará con la prueba de Westerlund (2007) en base a:

$$y_{i,t} = \delta_i d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta_i' X_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \gamma_{ij} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (5).$$

Donde el término  $d_t$  es el componente determinista y  $X_{i,t}$  es el vector  $k$ -dimensional aleatorio. La fortaleza de la relación entre las variables en cada país se estimará con el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos (DOLS) y para los grupos de países se aplicará un modelo de Panel Dinámico con Mínimos Cuadrados Ordinarios (PDOLS). La siguiente ecuación plantea la relación entre las variables:

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

Dónde  $y_{i,t}$  son las emisiones de CO<sub>2</sub>,  $i = 1, 2, \dots, 90$  países,  $t = 1, 2, \dots, T$  es el momento,  $p = 1, 2, \dots, P$  es el número de retrasos y avances en la regresión DOLS. El estimador PDOLS se promedia a lo largo de la dimensión entre los grupos, y la hipótesis nula establece que  $\beta_i = \beta_0$ . Finalmente, se utilizará la prueba de Dumitrescu y Hurlin (2012) para determinar la existencia de causalidad entre las variables usando:

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

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

### **5.3 Procedimiento de la investigación**

El desarrollo de la presente investigación, se respaldará en el siguiente procedimiento:

- 1) Decidir el tema y título de la investigación. En este caso en específico, la incidencia del crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global y por niveles de ingreso: un estudio de cointegración y causalidad con datos de panel, periodo 1961-2015.
- 2) Obtener los datos de las variables respectivas al tema de investigación del WDI (2018) emitida por el BM.
- 3) Interpolarse los datos de cada variable para el correcto desarrollo del tema de estudio. En otras palabras, para lograr establecer una base de datos de panel perfectamente equilibrada, es necesario a suprimir datos de países y años que no cuenten con suficientes datos.
- 4) Agrupar a los países considerados para la investigación de acuerdo a su nivel de ingresos y luego clasificarlos según corresponda en: PIEA, PIA, PIMA, PIMB, PIB y PIEB.
- 5) Plantear el modelo y formular las ecuaciones econométricas de las pruebas de: raíz unitaria; relación de equilibrio a corto y largo plazo; fuerza del vector de cointegración para cada país y por grupos de países; y causalidad entre las variables para su posterior estimación.
- 6) Construir el marco teórico, considerando las investigaciones previas del tema que se puedan utilizar como antecedentes, adicionalmente evidencia teórica que respalde el estudio; y fundamentaciones tanto teóricas como legales.
- 7) Delimitar la metodología que se va a desarrollar, determinar el tipo de investigación, técnicas e instrumentos que se van a utilizar.

- 8) Examinar la información descriptiva, sin dejar de lado las observaciones requeridas se sustenten la base teórica y proponer ideas propicias al tema de estudio.
- 9) Cumplir con los objetivos específicos planteados, mediante estimaciones econométricas.
- 10) Discutir los resultados obtenidos de cada objetivo específico con la evidencia empírica.
- 11) Establecer las conclusiones y proponer implicaciones de política; basándose en los resultados y las conclusiones de la investigación respectivamente.
- 12) Efectuar continuas revisiones al estudio con el correspondiente director, para realizar las correcciones y elaborar el informe escrito de la investigación para su presentación correctamente.

## **g. ESQUEMA DE CONTENIDOS**

La Tesis será efectuada mediante el siguiente esquema:

- a) Título
- b) Resumen  
    Abstract
- c) Introducción
- d) Revisión de literatura
- e) Materiales y métodos
- f) Resultados
- g) Discusión
- h) Conclusiones
- i) Recomendaciones
- j) Bibliografía
- k) Anexos

## h. CRONOGRAMA

La investigación tendrá una duración de 7 meses a partir del mes de octubre del 2018, de acuerdo al siguiente cronograma.

| Actividades  | 2018    |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   | 2019    |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
|--|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|
|  | Meses   |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
|  | Octubre |   |   |   | Noviembre |   |   |   | Diciembre |   |   |   | Enero |   |   |   | Febrero |   |   |   | Marzo |   |   |   | Abril |   |   |   | Mayo |   |   |   |
|  | 1       | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 |
| Elección del tema y elaboración del proyecto de tesis          |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Corrección del proyecto de tesis                               |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Presentación y aprobación del proyecto de tesis                |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Revisión de literatura   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Elaboración del instrumento                                    |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Recolección y elaboración de base de datos                     |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Análisis de resultados   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Redacción de conclusiones y recomendaciones                    |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Presentación del borrador de la tesis                          |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Revisión del informe escrito del borrador de tesis             |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Presentación de la documentación para obtener la aptitud legal |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Corrección del informe escrito del borrador de la tesis        |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Aprobación del informe escrito del borrador de la tesis        |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Presentación de la solicitud para la defensa privada           |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Sustentación privada   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Corrección de la tesis   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Presentación de la versión final de la tesis                   |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |
| Disertación de la tesis publica                                |         |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |      |   |   |   |

## i. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

### 1. Presupuesto.

Para desarrollar éste trabajo investigativo, la autora incurrirá en los siguientes gastos:

**Tabla 2.** Presupuesto para trabajo de investigación

| <b>Detalle</b>           | <b>Unidad de Medida</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Valor Unitario (\$)</b> | <b>Valor Total (\$)</b> |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Elaboración del proyecto |                          |                 | 100,00                     | 100,00                  |
| Material bibliográfico   |                          |                 |                            | 50,00                   |
| Material de escritorio   |                          |                 |                            | 50,00                   |
| Anillados                | Unidad                   | 4               | 1,50                       | 6,00                    |
| Impresiones              | Hojas                    | 800             | 0,10                       | 80,00                   |
| Copias                   | Hojas                    | 100             | 0,03                       | 30,00                   |
| Papel bond               | Resmas                   | 5               | 4,50                       | 22,50                   |
| Transporte               | Días durante el semestre | 120             | 0,90                       | 108,00                  |
| Flash Memory             | Unidad                   | 15,00           | 1                          | 15,00                   |
| Empastados               | Unidad                   | 8               | 10,00                      | 80,00                   |
| CD                       | Unidad                   | 4               | 1,50                       | 6,00                    |
| Servicio de internet     | Mes                      | 6               | 20,00                      | 120,00                  |
| Trámites legales         |                          |                 |                            | 120,00                  |
| Otros                    |                          |                 |                            | 50,00                   |
| <b>TOTAL</b>             |                          |                 |                            | <b>932,00</b>           |

**Fuente y Elaboración:** La autora

### 2. Financiamiento.

Para desarrollar el presente trabajo investigativo, se contará con el financiamiento del 100% de recursos de la autora.

## **j. BIBLIOGRAFÍA**

- Azam, M. (2016). Does environmental degradation shackle economic growth? A panel data investigation on 11 Asian countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 175-182.
- Banco Mundial. (2014). Nuevo informe cuantifica beneficios del desarrollo adaptado al cambio climático en la protección de vidas, la creación de empleos y el crecimiento del PIB.
- Banco Mundial. (2017). Gráfica: Las emisiones de CO2 aumentaron 60 % entre 1990 y 2013.
- Banco Mundial. (2017). Nuevas clasificaciones de los países según su nivel de ingreso: 2017-18.
- Banco Mundial. (2018). Densidad de población (personas por kilómetro).
- Banco Mundial. (2018). Emisiones de CO2 (kt).
- Barreiro Pereira, F., Azcona, J. L., y Morcillo, F. M. (1999). *Macroeconomía intermedia*. McGraw-Hill Interamericana de España SAU, Madrid.
- Blanchard, O., Amighini, A., y Giavazzi, F. (2012). *Macroeconomía*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Breitung, J. (2002). Nonparametric tests for unit roots and cointegration. *Journal of Econometrics*, 108(2), 343-363.
- Case, K. E., Fair, R. C., y Oster, S. M. (1996). *Principles of microeconomics* (ed.11. pág. 507). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Dickey, D. A., y 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.
- Dumitrescu, E. I., y Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Engelman, R. (1994). Stabilizing the atmosphere: population consumption and greenhouse gases.
- Engelman, R. (1998). Profiles in carbon: an update on population consumption and carbon dioxide emissions.
- Foro Económico Mundial (2018). Informe Global de Riesgos 2018 – Resumen Ejecutivo.
- Gambi, M. O. (2005). *Pobreza, crecimiento económico y políticas sociales*. Editorial Universitaria.
- Gill, A. R., Viswanathan, K. K., y Hassan, S. (2018). The environmental Kuznets curve (EKC) and the environmental problem of the day. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(May), 1636–1642.

- Im, K. S., Pesaran, M. H., y Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), (Marzo), 1-28.
- Levin, A., Lin, C. F., y Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1–24.
- Malthus, T. R. (1846). *Ensayo sobre el principio de la población*. L. Gonzalez.
- Martínez, E., y Díaz, Y. (2004). *Contaminación atmosférica (Vol. 45)*. Universidad de Castilla La Mancha.
- Mankiw, N. G. (2012). *Principios de Economía, Sexta Edición* (pág. 498). México D.F: D.R. 2012 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Meadows, D., Meadows, D., y Randers, J. (1994). *Los límites del crecimiento*. Madrid: El País/Aguilar.
- Naciones Unidas. (2018). Población. Recuperado de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Narayan, P. K., y Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661–666.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos*.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*.
- Ocegueda, J. M. (2000). *Crecimiento y desarrollo económico--el estado actual del debate*. Uabc.
- 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.
- Organización Mundial de la Salud. (2014). *La OMS establece parámetros para reducir los daños para la salud debidos a la contaminación del aire de interiores*.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Cambio climático y salud*.
- Organización de Naciones Unidas. (1997). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Organización de Naciones Unidas. (2018). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*.

- Owen, O. S. (2008). Conservación de recursos naturales (pág. 1). Editorial Pax México.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653-670.
- Phillips, P., y Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75, 335-346.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2016). Panel Internacional de Recursos.
- 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(September 2016), 506–514.
- Real Academia Española. (2018). Dióxido de Carbono.
- Spedding, D. J. (1981). Contaminación atmosférica. Reverté.
- Segura, L. M. S., y Arriaga, J. A. L. (2003). Principios básicos de contaminación ambiental. UAEM.
- Torres-Degró, A. (2017). Tasas de crecimiento poblacional ( $r$ ): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital (Etapa I)*, 2(1), 143-162.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748.
- World Bank, (2018). World Development Indicators. World Bank Open Data. The World Bank Group, <http://data.worldbank.org>.
- Xu, T. (2018). Investigating Environmental Kuznets Curve in China—Aggregation bias and policy implications. *Energy Policy*, 114 (June 2017), 315-322.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |     |
|--|-----|
| <b>PORTADA</b> .....                               | i   |
| <b>CERTIFICACIÓN</b> .....                         | ii  |
| <b>AUTORÍA</b> .....                               | iii |
| <b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b> .....                 | iv  |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                           | v   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                        | vi  |
| <b>ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN</b> ..... | vii |
| <b>ESQUEMA DE CONTENIDOS</b> .....                 | ix  |
| <b>a. TÍTULO</b> .....                             | 1   |
| <b>b. RESUMEN</b> .....                            | 2   |
| <b>c. INTRODUCCIÓN</b> .....                       | 4   |
| <b>d. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....             | 9   |
| 1. Antecedentes .....                              | 9   |
| 2. Fundamentación teórica .....                    | 12  |
| 2.1 Crecimiento económico .....                    | 12  |
| 2.2 Producto Interno Bruto (PIB) .....             | 12  |
| 2.2.1 Definición .....                             | 12  |
| 2.2.2 Componentes .....                            | 13  |
| 2.2.2.1 Consumo (C) .....                          | 13  |
| 2.2.2.2 Gasto público (G).....                     | 13  |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2.3 <i>Inversión (I)</i> .....  | 13 |
| 2.2.2.4 <i>Exportaciones netas (X-M)</i> .....                                    | 14 |
| 2.2.3 Cálculo.....  | 15 |
| 2.2.3.1 <i>El PIB como producto final</i> .....                                   | 15 |
| 2.2.3.2 <i>El PIB como gasto total</i> .....                                      | 15 |
| 2.2.3.3 <i>El PIB como equivalente a la renta</i> .....                           | 15 |
| 2.2.4 Tipos .....   | 16 |
| 2.2.4.1 <i>PIB real</i> .....   | 16 |
| 2.2.4.2 <i>PIB nominal</i> .....  | 16 |
| 2.2.4.3 <i>PIB per capita</i> .....   | 17 |
| 2.3 Densidad demográfica .....  | 17 |
| 2.3.1 Crecimiento demográfico .....   | 18 |
| 2.3.1.1 <i>Causas del crecimiento demográfico</i> .....                           | 19 |
| 2.3.1.2 <i>Las consecuencias del crecimiento demográfico</i> .....                | 20 |
| 2.4 Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) .....                                   | 21 |
| 2.5 Relación entre PIB, Densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> ..... | 21 |
| 2.6 Relación entre crecimiento económico y emisiones de CO <sub>2</sub> .....     | 22 |
| 2.7 Relación entre densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> .....      | 24 |
| 3. Fundamentación legal .....   | 25 |
| 3.1 Objetivo 8: trabajo decente y crecimiento económico.....                      | 26 |
| 3.2 Objetivo 12: producción y consumo responsables .....                          | 26 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3 Objetivo 13: acción por el clima.....          | 27        |
| 3.4 Artículo 2 del protocolo de Kyoto (1997) ..... | 28        |
| 3.5 Artículo 6 del acuerdo de París (2015) .....   | 28        |
| <b>e. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                | <b>29</b> |
| 1. Materiales.....                                 | 29        |
| 2. Contexto.....                                   | 29        |
| 3. Participantes.....                              | 29        |
| 4. Tipo de investigación.....                      | 29        |
| 4.1 Explorativa.....                               | 29        |
| 4.2 Descriptivo.....                               | 30        |
| 4.3 Correlacional.....                             | 30        |
| 4.4 Explicativa .....                              | 30        |
| 5. Métodos.....                                    | 30        |
| 5.1 Métodos de investigación .....                 | 30        |
| 5.1.1 Método científico.....                       | 31        |
| 5.1.1.1 Inductivo.....                             | 31        |
| 5.1.1.2 Deductivo .....                            | 31        |
| 5.1.1.3 Analítico .....                            | 31        |
| 5.1.1.4 Sintético .....                            | 31        |
| 5.1.1.5 Estadístico .....                          | 32        |
| 6. Población y muestra.....                        | 32        |

|  |    |
|--|----|
| 7. Técnicas de investigación e instrumentos de recolección de datos .....  | 35 |
| 7.1 Técnicas .....   | 35 |
| 7.1.1 Bibliográfica .....  | 35 |
| 7.1.2 Estadística .....  | 35 |
| 7.1.3 Correlación .....  | 35 |
| 7.2 Instrumentos de recolección de datos .....   | 35 |
| 7.2.1 Paquetes de software estadísticos .....  | 35 |
| 8. Tratamiento de los datos .....  | 36 |
| 8.1 Análisis de datos .....  | 36 |
| 8.2 Formalización econométrica .....   | 37 |
| 8.3 Procedimiento de la investigación .....  | 42 |
| <b>f. RESULTADOS</b> .....   | 44 |
| 1. Objetivo específico 1 .....   | 44 |
| 1.1 Evolución del crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones<br>de CO <sub>2</sub> .....                  | 44 |
| 1.2 Correlación del crecimiento económico y las emisiones de CO <sub>2</sub> .....   | 47 |
| 1.3 Correlación de la densidad demográfica y las emisiones de CO <sub>2</sub> .....  | 51 |
| 2. Objetivo específico 2 .....   | 55 |
| 2.1 Estimación del modelo entre el crecimiento económico y densidad demográfica<br>en las emisiones de CO <sub>2</sub> ..... | 55 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2 Pruebas de raíces unitarias para el crecimiento económico, la densidad demográfica y las emisiones de CO <sub>2</sub> .....                      | 58 |
| 2.3 Estimar la relación de corto plazo entre el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....            | 60 |
| 2.4 Estimar la relación de largo plazo entre el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....            | 61 |
| 2.5 Estimar la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> ..... | 63 |
| 3. Objetivo específico 3 .....   | 66 |
| 3.1 Determinar la causalidad entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....                         | 66 |
| <b>g. DISCUSIÓN</b> .....  | 69 |
| 1. Objetivo específico 1 .....   | 69 |
| 1.1 Evolución y correlación entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....                          | 69 |
| 1.2 Correlación del crecimiento económico y las emisiones de CO <sub>2</sub> .....   | 70 |
| 1.3 Correlación de la densidad demográfica y las emisiones de CO <sub>2</sub> .....  | 71 |
| 2. Objetivo específico 2 .....   | 72 |
| 2.1 Estimación del modelo entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....                            | 72 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.2 Pruebas de raíces unitarias para el crecimiento económico, la densidad demográfica y las emisiones de CO <sub>2</sub> .....                      | 75  |
| 2.3 Estimar la relación de corto plazo entre el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....            | 76  |
| 2.4 Estimar la relación de largo plazo entre el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....            | 77  |
| 2.5 Estimar la fuerza del vector de cointegración entre el crecimiento económico y la densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> ..... | 78  |
| 3. Objetivo específico 3 .....   | 79  |
| 3.1 Determinar la causalidad entre el crecimiento económico y densidad demográfica en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....                         | 79  |
| <b>h. CONCLUSIONES</b> .....   | 80  |
| <b>i. RECOMENDACIONES</b> .....  | 83  |
| <b>j. BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 86  |
| <b>k. ANEXO</b> .....  | 95  |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....  | 131 |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....   | 137 |
| <b>ÍNDICE DE MAPAS</b> .....   | 138 |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....  | 139 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Evolución del PIB per cápita, densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> a nivel global, durante el período 1961-2015 .....         | 44 |
| <b>Figura 2.</b> Evolución del PIB per cápita, densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015 ..... | 46 |
| <b>Figura 3.</b> Correlación del PIB per cápita y emisiones de CO <sub>2</sub> a nivel global, durante el período 1961-2015 .....                             | 47 |
| <b>Figura 4.</b> Correlación del PIB per cápita y emisiones de CO <sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015 .....                     | 48 |
| <b>Figura 5.</b> Correlación de la densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> a nivel global, durante el período 1961-2015 .....                     | 51 |
| <b>Figura 6.</b> Correlación de la densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015 .....             | 52 |

## ÍNDICE DE MAPAS

|   |      |
|---|------|
| <b>Mapa 1.</b> Mapa político del Mundo .....  | viii |
| <b>Mapa 2.</b> Correlación espacial entre el PIB per cápita y las emisiones de CO <sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015 .....       | 50   |
| <b>Mapa 3.</b> Correlación espacial entre la densidad demográfica y las emisiones de CO <sub>2</sub> por niveles de ingreso, durante el período 1961-2015 ..... | 54   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Lista de materiales .....  | 29 |
| <b>Tabla 2.</b> Clasificación ajustada de los países analizados en base al método atlas .....            | 34 |
| <b>Tabla 3.</b> Estadísticos descriptivos .....  | 37 |
| <b>Tabla 4.</b> Relación entre PIB per cápita, densidad demográfica y emisiones de CO <sub>2</sub> ..... | 56 |
| <b>Tabla 5.</b> Pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia.....                                   | 59 |
| <b>Tabla 6.</b> Resultados de VECM de Westerlund .....   | 61 |
| <b>Tabla 7.</b> Resultados del test de cointegración de Pedroni.....                                     | 62 |
| <b>Tabla 8.</b> Resultados del modelo DOLS para los países individualmente .....                         | 64 |
| <b>Tabla 9.</b> Resultados del modelo PDOLS por grupos de países.....                                    | 65 |
| <b>Tabla 10.</b> Resultados del test de causalidad.....  | 68 |