



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

CARRERA DE ECONOMÍA

Título

**“DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE
PANEL, PERIODO 1990 – 2016”**

Tesis previa a la obtención del grado de economista

AUTORA: Leidy Carolina Caraguay Gómez

DIRECTOR DE TESIS: Eco. Pablo Vicente Ponce, Mg. Sc.

**LOJA – ECUADOR
2019**



Loja, 20 de marzo de 2019

Eco. Pablo Vicente Ponce Ochoa MSc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE ECONOMÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado **“DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL, PERIODO 1990–2016”**, desarrollado por **LEIDY CAROLINA CARAGUAY GÓMEZ**, estudiante egresada de la Carrera de Economía, previo a la obtención del Grado de Economista, ha sido realizado bajo mi dirección, control y supervisión, cumpliendo los requerimientos establecidos en el Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja, la misma que ha sido culminada satisfactoriamente con un avance del 100%, motivo por el cual autorizo su presentación para que continúe con los siguientes trámites respectivos.

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

Eco. Pablo Vicente Ponce Ochoa MSc.
DIRECTOR DE TESIS

FECHA: 20-03-2019
HORA: 16:40

AUTORÍA

Yo, Leidy Carolina Caraguay Gómez, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis, titulada **“DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL, PERIODO 1990 – 2016”** y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

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

Autor: Leidy Carolina Caraguay Gómez

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'L. Caraguay', written over a horizontal line.

Cédula: 1900740901

Fecha: Loja 18-06-2019

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

Yo, Leidy Carolina Caraguay Gómez, declaro ser autora de la Tesis titulada **“DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL, PERIODO 1990 – 2016”**, como requisito para optar por el grado de **ECONOMISTA**.

Además, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copias de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días del mes de junio del dos mil diecinueve, firma el autor.

Firma:



Autor: Leidy Carolina Caraguay Gómez
Cédula: 1900740901
Dirección: Loja
Correo electrónico: LeidyCarolinaC96@gmail.com
Teléfono: 07 – 2552305
0988449118

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Econ. Pablo Vicente Ponce, Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Econ. Johana Magaly Alvarado Espejo, Mg. Sc.	Presidenta
Econ. José Rafael Alvarado López, Mg. Sc.	Vocal 1
Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva, Mg. Sc.	Vocal 2

DEDICATORIA

La presente tesis de investigación está dedicada a mis padres: Segundo Caraguay y Janeth Gómez, quienes, a lo largo de mi vida siempre han estado presentes en los buenos y malos momentos, que, con su amor incondicional, sus valores y consejos me han permitido ser una persona de bien, enseñarme a creer en mí misma y ser consciente que cuando realmente se quiere lograr una meta, no importa los obstáculos que se tenga en el camino, siempre hay que saber levantarse y seguir luchando hasta alcanzarla.

Leidy Carolina Caraguay Gómez

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser el motor y guía principal de mi vida, por consagrarme sabiduría en mis estudios y acompañarme en cada momento.

A mis padres y hermanos, que con su apoyo, esfuerzo y dedicación me brindaron todas las herramientas necesarias para lograr culminar mis estudios universitarios. Gracias por ser mi inspiración, por sus consejos y que sin importar cualquier adversidad que se presente, ustedes siempre van a estar para ayudarme a seguir creciendo como persona y como profesional. Son las personas que más amo en el mundo, mi razón de ser.

A mi tutor de tesis Eco. Pablo Ponce por su excelente guía y asesoramiento en la realización de esta investigación. Y a todos mis docentes, por compartir sus conocimientos y disponibilidad para resolver cualquier inquietud que se me presentara en el desarrollo de mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera estuvieron presentes, brindándome soporte y ayuda en este proceso.

Leidy Carolina Caraguay Gómez

ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN											
BIBLIOTECA: Facultad Jurídica Social y Administrativa											
TIPO DE DOCUMENTO	AUTOR/NOMBRE DEL DOCUMENTO	FUENTE	FECHA / AÑO	ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN							NOTAS OBSERVACIÓN
				INTERNACIONAL	NACIONAL	REGIONAL	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	OTRAS DEGRADACIONES	
TESIS	Leidy Carolina Caraguay Gómez “DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL, PERIDO 1990 – 2016”.	UNL	2019	20 países PIA ¹ PIMA ² PIMB ³	--	--	--	--	--	--	Economista

¹PIA = países de ingresos altos

²PIMA = países de ingresos medios altos

³PIMB = países de ingresos medios bajos



Figura 1. Cobertura geográfica de la investigación

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1990 – 2016)

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 LA LITERATURA	7
e. MATERIALES Y MÉTODOS	37
f. RESULTADOS.....	49
g. DISCUSIÓN	65
h. CONCLUSIONES	73
i. RECOMENDACIONES.....	75
j. BIBLIOGRAFÍA	76
k. ANEXOS	93

a. TÍTULO

“DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL, PERIODO 1990 – 2016”.

b. RESUMEN

La contaminación atmosférica es un problema que se ha incrementado notablemente a consecuencia de las diversas actividades antropogénicas realizadas por el hombre para su desarrollo, representando un gran riesgo para la humanidad, ecosistema e influir negativamente a la economía=. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo general examinar la relación entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe en el período 1990-2016, mediante un estudio descriptivo y econométrico de datos de panel. Las variables independientes son el crecimiento económico, uso de energía fósil y población total; la variable dependiente es el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como medida de la contaminación atmosférica. Se utilizó modelos de datos de panel empleando la prueba de cointegración de Pedroni (1999) y Westerlund (2007) a fin de identificar la relación de equilibrio a largo y corto plazo, respectivamente, y el modelo de Granger (1988), basado en la prueba propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012) para verificar la causalidad entre las variables. Los resultados revelaron que el crecimiento económico, el uso de energía fósil y la población total influyen significativamente sobre la contaminación atmosférica. Para la aplicación de políticas públicas se sugiere implementar medidas para reducir las emisiones de GEI en la atmósfera, reemplazando el uso de fuentes de energía fósil con fuentes de energía renovable e incentivar al sector público y privado a invertir en energías limpias para su producción.

Palabras clave: Contaminación Atmosférica. Gases de efecto invernadero. Crecimiento económico. Energía fósil. Población. Datos de Panel. Econometría. América Latina y el Caribe

Clasificación JEL: C51. N76. O13. Q4. Q53. Q54.

ABSTRACT

Air pollution is a problem that has increased notably as a result of the various anthropogenic activities carried out by man for his development, representing a great risk for humanity, ecosystem and negatively influencing the economy. In this context, this research has the general objective to examine the relationship between atmospheric pollution and he's determinants in Latin America and the Caribbean in the period 1990-2016, through a descriptive and econometric study of panel data. The independent variables are economic growth, fossil energy use and total population; the dependent variable is the total of greenhouse gas emissions (GHG) as a measure of air pollution. We used panel data models using the cointegration test of Pedroni (1999) and Westerlund (2007) in order to identify the equilibrium relationship in the short and long term, respectively, and Granger's model (1988), based on the test proposed by Dumitrescu and Hurlin (2012) to verify the causality between the variables. The results revealed that economic growth, the use of fossil energy and the total population have a significant influence on air pollution. For the application of public policies, the level of development of each economy in the region must be considered in order to reduce emissions and achieve sustainable economic growth.

KEYWORDS: Atmospheric pollution. Greenhouse gases. Economic growth. Fossil energy Population. Panel Data. Econometrics. Latin America and the Caribbean

JEL Classification: C51. N76. O13. Q4. Q53. Q54.

c. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se basa en la acumulación de gases contaminantes que alteran la calidad del aire e inciden negativamente en la salud de las personas, economía y el ecosistema. Además de ser los principales responsables del cambio climático (Parra, 2003). La mayor parte de la contaminación atmosférica es producida por actividades antropogénicas generadas por el hombre y su afán de mejorar continuamente su calidad de vida, a través de la producción de energía, actividades industriales, actividades agrícolas, explotación de recursos naturales, y eliminación de residuos (Aránguez et al., 1999).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) se estima que en América Latina y el Caribe en el 2010 murieron aproximadamente 64 mil personas como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. En el mismo año también se presentó una pérdida del rendimiento de los cultivos (soja, maíz, trigo y arroz) estimada en 7,4 millones de toneladas. Se prevé que si no se toman medidas para disminuir la contaminación atmosférica en el año 2050 es muy posible que la mortalidad prematura anual se duplique y las pérdidas anuales de los cultivos asciendan a nueve millones de toneladas. Afectando directamente las economías nacionales y su desarrollo económico.

En la economía, varias investigaciones como las de Grossman - Krueger (1991), Low y Yeats (1992), Rothman (1998) atribuyen al crecimiento económico como un factor negativo para el medio ambiente hasta llegar a un punto límite, en donde, el crecimiento logra una disminución de la contaminación. Esta teoría es conocida como curva medioambiental de Kuznets (CMK) introducida por Panayotou (1993), la hipótesis establece que el desarrollo económico y contaminación ambiental asumen una forma de U-invertida, en donde, el crecimiento del PIB aumenta la contaminación hasta cierto nivel de ingreso, a partir del cual, los niveles de contaminación empiezan a disminuir (Liobikienė y Butkus, 2017).

En la actualidad, existe una amplia evidencia empírica que estudia la relación entre la contaminación y sus determinantes, por ejemplo Ito (2017), Sheinbaum, Ruíz, y Ozawa (2011) en sus estudios realizados en algunas economías en desarrollo (Albania, Bolivia, Brasil, México, Colombia, Ecuador, Malasia, etc.) y desarrolladas (Argentina, Chile, Canadá, etc.) corroboraron la teoría de U-invertida de la CMK. Sin embargo, los resultados pueden variar por diversos factores como la demografía, estructura energética, comercio e industrias (Poumanyvong y Kaneko, 2010). Por ejemplo, Los resultados encontrados por Özokcu y Özdemir (2017) rechazaron la hipótesis de CMK, al encontrar una relación en forma de N, fundamentando que la degradación ambiental no se resuelve automáticamente por el crecimiento económico.

La presente investigación se basa en dos hipótesis: la primera supone la existencia de una curva de U-invertida entre el desarrollo económico y la contaminación atmosférica; y la segunda supone que en el corto y largo plazo el crecimiento económico, uso de energía fósil y la población se relacionan positivamente con los gases de efecto invernadero.

Con el propósito de examinar la relación entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe en el período 1990-2016, se ha planteado realizar un estudio descriptivo y econométrico de datos de panel, mediante los siguientes objetivos específicos: 1) Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución de la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016; 2) Estimar la relación a corto y largo plazo entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016; 3) Estimar la relación de causalidad entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

Los resultados obtenidos confirman que el crecimiento económico, uso de energía fósil, población y las emisiones de GEI poseen una relación positiva de equilibrio a corto y largo

plazo. Una implicación de política derivada de esta investigación es implementar medidas para reducir las emisiones de GEI en la atmósfera, reemplazando el uso de fuentes de energía fósil con fuentes de energía renovable e incentivar al sector público y privado a invertir en energías limpias para su producción.

La presente investigación se diferencia de estudios como el de Bruyn, *et al.*, (1998), Alkathlan y Javid (2013), Ouyang *et al.*, (2019), y otras investigaciones, ya que se centran en analizar gases como el CO², SO², NO² y las PM_{0,5} como proxies de la contaminación atmosférica. Este trabajo al igual que Álvarez, Balsalobre, Shahbaz y Cantos (2017) utiliza los GEI, porque engloban el total de los principales gases contaminantes de la atmósfera. Por tanto, constituye un aporte significativo para la investigación científica sobre los países en desarrollo de Latinoamérica y el Caribe, aplicando metodología de panel actualizada y empleando técnicas de PDOSL y DOLS que ayudan a medir el grado de influencia entre variables. La contaminación en Latinoamérica debe ser analizada por ser una región con una fuerte dependencia hacia los combustibles fósiles, siendo un gran desafío para los países de esta región contraer el uso de energía fósil, sin afectar su crecimiento económico.

El documento está organizado de la siguiente manera. La sección *d)* presenta la revisión de la literatura previa, misma que está conformada por tres apartados: antecedentes, fundamentación teórica y fundamentación legal. La sección *e)* se enfoca en los materiales y métodos de investigación; la sección *f)* presenta los resultados del estudio; la sección *g)* presenta la discusión de los resultados encontrados con la evidencia empírica; la sección *h)* muestra las conclusiones; la sección *i)* muestra las recomendaciones; finalmente, en la sección *j)* se encuentra la bibliografía y en la sección *k)* los anexos de la investigación.

d. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1 Antecedentes

La atmósfera terrestre siempre ha estado expuesta a diferentes gases y partículas provenientes de fuentes naturales: las erupciones volcánicas, descomposición de materia orgánica e incendios (Segura y Arriaga, 2003). Pero, es a partir de la revolución industrial en el siglo XVIII, donde la contaminación atmosférica empieza a tomar verdadera importancia, ya que, en este periodo existieron varias transformaciones económicas, tecnológicas y sociales, donde la economía tomó un rumbo urbano, mecanizado e industrializado (Londoño, Correa, y Palacio, 2013). Los niveles de gases y partículas empezaron a producirse a gran escala, induciendo graves complicaciones como el calentamiento global, cambio climático y múltiples eventos catastróficos, implicando graves costes económicos, sociales y ecológicos (Murillo, 2005).

Chamberlin (1899) fue uno de los primeros científicos en pronosticar que las diferentes actividades humanas son causantes del incremento de contaminantes atmosféricos y del ambiente en general como el dióxido de carbono, promotor principal de calentamiento del planeta, sin embargo, tal teoría no fue relevante en la época debido a sus cálculos poco precisos. Esta teoría fue retomada por Callendar (citado en Fleming, 2013) afirmando que el aumento de la temperatura se encuentra directamente relacionada con las elevaciones de dióxido de carbono (CO_2), especialmente por el incremento de la quema de combustibles fósiles.

No obstante, fue Keeling (1958) quien logró medir los niveles exactos de dióxido de carbono atmosférico, prueba suficiente para afirmar dichas teorías. Por otra parte Crutzen (1970) demostró que otros gases como el dióxido de nitrógeno y óxido de nitrógeno, al interactuar con moléculas de ozono aceleran la reducción de la capa de ozono, generando nuevos gases como el óxido nitroso, que también son gases significativos de la contaminación atmosférica.

Desde el enfoque económico, Kuznets (1955) propuso la relación entre el crecimiento económico y la distribución de ingresos. Señalando que, en las fases iniciales del desarrollo económico de un país se exhibe una distribución inequitativa en la distribución de ingresos. Pero a medida que empieza a crecer la distribución de equidad e ingresos, esta se distorsiona hasta alcanzar un cierto nivel de flexión donde, la inequidad comienza a disminuir a la par con el aumento del ingreso.

Grossman - Krueger (1991), Low y Yeats (1992), y el Banco Mundial (1992) realizaron los primeros trabajos empíricos usando la hipótesis de Kuznets en el ámbito ambiental, atribuyendo al crecimiento económico como un factor negativo para el medio ambiente. Sin embargo, la denominación de Curva medioambiental de Kuznets fue introducida por Panayotou (1993), al estudiar el efecto del crecimiento económico en ciertos indicadores ambientales de aire y tierra. La CMK respalda el análisis de la mayor parte de investigaciones relacionados con el deterioro ambiental, sosteniendo que el desarrollo económico y contaminación ambiental de un país asumen una forma de U – invertida, el crecimiento del PIB provoca el incremento de la contaminación hasta alcanzar un punto de inflexión, donde el ingreso lograría reducir el deterioro ambiental.

Selden y Song (1994) estudian la existencia de la curva medioambiental de Kuznets para la contaminación del aire, empleando las variables como óxido de nitrógeno y el monóxido de carbono. Sus resultados avalan la existencia de una curva de U-invertida entre las emisiones contaminantes y el desarrollo económico. En la misma línea Grossman y Krueger (1995) verifican la relación entre el desarrollo económico y la contaminación del aire de las zonas urbanas, estado del oxígeno, metales pesados de las cuencas hidrográficas y la contaminación fecal. Demostrando que a corto plazo el desarrollo económico induce a que la contaminación ambiental se eleve, pero a largo plazo logra que los niveles de contaminación ambiental disminuyan. Resultados que apoyan la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets.

Beckerman (1992) afirma que a largo plazo la fuerte correlación existente entre los ingresos y la degradación ambiental se explicaba mediante el aumento del nivel de ingresos. Además, consideró el concepto de crecimiento "sostenible" como moralmente indefendible o totalmente no operacional. Bruyn, Bergh, y Opschoor (1998) analizan el efecto del crecimiento económico sobre las emisiones de gases contaminantes como el carbono, nitrógeno y azufre en los Países Bajos (Alemania Occidental, Reino Unido y USA) para varios intervalos de tiempo. Los resultados señalan que el crecimiento económico tiene un efecto directo positivo sobre las emisiones, y estas pueden disminuir con el tiempo si se emplea tecnologías sostenibles.

Chimeli y Braden (2002) exhiben un modelo de crecimiento neoclásico explicando el trayecto del crecimiento económico y la calidad del ambiente a partir de la insuficiencia relativa de capital. Encontrando que la contaminación ambiental comienza a decrecer cuando una economía empieza a desarrollarse, dado que, la inversión destinada a la protección del mismo es nula, pero logra aumentar cuando el país consigue alcanzar una acumulación de capital óptima para sostener su crecimiento económico. Destinando un mayor número de recursos para el cuidado del medio ambiente, por tanto, la calidad ambiental comienza a mejorar alegando el cumplimiento de la CMK.

Xepapadeas (2005) sugiere que el crecimiento económico no será óptimo si las economías no emplean normas y políticas enfocadas a la disminución de la contaminación ambiental. Considerando que es necesario impartir una adecuada distribución de recursos e implementación de tecnologías limpias que no arriesguen la productividad de los diferentes sectores productivos. Concluyendo que la CMK es posible siempre y cuando exista eficiencia en la asignación de los recursos destinados a combatir la contaminación.

Soytas, Sari, y Ewing (2007) concuerdan que el crecimiento del ingreso representa una solución automática para disminuir los niveles de contaminación. Aludiendo la necesidad e importancia de las medidas medioambientales para mejorar la calidad ambiental. En sus

análisis evidencian la relación de causalidad de Granger entre el ingreso, consumo de energía y las emisiones del dióxido de carbono, encontrando que los ingresos como las emisiones de carbono causan al consumo de energía a largo plazo en la economía estadounidense.

Ang (2007) demostró que en Malasia el desarrollo económico y el consumo de energía se relacionan de manera positiva con las emisiones de carbono a corto y largo plazo. En un estudio similar Apergis y Payne (2009) reafirman el impacto positivo y estadísticamente significativo en las emisiones de carbono a corto y largo plazo, mostrando el cumplimiento de la CMK al presentar la forma de U invertida.

Lean y Smyth (2010) expusieron que en algunos países de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN), el consumo de energía tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO², con una causalidad de Granger unidireccional que va desde el consumo de energía hasta las emisiones en el corto y largo plazo. Bhattacharyya y Ghoshal (2010) demuestran que la relación entre incremento de las emisiones de CO² y el desarrollo económico tiene mayor significancia en las economías que poseen mayor población y de mayores ingresos.

Al-mulali, Binti Che Sab y Fereidouni (2012) analizaron las emisiones de dióxido de carbono en función de la urbanización y la energía fósil para las siete regiones del mundo. Revelando una relación bidireccional entre el consumo de energía, la población urbana y el carbono en la mayoría de los países, pero en el largo plazo los países de ingresos bajos muestran una relación negativa.

Li y Lin (2015) usando datos de panel para 73 economías según su nivel de ingreso, emplearon diferentes métodos como: mínimos cuadrados ordinarios agrupados y mínimos cuadrados factibles. Confirmando una relación positiva entre el crecimiento de la población urbana sobre las emisiones y el consumo de energía en todos los grupos excepto en los de altos ingresos. En todos los países analizados la industrialización y urbanización influyen en el

incremento de las emisiones de CO². Sin embargo, su relación con el consumo de energía es variante, dado que, en los países de bajos ingresos la urbanización disminuye el nivel de consumo de energía. En los países de ingresos medios bajos y altos es la industrialización quien tiende a disminuir el consumo de energía y la urbanización lo aumenta. Y en los grupos de ingresos altos la urbanización no afecta el consumo de energía, pero si dificulta el crecimiento de las emisiones, la industrialización incrementa a las emisiones y el consumo de energía.

Esso y Keho (2016) en su estudio para 12 países de África Subsahariana ratificaron que a largo plazo el consumo de energía y el desarrollo económico se asocian directamente con el incremento de la contaminación, con una causalidad unidireccional entre el ingreso y el consumo de energía hacia las emisiones de carbono en Benín, Costa de Marfil, Nigeria, Senegal, Sudáfrica y Togo. A corto plazo encontraron causalidad unidireccional entre el crecimiento económico y las emisiones de CO² en Gabón, Nigeria y Togo, y una causalidad bidireccional en Nigeria.

Zaman y Moemen (2017) abordan el uso de datos de 90 países según su nivel de ingreso, reconocen como factores de crecimientos al consumo de energía, la inversión extranjera directa, el PIB per cápita, la apertura comercial, el crecimiento de la población, el valor agregado de la industria y los servicios. Mientras que los gastos en salud y educación los establecieron como factores de desarrollo humano, con la finalidad de verificar su impacto sobre las emisiones de carbono. Encontrando en los países de ingresos bajos, medios y altos que los factores de crecimiento influyen positivamente y aumenta las emisiones, excluyendo el valor agregado agrícola que las disminuye.

2 Evidencia empírica

La curva medioambiental de Kuznets ha ocupado relevancia en las investigaciones económicas, dada la progresiva necesidad de abordar la problemática de la degradación ambiental. Convirtiéndose en un referente para profundizar el análisis sobre la relación del desarrollo económico y demás determinantes de la contaminación, con el fin de promover medidas que ayuden a controlar y disminuir el deterioro del medio ambiente.

En este contexto la evidencia empírica de la presente investigación se basa en dos grupos: el primero expone las investigaciones que encuentran una relación positiva o negativa entre la contaminación y sus determinantes, y apoyan la curva de U-invertida de Kuznets. El segundo grupo presenta estudios que encuentran una relación positiva o negativa entre la contaminación y sus determinantes, pero cuestionan el cumplimiento de la curva de U-invertida de Kuznets.

En el primer grupo, Dinda (2004) sugiere que una de las posibles explicaciones para el cumplimiento de la curva medioambiental de Kuznets es que a lo largo del tiempo los países con ingresos altos cuentan con los recursos necesarios para mejorar los procesos de producción, logrando que el uso de la energía sea más eficiente y amigable con el medio ambiente.

Sheinbaum, Ruíz, y Ozawa (2011) en su estudio para Argentina, Brasil, Colombia, México y Venezuela examinaron la relación del consumo de energía y las emisiones de CO² confirmando que el consumo de energía influye de forma positiva sobre las emisiones, dado que, estas economías tienen una fuerte dependencia de los combustibles fósiles. Román, Cansino, y Rodas (2018) en su estudio para Colombia, demostraron que el aumento de las emisiones además de depender de la energía también depende del aumento de la producción y la población. De acuerdo con Bhattacharyya y Ghoshal (2010) las economías que tienen un mayor número de habitantes la relación entre el crecimiento económico y las emisiones es más significativa.

Chang y Soruco (2011) concluyeron que las economías de Argentina, México, Panamá y República Dominicana tienen la posibilidad de implementar políticas de conservación de energía sin afectar su crecimiento económico. Bolivia, El Salvador, Guatemala y Trinidad no podrían considerar estas políticas ya que el crecimiento económico disminuirá, mientras que los países como Ecuador, Perú, Uruguay y Paraguay deben centrarse en el crecimiento económico antes de adoptar cualquier política de conservación.

Robledo y Olivares (2013) en su estudio evalúa la relación que existe entre las emisiones de carbono, el consumo de energía y el PIB, para el grupo de países CIVETS que está conformado de Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica. Sus resultados concluyeron que a largo plazo el crecimiento económico y el consumo de energía intervienen en el aumento de la contaminación y calentamiento global.

Xiangzhao y Ji (2008), Mahony (2013) y Tavakoli (2018) en sus estudios realizados en Irlanda, China, EEUU, India, Rusia, Japón, Brasil, entre otros, consideran al crecimiento demográfico junto con el desarrollo económico como fuentes sustanciales en el aumento de las emisiones de dióxido de carbono. Dado que, se relacionan directamente con el nivel de producción agrícola, las industrias y manufacturas al igual que el incremento de la intensidad energética, obteniendo una relación positiva y significativa con el CO². Pao y Tsai (2011), al examinar la dinámica entre las emisiones, el PIB y la energía para los BRIC encontraron un impacto positivo y estadísticamente significativo entre estas variables.

Wang, Han, y Kubota (2016) consideran fundamental estudiar los determinantes que influyen en el incremento de la contaminación atmosférica, por lo que, en su investigación examinaron el impacto del crecimiento económico y la urbanización sobre las emisiones de dióxido de azufre (SO²) en China, manejando datos de panel con regresión de efectos fijos semiparamétricos. Sus resultados respaldan una relación en forma de U-invertida entre el crecimiento y las emisiones de SO². Además, ratifican la influencia del crecimiento económico

y la urbanización sobre el aumento de emisiones de SO^2 . Estos resultados coinciden con el estudio de Peng, Zhang, Xie, y Liu (2018) donde muestran que la expansión económica conlleva un rol importante en la aceleración de las emisiones de gases de SO^2 , al igual que otros factores como el consumo de la electricidad y la expansión de la población, señalando que si la aplicación de políticas se orienta a la reducción de los niveles de SO^2 , el nivel de contaminación en la atmósfera se reduciría considerablemente.

Álvarez, Balsalobre, Shahbaz, y Cantos (2017) atribuyen al crecimiento económico, el consumo de energía fósil y otros factores como los principales contribuyentes al aumento de la contaminación atmosférica. Además, sostienen que una variación en el nivel del ingreso y el uso de energía logran que los niveles de emisiones de gases en la atmósfera se eleven significativamente. Por tanto, sugieren el desarrollo de fuentes de energía sustentable lo que permitiría disminuir niveles de contaminación.

Effiong y Iriabije (2018) en su análisis para 49 países africanos analizaron la relación entre el ingreso y la contaminación en la atmósfera usando al dióxido de carbono y las partículas ambientales de materia (PM_{10}) en función de la población total, el PIB per cápita y la tecnología medida a través de la intensidad energética. Los resultados confirmaron que la influencia de la población, la producción y el uso de energía sobre la contaminación atmosférica es positiva y significativa.

Por el contrario, Ouyang *et al.*, (2019) en su investigación para 30 países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), analizaron el efecto del crecimiento económico sobre la contaminación del aire usando las partículas ambientales de materia $\text{PM}_{2,5}$ como variable proxy de la contaminación atmosférica. Encontrando una correlación positiva entre el ingreso y la contaminación. La relación muestra un patrón en forma de U-invertida, afirmando que el gasto público orientado a mejorar la calidad del aire asiste positivamente a la disminución de las $\text{PM}_{2,5}$.

A las investigaciones que avalan la existencia y cumplimiento de la CMK entre la contaminación y el ingreso se contraponen variedad de estudios, ofreciendo una evidencia contraria. De tal forma, el segundo grupo presenta estudios que encuentran una relación positiva o negativa entre la contaminación y sus determinantes, pero cuestionan el cumplimiento de la curva de U-invertida de Kuznets.

Dasgupta, Laplante, Wang, y Wheeler (2002) consideran inevitable que la contaminación ambiental disminuya, sin importar el nivel de riqueza que un país llegue a alcanzar, cuestionando la validez de la CMK. Puesto que, aunque la curva medioambiental se cumpla para algunos contaminantes, la relación entre el ingreso y la degradación ambiental podría ser monótona y la reducción de un contaminante podría ser compensada con las emisiones de nuevos gases tóxicos. Asimismo, Harbaugh, Levinson, y Wilson (2002) en su análisis de la relación entre el ingreso y contaminantes como el azufre y smog, afirman que la evidencia a favor de la hipótesis de U-invertida es poco robusta. Presentando una dependencia absoluta del tipo de contaminante utilizado e incluso de la estrategia económica empleada del grupo de países y hasta el período de tiempo analizado.

Saravia (2002) en su estudio para algunos países de América Latina (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay, Venezuela, Costa Rica y México) analizó la relación de la CMK, usando como variable explicativa el PIB per cápita y la contaminación, utilizando dos contaminantes: el carbono y el azufre. Como una variable aproximada a la distribución del ingreso incluyó el coeficiente de GINI. Además, usó la población y el tiempo como variables explicativas. En sus resultados encontró una relación positiva entre el carbono y el PIB, sin embargo, la presencia de la desigualdad del ingreso aumenta la contaminación. Cuestiona el cumplimiento de la CMK, debido a que la desigualdad de ingresos provoca que tome más tiempo y sea lejano el plazo para alcanzar los puntos de umbral de esta teoría.

Zilio (2008) revalida la importancia de las emisiones en la degradación del ambiente y confirman que en la región Latinoamericana la eficiencia energética y población son algunas de las principales causales que afectan el nivel de emisiones. Sin embargo, la teoría de la CMK no se cumple en estas economías.

El diseño de políticas ambientales para alcanzar un desarrollo sostenible debe considerar los determinantes antes mencionados, y lograr una disminución de los niveles de contaminación. Poudel, Paudel, y Bhattarai (2009) estimaron la curva ambiental de Kuznets en 15 países latinoamericanos, hallando una curva en forma de N entre las emisiones de carbono y el desarrollo económico, presentando una relación positiva entre producto y daño ambiental.

Robalino, García, Golpe, y Mena (2014) en su estudio para la economía Ecuatoriana rechazaron el cumplimiento de la CMK. Pues al ser un país en desarrollo su prioridad es aumentar su crecimiento económico, sin embargo, dada su geografía está en las posibilidades de obtener un desarrollo sostenible. Siempre que logre fomentar el uso de energías renovables como la hidráulica o eólica, utilizando eficientemente la tecnología de combustibles fósiles y mejorando su productividad y estructura social. Resultados similares encontraron Rentería, Toledo, Braco, y Ochoa (2016) en su análisis para Ecuador afirmando que el crecimiento económico esta asociados a los crecientes niveles de emisiones de carbono en el largo plazo. Rechazando la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental en esta economía.

Zoundi (2017) en su investigación realizada en 25 economías africanas demostraron que la hipótesis de la CMK no se cumple y es poco convincente. Debido a que estos países se encuentran en camino hacia el desarrollo y buscan elevar sus niveles de ingresos. Por lo que mejorar la calidad ambiental no es prioridad. Siendo así que la poca conciencia social, el crecimiento desmedido de sus habitantes, generan un gran impacto sobre el medio ambiente y aumentan los niveles de contaminación.

Lorente y Álvarez (2016) y Özkücü y Özdemir (2017) en sus estudios para varios países pertenecientes a la OCDE analizaron la relación entre el ingreso económico, el uso de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) basándose en el contexto de la curva de Kuznets ambiental, descubrieron que la relación entre el ingreso y el nivel de emisiones tiene una forma de N, lo que significa que la degradación comienza a aumentar de nuevo después de una reducción a un nivel específico contradiciendo el supuesto de EKC, aludiendo que el crecimiento económico no disminuye por sí solo la contaminación en el ambiente.

3 Fundamentación teórica

3.1 Contaminación

La contaminación consiste en una modificación provocada por el hombre, al introducir residuos en el medio ambiente y establecer altas concentraciones industriales, manufactureras y agrícolas en el aire, agua y suelo, logrando que la calidad del entorno se deteriore empezando a tornarse perjudicial para los seres vivos y ecosistema en general (Field, 1997).

3.1.1 Tipos de contaminación

3.1.1.1 Contaminación del agua

Como es de conocimiento general, el agua es un recurso natural limitado e indispensable para la vida, así como también para el correcto equilibrio del medio ambiente. La contaminación es el deterioro del agua mediante la “aparición de elementos no deseables y tóxicos y la variación en las concentraciones de los constituyentes comunes del agua” (Barceló y López, 2008). Como se puede observar en la Figura 2 el agua sigue un determinado ciclo, que, al ser reintegrado a la naturaleza, esta incorpora contaminantes que alteran de una u otra forma las condiciones para su reutilización.

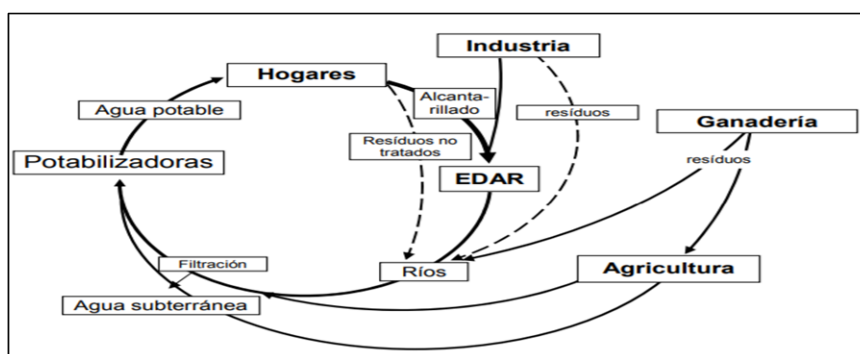


Figura 2. Ciclo del agua

Fuente: (Barceló & López, 2008)

Algunos de los contaminantes que se incorporan al agua pueden ser domésticos (detergentes, grasas, bacterias, sanitarios, etc.), industriales (disolventes, pigmentos, metales, sustancias químicas, etc.) y agrícolas (insecticidas, minerales, fertilizantes, etc.)

3.1.1.2 Contaminación del suelo

Según el decreto 9/2005 el suelo constituye uno de los medios receptores de contaminación más sensibles y vulnerables. El suelo está formado por desechos de rocas, agua, aire, y microorganismos. La contaminación del suelo es la incorporación de sustancias tóxicas para los organismos del suelo, estas sustancias pueden ser: basura, fertilizantes, pesticidas y desechos industriales que producen la degradación del suelo (Segura y Arriaga, 2003).

3.1.1.3 Contaminación del aire

La contaminación del aire representa mayor peligro para la salud de los seres vivos y el medio ambiente, ya que, por su importancia es más posible estar expuesto a este tipo de contaminación. Este tipo de contaminación se detalla en la sección 3.2.

3.2 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se basa en la acumulación de gases contaminantes que alteran la calidad del aire, mismos que además de incidir negativamente en la salud de las personas, son los principales responsables del cambio climático (Parra, 2003).

Este tipo de contaminación tiene una larga historia, sin embargo, en las últimas décadas debido al crecimiento económico y la globalización se ha generado múltiples beneficios, pero al mismo tiempo el problema de la contaminación atmosférica se ha agravado significativamente (Ataz y Morales, 2004). Este continuo desarrollo de la sociedad implica el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero generado por las industrias, automóviles, y demás manufacturas que para ser elaboradas despiden sustancias tóxicas para la atmósfera y los seres vivos (Ballester, 2005).

3.2.1 Contaminantes de la atmósfera

Albert (2004) señala que las emisiones de gases tienen un origen natural y antropogénico, el primero hace referencia a eventos propios de la naturaleza como las erupciones volcánicas, incendios forestales, polvo y la erosión, mientras que los de origen antropogénico son causados

por las labores diarias del ser humano derivado de los diferentes procesos de combustión, industriales, agrícolas y tecnológicos. Los gases contaminante más comunes son el monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógenos, dióxido de azufre y el metano (Ataz y Morales, 2004).

3.2.1.1 Gases de efecto invernadero (GEI)

Los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera, derivados de fuentes naturales y antropogénicas, que tienen la capacidad de absorber radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes, produciendo el conocido efecto invernadero. Se clasifica en GEI directos que aportan al efecto invernadero tal y como son emitidos en la atmósfera; e indirectos, mismos que son provenientes del ozono y además de ser contaminantes atmosféricos, también influyen en el efecto invernadero (Benavides y León, 2007).

3.2.1.1.1 GEI directos

3.2.1.1.1.1 Dióxido de carbono (CO^2)

El dióxido de carbono es un gas no tóxico e incoloro que forma parte de la atmósfera terrestre, es el principal GEI antropogénico causante del calentamiento global. Una de las fuentes principales causantes del incremento de la concentración de CO^2 es la quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, deforestación y aumento demográfico (Oyarzún, 2010).

3.2.1.1.1.2 Metano (CH^4)

El metano al igual que los demás gases contaminantes contribuye al calentamiento global ya que absorbe la radiación infrarroja y también otra longitud de onda no captada por otros gases (Hernández, 2010), se genera por la estabilización biológica de la materia orgánica en ambientes con escasez de oxígeno (Carmona, Vergara, y Giraldo, 2005).

Aproximadamente el 40% de CH_4 proviene de fuentes naturales y el 60% proviene de actividades humanas como la ganadería, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles, vertederos, procesos de digestión de animales herbívoros y combustión de biomasa (Baethgen y Martino, 2007). El efecto potencial al calentamiento global del CH_4 es 23 veces mayor al del CO_2 y según el WDI (2018) su concentración ha aumentado desde 6.668.380 kt en el año 1992 a 6.789.740 kt en el año 2002, es decir ha tenido un incremento del 1,82% y para el año 2012 se ha registrado 8.014.066 kt equivalente al 18,03% (Rogers y Whitman, 1991).

3.2.1.1.1.3 *Dióxido de Nitrógeno (NO_2)*

Rochette (2004) describe al NO_2 como un gas incoloro, que en su mayoría proviene de fuentes naturales derivadas de las actividades bacterianas del suelo y de procesos biológicos como es la desnitrificación y nitrificación, consecuencia de las malas prácticas del manejo del suelo del sector agrícola. Esto representa un alto peligro para el ecosistema dado que los cambios en la naturaleza del suelo, incrementan el riesgo de contaminación ambiental por lixiviación, emisiones gaseosas y la concentración de sales y capas freáticas (Ciampitti, Ciarlo y Conti, 2005). Cabe recalcar que la quema de biomasa y procesos industriales aunque en menor proporción también contribuyen al aumento de emisión de este gas (Echeverri y Londoño, 2006).

3.2.1.1.1.4 *Compuestos Halogenados*

Benavides y León (2007) mencionan que los compuestos halogenados están compuestos por los clorofluorocarbonos (CFCs) perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), los cuales son una familia de compuestos que no existen naturalmente en el ambiente, y son derivados de gases refrigerantes. Estos gases son poderosos GEI, emitidos principalmente por varios procesos industriales como son: la fundición de aluminio, la fabricación de semiconductores y la transmisión y distribución de energía eléctrica.

3.2.1.1.1.5 Ozono Troposférico (O^3)

El ozono troposférico es un gas incoloro, se produce mediante la reacción de los óxidos de nitrógeno de la quema de combustibles con la luz del sol, es considerado como el mayor componente de Smog convirtiéndose en un gas altamente peligroso para la salud humana y ecosistema. Los diferentes procesos industriales, plantas de energía y procesos de combustión son las fuentes principales de este contaminante, teniendo gran presencia en las grandes ciudades (D'Antoni, 2012).

3.2.1.1.2 GEI indirectos

3.2.1.1.2.1 Monóxido de carbono (CO)

El CO es un gas venenoso, incoloro e inodoro proveniente de una combustión carente de oxígeno, es uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre, y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina y el mundo, constituyendo un grave peligro para los seres vivos, dado que, en un ambiente cerrado tiende a ser muy tóxico (Téllez y Rodríguez, 2006).

Según Rojas, Dueñas y Sidorovas (2001) aproximadamente el 80% de emisiones de este gas tiene su origen en los automóviles de gasolina y diésel, algunos procesos industriales que utilizan compuestos de carbono, incendios forestales e incineración de desechos, existiendo una concentración más alta en el área urbana de las ciudades.

3.2.1.1.2.2 Dióxido de azufre (SO^2)

El dióxido de azufre es un gas incoloro, pesado, soluble en agua con olor fuerte e irritante, se forma por la oxidación del azufre que contienen los combustibles (O'Ryan y Larraguibel, 2000). La atmósfera de las zonas urbanas son las que contienen una mayor cantidad de compuestos de SO^2 , pues están en contacto directo con los vehículos motorizados y varios procesos de combustión (Ballester, 2005).

Aránguez (1999) menciona que el SO_2 , al estar en contacto con la humedad del aire tiende a oxidarse formando el ácido sulfúrico y trióxido de azufre siendo vapores reactivos que tienden a combinarse fácilmente con el vapor del agua provocando lluvia ácida y la acidificación de vertientes, lagos, ríos y el suelo.

3.2.1.1.2.3 Material particulado (PM)

El material particulado es una mezcla entre las partículas emitidas directamente a la atmósfera y de partículas formadas en el aire por la transformación química de gases precursores. Obteniendo una composición agresiva para la salud humana, siendo las partículas en suspensión menor de 10 y 5 micras son las principales causantes de enfermedades respiratorias (Acuña, 2001).

3.2.2 Efectos de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica tiene efectos altamente peligrosos para las personas, animales y el ecosistema en general. Dentro de las principales tenemos las que se describen a continuación.

3.2.2.1 Agotamiento de la capa de ozono

Para Field (1997) el Ozono es una capa que protege el planeta de la radiación ultravioleta, la mayor parte de su concentración está en la atmósfera, que se extiende desde una altura aproximada de diez kilómetros sobre el nivel del mar hasta aproximadamente cincuenta kilómetros.

El primer gran agujero de la capa de ozono se descubrió a finales de los años setenta, poco después, se detectó un deterioro del ozono sobre regiones altamente pobladas, afectando de forma directa la salud humana, ya que, los rayos ultravioletas son uno de los principales causantes del cáncer de piel; también afecta los sembríos provocando un incremento de los costes de producción de alimentos.

3.2.2.2 Variabilidad climática

El cambio climático es consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero producidas por las actividades humanas (antropogénicas), sin olvidar que a más de generar conflictos ambientales, genera daños en la salud (Duarte et al., 2006).

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, 1992).

“El cambio climático puede ser atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global y que se adiciona a la variabilidad del clima natural observada en periodos comparables”. (p.3)

El cambio climático influye en todos los parámetros climáticos como son: aumento de la temperatura global, modificación de precipitaciones, alza del nivel del mar, reducción de la criósfera, nubosidad, etc. (Stocker, 2014). Los gases de efecto invernadero son los causantes del calentamiento global, dado que, atrapan el calor del sol en la atmósfera (Herrera, López, y Carrillo, 2014). Una de las consecuencias más notables del cambio climático, es la alteración de las estaciones climáticas, provocando que los desastres naturales sean cada vez más fuertes.

De acuerdo con informe de la CEPAL América Latina y el Caribe es una región propensa a los eventos naturales extremos como sismos, maremotos, deslizamientos de la tierra, huaycos, entre otros. Dado que, de 1978 al 2010 se registraron 88 desastres de relativa importancia, con un costo total de aproximadamente 213 mil millones de dólares, causaron 309.742 fallecimientos y afectaron alrededor de 30 millones de personas. Influyendo negativamente en la vida de los habitantes y la actividad económica de los países (CEPAL, 2014).

3.2.2.3 Calentamiento Global

El término calentamiento global hace referencia al progresivo aumento de la temperatura media de la atmósfera debido al incremento de los GEI producido por actividades humanas (Pardos, 2010). El cambio de clima derivado de fuentes humanas se lo conoce con el nombre

de cambio climático antropogénico, la actividad industrial es la que genera mayor parte de emisiones de bióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que ocasionan que la atmósfera retenga el calor (CMNUCC, 2016). La atmósfera terrestre tiene un efecto de invernadero natural para preservar el planeta a una temperatura promedio de 15°C, sin esta característica la temperatura promedio del planeta sería aproximadamente 15°C bajo cero, siendo imposible la existencia de vida (Gallego, 2011).

La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA,2016) a través de satélites en la órbita terrestre y otros avances tecnológicos ha determinado que la temperatura promedio de la superficie ha aumentado 0,9°C desde fines del siglo XIX. Además, ha registrado que la mayor parte del calentamiento se ha producido durante los últimos 35 años. En la Figura 3 se puede observar que a partir del año 1980 la temperatura promedio del planeta empezó a tener incrementos significativos. En 1980 se registró un incremento de 0,27°C, en el año 2000 la temperatura promedio ascendió 0,5°C, finalmente en el año 2017 la temperatura promedio se incrementó a 0,9°C (NASA, 2018b).

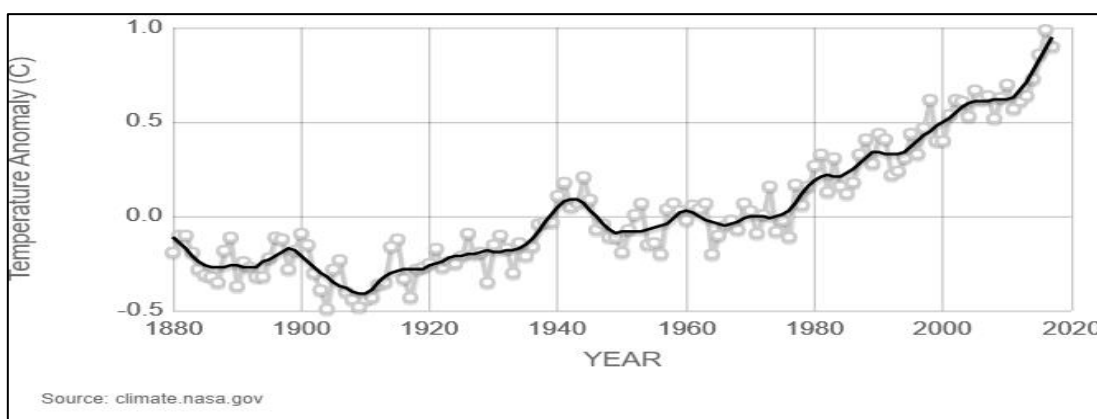


Figura 3. Incremento de la temperatura a nivel global.

Fuente: (NASA, 2018b)

Actualmente el calentamiento global se considera como una de las amenazas más grandes que enfrentan los seres vivos, un claro ejemplo del calentamiento es la reducción de masa de muchos glaciares, tanto de las montañas, como los casquetes polares, los cuales generan un

incremento en el nivel del mar, poniendo en riesgo las ciudades costeras. La Figura 4 muestra la reducción de los casquetes polares a través de los años. En 1980 el mínimo de hielo marítimo era de 7,9 millones de Km², en el año 2000 se habría disminuido a 6,4 millones de Km², mientras que para el año 2010 el mínimo fue de 4,9 millones de Km² y en el año 2017 se registró que el mínimo de hielo marítimo es 4,8 millones de Km² (NASA, 2018a).

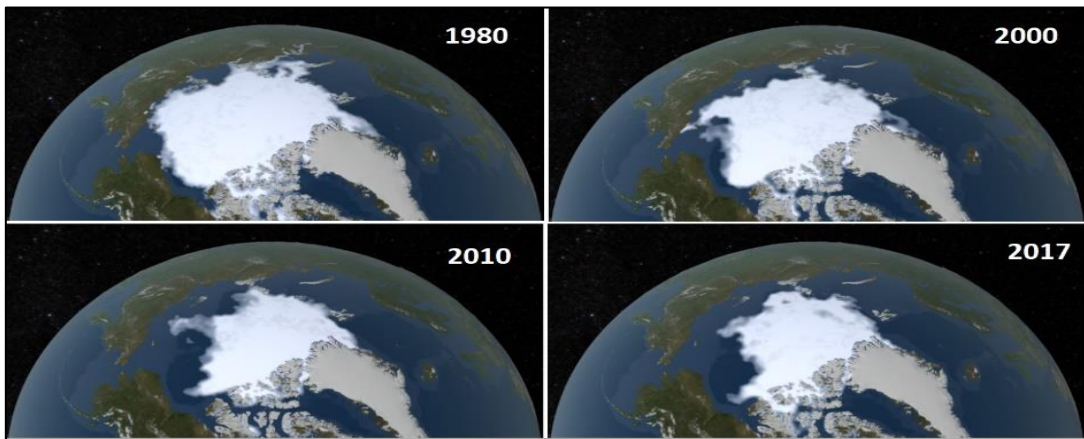


Figura 4. Desvanecimiento de las masas de hielo

Fuente: (NASA, 2018b)

En la Figura 5 se observa que desde el año 1993 hasta el año 2017 el nivel del mar ha incrementado 87,8 mm y que en promedio se tiene un incremento de 3,2 mm por año (NASA,2018).



Figura 5. Incremento del nivel del mar

Fuente: (NASA, 2018)

3.2.2.4 Deterioro de la salud humana

Gran cantidad de investigaciones elaboradas a nivel global han asociado la alta concentración de contaminantes atmosféricos como el material particulado, dióxido de azufre, monóxido de carbono, el óxido nitroso y el ozono troposférico con efectos negativos en la salud humana, provocando diferentes enfermedades, tanto cardíacas como respiratorias. Siendo los niños y adultos de la tercera edad lo más propensos y susceptibles a adquirir dichas enfermedades.

Conforme Korc (2001) la contaminación representa una amenaza grave y crónica para la salud del ser humano y medio ambiente. Las personas al estar expuestas a contaminantes del aire pueden contraer infecciones respiratorias, cardíacas y otras, siendo altamente peligrosas para personas con enfermedades pulmonares o cardíacas crónicas, embarazadas, ancianos y niños. Dependiendo la magnitud, alcance y duración de la exposición, edad, susceptibilidad de cada persona, entre otros.

Según la Organización Mundial de la salud (OMS, 2018) aproximadamente 1.800 millones de niños y niñas en el mundo inhalan aire contaminado poniendo en riesgo su salud. En el 2016 cerca de 600.000 niños fallecieron a causa de infecciones agudas de las vías respiratorias causadas por el aire contaminado.

3.3 Factores determinantes de la contaminación atmosférica

3.3.1 Crecimiento Económico

El crecimiento económico es el aumento del rendimiento de la actividad, es decir, un proceso sostenido a lo largo del tiempo en el que la capacidad para producir bienes y servicios aumentan constantemente (Romer, 2008).

Es importante considerar en la definición de crecimiento económico el producto que se genera en el interior de una nación y la relación que existe con el número de habitantes, además de las condiciones de vida (Özokcu y Özdemir, 2017).

El crecimiento económico conlleva varias razones positivas como nivel de vida más elevado, mayor producción de bienes y servicios, mayores ingresos, aumento de empleos, pero también conlleva efectos negativos sobre la calidad de vida y el deterioro del medio ambiente (Özokcu y Özdemir, 2017).

De acuerdo con Chappelow (2019), el crecimiento económico generalmente se modela como una función del capital físico, capital humano, fuerza laboral y la tecnología. Es decir, incrementando la cantidad o calidad de la población que se encuentra en edad para trabajar, el medio y las herramientas con las que tienen que trabajar para combinar mano de obra, capital y materias primas, se llegará a un aumento de la producción económica

3.3.1.1 Producto Interno Bruto (PIB)

“El PIB, es el valor mercado de los bienes y servicios finales producidos en un país durante cierto periodo, por lo general un trimestre del año o un año” (Parkin y Esquivel, 1995, p.86).

De acuerdo con Rossetti, Rojas, y Ordoñez (1994) PIB representa el valor total de los bienes y servicios elaborados en un país durante un periodo determinado; es decir, considera el total de los que se produce en función a los recursos utilizados en la economía, valorando los bienes y servicios según los precios establecidos en el mercado.

De tal forma el PIB está conformado por una serie de componentes que son:

El *Consumo (C)* compra de bienes y servicios que realizan las familias.

El Gasto *Público (G)* las compras de bienes y servicios realizados a las empresas por parte de los gobiernos, se denominan compras gubernamentales.

La *Inversión (I)* es la inversión no residual realizada por parte de las empresas (compra de planta, equipo o construcciones nuevas), y la inversión realizada por las familias.

Las *Exportaciones Netas (X-M)* son el valor de las exportaciones (X) menos el valor de las importaciones (M). Las exportaciones son los bienes y servicios que se venden al

resto del mundo; y las importaciones los bienes y servicios que se compra al resto del mundo. (Parkin y Esquivel, 1995, p.88)

3.3.1.1.1 Medición del PIB

Para cuantificar el Producto Bruto Interno, existen tres métodos: Valor agregado, Gasto e Ingreso. El circuito económico se puede resumir de la siguiente manera:

El *método del valor agregado* mide el PIB como la suma de todos los bienes y servicios, el valor agregado que se genera a medida que se transforman los bienes o servicios en los diferentes sectores de la economía.

El *método del gasto* mide el PIB como la suma del gasto de consumo (C), la inversión (I), las compras gubernamentales de bienes y servicios (G) y las exportaciones netas de bienes y servicios. Es decir, es la suma de todas las demandas finales de productos de la economía.

El *método del ingreso* mide el PIB sumando los ingresos que las empresas pagan a las familias por los factores de producción que les ofrecen: salario por trabajo, intereses por capital, renta por tierra y ganancias por habilidades empresariales.

(Parkin y Esquivel, 1995, p.90)

3.3.1.1.2 Tipos de PIB

De acuerdo con Parkin y Esquivel (1995) el PIB es un incremento en la producción del aumento de precios, y distingue al PIB en las siguientes clasificaciones:

PIB real es el valor de los bienes y servicios finales producidos en un año dado, cuando fueron valorados a los precios de un año base de referencia. Al comparar el valor de la producción de los dos años a los mismos precios, se puede medir el cambio en el volumen de producción. (p.91)

PIB nominal es el valor de los bienes y servicios finales producidos en un año dado considerando los precios que prevalecieron en ese mismo año. (p.91)

PIB per cápita es una medida del promedio por persona de la producción agregada de una economía. Es decir, mide la relación existente entre el nivel de renta de un país sobre su población. (Krugman, Olney, y Wells, 2008, p.380)

3.3.2 Crecimiento poblacional

Acorde con la Real Academia Española (2001) la población es un conjunto de individuos que pertenecen a la misma especie y habitan en determinada área geográfica.

La Asociación Latinoamericana de Integración en su publicación de Indicadores sociales y demográficos expresa que la población se basa en el hecho de la población, que incluye a todos los residentes sin tomar en consideración su estado legal o de ciudadanía, exceptuando a los refugiados no acentuados en el país de asilo, que suelen considerarse parte de la población del país de origen (ALADI, 2016). Al hablar de población es importante hacer mención del crecimiento poblacional que no es más que el incremento de individuos que habitan en una misma región en un determinado tiempo. Para su obtención se toma en cuenta las siguientes variables: número de nacimientos, número de defunciones, inmigrantes y emigrantes.

De acuerdo con el WDI (2018) la población ha tenido un crecimiento positivo significativo a través de los años, para su evidencia en el año 1990 se registró 5.288 millones de habitantes a nivel global, mientras que en el año 2000 ya se registraba 6.122 millones de habitantes, y para el año 2010 se tuvo una población de 6.933 millones de habitantes. Finalmente, para el año 2017 se registró 7.053 millones de habitantes, dando como resultado un crecimiento aproximado del 1,45% en el periodo 1990-2017

3.3.3 Combustibles fósiles

Los combustibles son depósitos de organismos que en alguna ocasión estuvieron vivos y que el proceso de descomposición de esta materia a través de los millones de años da lugar de forma parcial a los combustibles fósiles (Gloser, 2002). Los combustibles fósiles emiten a la atmósfera gran cantidad de CO², lo que implica un incremento neto del contenido atmosférico actual del CO² (Ramos, Díaz, y Villar, 2016).

Existen tres tipos de combustibles fósiles: el carbón, petróleo y gas natural. La revolución industrial marcó una etapa importante en la utilización de combustibles fósiles como recurso energético, en un inicio se intensificó el uso de carbón en las máquinas de vapor y siderurgias, hasta que fue relevado por el petróleo al ser utilizado como fuente principal de energía. Su mayor etapa de consumo a nivel mundial fue en el año 1978, ya que, se explotaron aproximadamente 3.000 millones de toneladas, posterior a este año el consumo disminuyó hasta el año 1982 y desde ahí el consumo ha ido incrementando paulatinamente (Echarri, 1998).

El excesivo uso de combustibles fósiles como fuentes de energía ha generado en las últimas décadas preocupación por los impactos ambientales y sobre todo por los efectos en el cambio climático (Salaet y Roca, 2010). En los países de América Latina y el Caribe el consumo de combustibles fósiles como el petróleo y gas natural es elevado debido a que en estos países existen grandes reservas de petróleo y, a su vez, lo utilizan para generar energías secundarias, una de ellas es la energía eléctrica (WDI, 2018).

3.4 América latina y el caribe

3.4.1 Ubicación geográfica

La extensión territorial de América Latina es de aproximadamente veinte millones de kilómetros cuadrados, misma que limita al norte con Estados Unidos, al sur con el océano glaciar Ártico, al este con el océano Pacífico y al oeste con el océano Atlántico (Tezanos y Vásquez, 2018).

Geográficamente Latinoamérica está comprendida por 41 países de los cuales 8 pertenecen a América Central: México, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá; 12 forman parte de América del sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela; y de El Caribe constan 21 países: Antigua y Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Cuba, Curacao, Dominica, Granada, Haití, Islas Caimán, Islas Turcas y Caicos, Islas Vírgenes de los EEUU, Jamaica, Puerto Rico, República Dominicana, San Vicente y las Granadinas, Saint Kitts y Nevis, San Martín (Parte Francesa), San Martín (Parte holandesa), Santa Lucía, Trinidad y Tabago (Tezanos y Vásquez, 2018).

3.4.2 Actividad económica

De acuerdo con la Agencia Central de Inteligencia (CIA, 2019) la actividad económica es el procedimiento que implica la producción e intercambio de servicios y productos para satisfacer las necesidades de los consumidores en la economía. Para comprender cómo se relaciona las áreas de producción, servicios y comercio, la actividad económica se divide en tres sectores que son el primario, secundario y terciario.

En los países de América Latina y el Caribe se manejan los tres sectores económicos especificados, en el sector primario predomina la agricultura, ganadería, pesca, caza, minería y extracción de petróleo. El sector secundario se encuentra conformado por la industria, construcción, y producción de alimentos, textiles, bebidas y plásticos. Finalmente en el sector terciario sobresale el comercio y los servicios, que se encuentran conformados por servicios sociales, financieros, personales, administrativos, turismo, culturales, transporte, comunicación, entre otros (CIA, 2019b). Según el reporte de la CEPAL (2019), el crecimiento económico en el 2018 para América Latina y el Caribe fue aproximadamente del 1,3%, mientras que para el año 2019 se prevé una tasa de crecimiento del 1,8%.

4 Fundamentación legal

La presente investigación se apoyará en la base legal de los objetivos 7, 11,12 y 13 de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), los mismos que hacen referencia a la utilización de recursos naturales de forma eficiente para la reducción de emisiones de GEI y calentamiento global generado por actividades humanas, así como también garantizar el acceso a la energía a toda la población incrementando el uso de fuentes renovables (ONU, 2015a)

Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos (p. 21)

Garantizar el acceso a toda la población a una energía sostenible, asequible, fiable y moderna es esencial, ya sea para los empleos, seguridad, cambio climático, producción de alimentos o aumentar los niveles de ingreso. El incremento del uso de fuentes renovables para la producción de energías limpias permite reducir la utilización de combustibles fósiles (mayor fuente de emisiones de GEI) y duplicar la tasa mundial de eficiencia energética. Para ello es necesario mejorar la infraestructura y tecnología en los sistemas de producción de energía para poder cubrir la demanda de todos los países, especialmente los que se encuentran en etapa de desarrollo.

Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. (p. 29)

Para asegurar que las ciudades tengan un desarrollo sostenible, es importante que se establezcan normas para que se reduzca el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, se aproveche de mejor manera los recursos naturales y se reduzca la contaminación del medio ambiente y así resguardar el patrimonio natural del mundo.

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. (p. 32)

Consiste en fomentar el uso eficiente de los recursos naturales y la eficiencia energética, a través de la reducción en la utilización de recursos para la generación de más energías,

alimentos, ganancias, empleos, etc. Además, para asegurar una producción sostenible es importante gestionar ecológicamente los productos químicos producidos por empresas o fábricas, para reducir su liberación a la atmósfera, agua o suelo, y de esta forma reducir la generación de desechos y contaminantes del medio ambiente.

Objetivo 13: *Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.*

(p. 33)

El cambio climático afecta a todos los países de todos los continentes y tiene un efecto negativo en la economía y vida de las personas. Para solventar ese problema se podría empezar concientizando a la sociedad, empresas públicas y privadas sobre el uso de energías renovables y estableciendo medidas para la mitigación del cambio climático en las políticas y estrategias de cada país.

Además la presente investigación se basará en los artículos 2, 4, 5 y 6 del Acuerdo de París por el Cambio Climático (ONU, 2015b)

En el artículo dos tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible. Además, pretende mantener el aumento de temperatura promedio bajo los 2°C y limitarlo en lo posible a 1.5°C. Esto reducirá considerablemente los riesgos y efectos del cambio climático y así promover un desarrollo con bajas emisiones de GEI sin que comprometa la producción de alimentos.

El artículo cuatro propone lograr que las emisiones de GEI alcancen su punto máximo y a partir de ese momento reducir rápidamente reducir las emisiones de GEI de conformidad con la mejor información científica. Además, cada parte debe mantener las contribuciones de emisiones determinadas a nivel nacional. Los países en desarrollo deben seguir incrementando sus esfuerzos de mitigación de emisiones y deben apoyar a los países en desarrollo para que puedan establecer medidas más ambiciosas en la limitación de emisiones de GEI. En este artículo se hace seguimiento a todos los países respecto a la contribución de emisiones de GEI

a nivel nacional asegurando que cada país sea responsable del nivel de emisiones que se le haya asignado en el acuerdo. Es importante que todos los países formulen estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de GEI.

En el artículo tres se establece que las partes deberían adoptar medidas para incrementar los sumideros o depósitos de GEI, asimismo se alienta a las Partes a través de incentivos positivos a que adopten medidas para reducir las emisiones debidas a la deforestación y degradación de bosques.

Finalmente, el artículo seis establece que las Partes podrán optar por colaborar voluntariamente en la aplicación de sus contribuciones a nivel nacional para mayor ambición en sus medidas de mitigación de emisiones. También se establece promover la mitigación de las emisiones de GEI fomentando el desarrollo sostenible, incentivar y facilitar la participación de entidades públicas y privadas en la mitigación de las emisiones de GEI. Como resultado se obtendría una mitigación global de las emisiones mundiales.

En los países de América latina y el caribe actualmente existen diversos esfuerzos por insertar políticas públicas para mitigar los gases de efecto invernadero y cambio climático. Para las acciones dentro de la mitigación de GEI varios países han adoptado un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El MDL es un procedimiento establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) a través del protocolo de Kioto, en el cual los países desarrollados pueden ayudar a países que se encuentran en desarrollo de manera económica, o formulando políticas y a cambio de esto recibir certificados de reducción de emisiones que ayudan a cumplir con su propio objetivo (Sánchez y Reyes, 2015).

Argentina al ser uno de los países con más emisiones de GEI en América Latina y el Caribe ha optado por utilizar mecanismos de desarrollo limpio, medidas para eficiencia energética y reducción de emisiones mediante fuentes renovables, manejo de residuos sólidos urbanos, Línea verde de créditos para inversiones asociadas a la generación de energía renovable o

proyectos de eficiencia energética y finalmente el fondo argentino de carbono, el cual es creado con el objeto de incentivar proyectos del MDL en la República de Argentina (Sánchez y Reyes, 2015).

Brasil en su objetivo de mitigar la emisión de gases de efecto invernadero ha adoptado Mecanismos de Desarrollo Limpio, programas de reforestación, Mejoras en el manejo de residuos urbanos y programas para el uso de energías renovables, además de capacitaciones e investigaciones en sectores vulnerables (Sánchez y Reyes, 2015).

Ecuador también ha adoptado políticas para mitigar los GEI que son: mecanismos de desarrollo limpio, mecanismos de reducción de emisiones debidas a deforestación y degradación de bosques (REDD), planes y acciones para disminuir la deforestación, acciones voluntarias para la mitigación de GEI en sectores energético y transporte, programa para promover el uso de biocombustibles, y manejo de residuos sólidos y rellenos sanitarios (Sánchez y Reyes, 2015).

Bolivia ha establecido el uso de mecanismos de desarrollo limpio, mecanismos de reducción de emisiones debidas a deforestación y degradación de bosques programas para uso de gas natural vehicular y focos ahorradores y proyectos forestales para mitigación de GEI (Sánchez y Reyes, 2015).

e. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de la presente investigación se hizo uso de varios materiales, así como también de diferentes métodos y técnicas de investigación. Además de realizar un análisis de datos y metodología con el fin de obtener resultados para cumplir con los objetivos específicos. A continuación, se plantean los materiales y métodos utilizados.

1 Materiales

La Tabla 1 muestra los materiales utilizados durante la elaboración del presente trabajo de investigación:

Tabla 1. Materiales utilizados durante la elaboración del presente trabajo.

Equipos de Computación	Suministros de oficina	Tecnologías de Información
- Computadora	- Cartuchos de tinta	- Internet
- Impresora	- Hojas de papel bond	
	- Carpetas de perfil	

2 Métodos

2.1 Tipo de investigación

2.1.1 Descriptivo

La presente investigación es de tipo descriptivo, ya que, en ella se describe cada uno de los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina en El Caribe período 1990 – 2016. Permitiendo de esta manera conocer de forma exacta la realidad y el comportamiento de este fenómeno.

2.1.2 Explicativa

Esta investigación es explicativa puesto que una vez obtenida y procesada la información referente al tema, se interpreta y explica las causas, comportamiento y efecto de las variables estudiadas para formular alternativas de solución ante la problemática de investigación.

2.2 Métodos de investigación

2.2.1 Inductivo

A partir de la recolección de datos con el método inductivo se efectuó un análisis para lograr establecer las conclusiones generales basadas en el tema de investigación planteada. Con toda la información adquirida se obtuvieron mayores conocimientos sobre los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina y El Caribe.

2.2.2 Deductivo

En esta investigación se utilizó el método deductivo, ya que, al conocer los principales determinantes de la contaminación atmosférica, se logró establecer sugerencias sobre su impacto en la contaminación.

2.2.3 Analítico

El método analítico ayudó a analizar los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina y el Caribe, a través de la técnica de investigación con el fin de determinar las causas-efectos del mismo.

2.2.4 Sintético

A través de este método se realizó observaciones sobre los determinantes de la contaminación atmosférica, con el fin de llegar a una completa comprensión de la relación de los diferentes contaminantes y su impacto en la contaminación de la atmósfera.

2.2.5 Estadístico

El método estadístico permitió realizar un manejo de los datos obtenidos a través de programas estadísticos transformándolos en información útil, para extraer resultados y representarlos mediante gráficas y tablas, los cuales nos permita mejorar la comprensión de la realidad de los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina y El Caribe.

2.3 Técnicas de investigación.

2.3.1 Bibliográfica

La investigación es bibliográfica, puesto que, utiliza información de fuentes secundarias como artículos científicos, publicaciones, libros, internet y bibliotecas virtuales que permitieron una recolección de información teórica recomendable para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

2.3.2 Estadística

La presente investigación va acompañada de un diseño estadístico que nos permite analizar los datos obtenidos y transformarlos en información para establecer las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

2.4 Tratamiento de los datos

2.4.1 Clasificación de los países analizados

En la presente investigación clasificamos a los países según su nivel de ingreso para lograr un análisis que capture no solo el comportamiento de las variables a nivel de América Latina y el Caribe, sino que, también capture el comportamiento de variables basándose en las diferencias de ingresos que existe en las economías de la región. América Latina y el Caribe está conformada por 42 países, de acuerdo con los datos del Banco Mundial, 18 son países de ingreso alto, 17 son países de ingresos medios altos, 6 pertenecen al grupo de países con ingresos medios bajos y 1 es de ingresos bajos, debido a la disponibilidad de los datos, se analizará 20 países. Véase Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los países según su ingreso de América Latina y el Caribe.

País	Nivel de desarrollo
América latina y el caribe	
América central	
1. México	Ingreso mediano alto
2. Costa Rica	Ingreso mediano alto
3. El Salvador	Ingreso mediano bajo
4. Guatemala	Ingreso mediano bajo
5. Honduras	Ingreso mediano bajo
6. Nicaragua	Ingreso mediano bajo
7. Panamá	Ingreso alto
América del Sur	
8. Argentina	Ingreso alto
9. Bolivia	Ingreso mediano bajo
10. Brasil	Ingreso mediano alto
11. Chile	Ingreso alto
12. Colombia	Ingreso mediano alto
13. Ecuador	Ingreso mediano alto
14. Paraguay	Ingreso mediano alto
15. Perú	Ingreso mediano alto
16. Uruguay	Ingreso alto
17. Venezuela	Ingreso mediano alto
El Caribe	
18. Cuba	Ingreso mediano alto
19. Jamaica	Ingreso mediano alto
20. República Dominicana	Ingreso mediano alto

La clasificación se basa en los niveles de ingresos por habitantes (PIB per cápita), por ser un indicador altamente correlacionado con varias medidas no monetarios relacionados con la calidad de vida, como es la esperanza de vida al nacer y la mortalidad infantil. La clasificación de los países se da en cuatro grupos: los “países de ingreso bajo” (con menos de US \$1.005 dólares de PNB per cápita en 2016), los “países de ingreso mediano bajo” (con ingresos comprendidos entre US \$1.006 y US \$3.955 dólares), los “países de ingreso mediano alto” (de US \$3.956 a US \$12.235 dólares) y los “países de ingreso alto” (más de US \$12.236 dólares).

2.4.2 Análisis de datos

Para el desarrollo y cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados se recopiló datos obtenidos del World Development Indicators (WDI, 2018) y de la Inequality Data base del Banco Mundial (2018). Las variables de estudio son los Gases de Efecto Invernadero $GEI_{i,t}$, como variable dependiente dado que muestra una estimación de las emisiones totales de los principales contaminantes atmosféricos como el dióxido de carbono, óxido nitroso, dióxido de azufre, etc., (Ehhalt,2001).

Como primera variable independiente se usó el PIB per cápita (a precios constantes 2010), la cual, representa el nivel de crecimiento económico y nivel de producción de cada economía analizada; como segunda variable explicativa se utilizó el uso de energía fósil, misma que está determinada por las reservas de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Este tipo de energía es utilizada en la gran mayoría de economías a nivel mundial, siendo una de las fuentes emisoras más contribuyentes en la contaminación de la atmósfera (Fang, Chan, y Yao, 2009). Finalmente se usó la población total, dado que, las personas en su búsqueda constante por mejorar su estilo de vida, tienden a buscar nuevos espacios donde establecerse y exigen un aumento en la producción y explotación de los recursos naturales, fomentando el incremento de gases contaminantes. Para mejorar el análisis econométrico se procedió a sacar el logaritmo natural l de las variables. Véase la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de las variables

Tipo de variable	Nombre de la variable	Símbolo	Expresada	Descripción
Dependiente	Gases de Efecto Invernadero	GEI	Logaritmo de Kilotoneladas (kt) del CO ² equivalente	Las emisiones totales de gases de efecto invernadero en kt de CO ² equivalente están compuestas por totales de CO ² , excluyendo la quema de biomasa de ciclo corto (como la quema de desechos agrícolas y la quema de Savannah), pero incluyen otras quemas de biomasa (como los incendios forestales, la descomposición posterior a la quema, los incendios de turba y la descomposición). Todas las fuentes antropogénicas de CH ⁴ , las fuentes de N ² O y los gases F (HFC, PFC y SF ⁶). (WDI, 2018)
Independiente	Producto Interno Bruto per cápita	PIBpc	Logaritmo del total de dólares estadounidenses a precios constantes del 2010.	El PIB per cápita es el producto interno bruto dividido por la población de medio año. El PIB es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más cualquier impuesto sobre el producto y menos los subsidios no incluidos en el valor de los productos. Se calcula sin realizar deducciones por depreciación de activos fabricados o por agotamiento y degradación de los recursos naturales. (WDI, 2018)
	Uso de energía	ENRG	Logaritmo de Kilogramos (kg) de equivalente del petróleo per cápita	El uso de energía se refiere al uso de energía primaria antes de la transformación a otros combustibles de uso final, que es igual a la producción indígena más las importaciones y los cambios en las existencias, menos las exportaciones y los combustibles suministrados a los buques y aeronaves que realizan transporte internacional. (WDI, 2018)
	Población Total	POBL	Logaritmo del número total de habitantes.	La población total se basa en la definición de facto de la población, que cuenta a todos los residentes sin importar su estatus legal o ciudadanía. (WDI, 2018)

La Tabla 4 muestra los estadísticos descriptivos de los gases de efecto invernadero, el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población a nivel de América Latina y el Caribe y para los grupos de países según su ingreso. De acuerdo con la desviación estándar (S.D.) son relevantes en el estudio, dado que las variables presentan mayor variabilidad en el tiempo entre los países. Además, el panel está completamente balanceado y equilibrado en el tiempo con (T=1, ..., 27) y en la sección transversal (i=1, ..., 20), lo que nos permite continuar con la investigación.

Tabla 4. Resumen estadístico de las Variables

Variable		Media	S.D.	Min.	Max.	Observaciones
Gases de efecto invernadero	Global	10.99	1.47	8.81	15.03	N= 540
	Entre países		1.48	9.28	14.48	i= 20
	Dentro del país		0.26	9.76	12.29	T= 27
PIBpc	Global	8.45	0.66	6.97	9.61	N= 540
	Entre países		0.65	7.23	9.45	i= 20
	Dentro del país		0.19	7.91	9.01	T= 27
uso de energía fósil	Global	6.77	0.45	5.94	7.82	N= 540
	Entre países		0.44	6.23	7.70	i= 20
	Dentro del país		0.14	6.35	7.23	T= 27
Población	Global	16.31	1.13	14.70	19.15	N= 540
	Entre países		1.14	14.83	19.01	i= 20
	Dentro del país		0.20	13.61	17.15	T= 27

2.4.3 Metodología de la investigación

Para verificar econométricamente y cumplir con los objetivos específicos planteados en este trabajo de investigación se utilizó el modelo econométrico de datos de panel, mismo que, según Arellano y Bover (1990) se caracterizan por poseer una serie de observaciones en múltiples periodos temporales:

En donde la variable y_{it} tiene $i = 20$ observaciones de corte transversal y $t = 27$ observaciones de series temporales. i puede representar países, regiones o sectores, mientras que t representa momentos determinados de tiempo. La expresión de datos de panel se presenta en la ecuación 1 y 2.

$$\log(y_{i,t}) = (\beta_0 + \alpha_0) + \lambda_1 \log(X_{i,t}) + \varepsilon_{jt} \quad (1)$$

$$\log(GEI_{it}) = (\beta_0 + \alpha_0) + \lambda_1 \log(PIBpc_{i,t}) + \lambda_2 \log(ENRG_{i,t}) + \lambda_3 \log(POBL_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

Donde, β_0 se refiere al espacio, α_0 constituye el parámetro del tiempo y $\lambda_{1..n}$ es la variación de las variables regresoras.

En la opinión de Mayorga y Muñoz (2000) el estudio de datos de panel captura la heterogeneidad no observable y permite analizar los aspectos de gran importancia como: los efectos individuales específicos que afectan de forma desigual a cada uno de los agentes de estudio contenidos en la muestra, siendo invariables en el tiempo. Y los efectos temporales que afectan por igual a todas las unidades individuales de estudio, pero no varían en el tiempo.

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico se realiza un análisis de la evolución y correlación de los GEI, PIB per cápita, el uso de energía fósil y la población en América Latina y El Caribe, periodo 1990 al 2016. Y se estima un modelo de regresión básica de datos de panel para verificar adecuadamente la relación de las variables.

La elección de efectos fijos o aleatorios se realiza mediante el test de Hausman (1978) el cual establece que la diferencia entre dos estimadores son sistemáticas y significativas, además permite conocer si una variables es o no relevantes, y, si un estimador es consistente (Montero,

2005). Los efectos fijos emplean un estimador intragrupos (Dentro) asumiendo que el efecto individual está correlacionado con las variables independientes. Por otra parte, los efectos aleatorios avalan una no correlación entre los efectos individuales y las variables independientes (Labra y Torrecillas, 2014).

De tal forma, se estimó una regresión de línea base con datos de panel, donde la variable dependiente es el total del logaritmo de gases de efecto invernadero $\log(GEI_{i,t})$, del país $i (i = 1, \dots, 20)$ en el periodo $t (t = 1990, \dots, 2016)$, y las variables independientes son el crecimiento económico $\log(PIBpc_{i,t})$; el uso de energía fósil $\log(ENRG_{i,t})$; y la población total $\log(POBL_{i,t})$.

Para detectar la presencia de problemas de autocorrelación y heterocedasticidad se utilizó el test de Wooldridge y Wald. Las regresiones de línea base se realizan mediante el modelo de mínimos cuadrados generalizados (GLS), permitiéndonos eliminar posibles complicaciones de distorsión en el término de perturbación, dándonos resultados más confiables en comparación con las pruebas de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) tradicionales (Waheed, Chang, Sarwar y Chen, 2018), que se estima en función de la Ecuación 3:

$$\log(GEI_{it}) = (\alpha_0 + \beta_0) + \alpha_1 \log(PIBpc_{it}) + \alpha_2 \log(ENRG_{it}) + \alpha_3 \log(POBL_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Donde, $\log(GEI_{i,t})$ constituye el logaritmo de los gases de efecto invernadero, α_0 mide el efecto del espacio, β_0 mide el efecto del tiempo, $\log(PIBpc_{i,t})$ representa la producción, $\log(ENRG_{i,t})$ simboliza el consumo de energía fósil y $\log(POBL_{i,t})$ es la población total, las cuales miden su efecto sobre los GEI, y finalmente $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error.

Para determinar el equilibrio a corto y largo plazo se empezó aplicando la prueba de raíz unitaria, que, al ser una característica de los procesos de evolución en el tiempo, tiende a causar problemas de inferencia estadística.

La estacionalidad de las variables se determina mediante la aplicación de un conjunto de pruebas: Dickey y Fuller (1981), Phillips y Perron (1988), Levin, Lin, y Chu (2002), Im, Pesaran, y Shin (2003), y Breitung (2002). De acuerdo con Enders (2008) el modelo tradicional de raíces unitarias se estima con base a la Ecuación 4:

$$\log(y_t) = \alpha_0 + \lambda y_{t-1} + \alpha_1 t + \sum_{i=2}^p \beta_j \log(y_{t-i-1}) + \varepsilon_t \quad (4)$$

Donde, $y_{i,t}$ es la variable independiente, α_0 es la intersección, α_1 captura el efecto de tendencia, t es la tendencia del tiempo, p (rho) representa el número de rezagos de la variable dependiente, ε_t es el término de error gaussiano y p es la longitud del desfase.

Si el parámetro λ de la Ecuación 4 es significativo se considera que todos los poseen raíz unitaria. Al generar primeras diferencias se elimina el efecto tendencial de las variables del modelo. Por medio del criterio de Akaike (1974) se fijó el número de rezagos a emplearse, suministrando un método simple y objetivo que selecciona el modelo más adecuado para caracterizar los datos experimentales (Martinez et al., 2009).

El equilibrio a largo plazo entre las variables se aplica mediante la prueba de cointegración de Pedroni (1999), el cual establece que si dos o más variables de series de tiempo tienen integración de primer orden I (1) con una combinación lineal estacionaria es porque se encuentran cointegradas entre sí. Cuatro de los siete estadísticos para probar la cointegración se apoyan en un término común con una dimensión intra-grupos, mientras que los otros tres se apoyan en la dimensión entre grupos, enfocándose en la hipótesis nula de no cointegración.

De tal forma, el equilibrio a largo plazo se determina mediante la Ecuación 6:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n-1} \beta_{ij} X_{ij-j} + \sum_{j=1}^{n-1} \omega_{1j} y_{i,t-j} + \pi_i ECT_{t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

Donde, $y_{i,t}$ representa la variable dependiente del país i en el periodo t . Los parámetros β , ω y π son los estimadores asociados con la regresión y el término ECT_{t-1} es el termino de corrección de error obtenido del vector de cointegración de equilibrio a largo plazo, j es la longitud del desfase y por último $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error aleatorio estacionario con media cero.

El equilibrio a corto plazo se lo comprobó mediante el modelo para estimar la corrección de error de Westerlund (2007) empleando cuatro test: Pt - Pa que son estadísticos de panel y Gt - Ga que son estadísticos de grupo permitiéndonos disentir si alguno de los grupos presenta o no cointegración. Véase Ecuación 7:

$$y_{i,t} = \delta_i' d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta_i' X_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} y_{it-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \gamma_{ij} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

Donde $t = 1990, \dots, 2016$ periodos de tiempo y en $i = 20$ países. Los componentes determinísticos están representados por el término d_t . En caso de que el vector k -dimensional de $X_{i,t}$ sea aleatorio e independiente de $\varepsilon_{i,t}$ se deduce que estos errores son independientes a través de i y t . estableciendo una hipótesis nula de no cointegración en el corto plazo.

Siguiendo la metodología se procedió a verificar la existencia o no de un vector de cointegración mediante el enfoque de Pedroni (2001), con el fin de evaluar qué tan fuerte es el vector de equilibrio entre las variables. Para determinar la fuerza de la relación de las variables por país estimamos el modelo dinámico de mínimos cuadrados ordinarios (DOLS), y para grupos de países mediante una dinámica ordinaria del modelo de panel de mínimos cuadrados (PDOLS). Estas técnicas son consideradas como las más eficaces gracias a su veracidad en problemas de endogeneidad y correlación serial, además de tener mayor flexibilidad ante la presencia de heterogeneidad en la integración de vectores. La Ecuación 8 muestra la relación planteada:

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

Donde $y_{i,t}$ representa a los gases de efecto invernadero, $i = 20$ es el número de países analizados, $t = 1990, \dots, 2016$ es el número de períodos de tiempo, el número de retrasos y avances usados en la regresión DOLS está representado por $p = 1$, β_i es el coeficiente dependiente de la regresión y X_{it} la matriz que contiene a las variables independientes. Los coeficientes δ_i y las estadísticas asociadas t se promedian acudiendo al método de medias grupales establecido por Pedroni (2001). El estimador de PDOLS se lo consigue sacando el promedio a lo largo de la dimensión entre grupos, donde, la hipótesis nula es que $\beta_i = \beta_0$ y la hipótesis alternativa de que $\beta_i \neq \beta_0$.

Finalmente, para el cumplimiento del tercer objetivo se siguió el modelo propuesto por Dumitrescu y Hurlin (2012) permitiéndonos descubrir la existencia y dirección del tipo de causalidad Granger (1988) para modelos de datos de panel. Dicha relación causal se desarrolla con la finalidad de comprobar si el comportamiento pasado y actual de los datos de una serie de tiempo X predice el comportamiento de otra serie temporal Y , y viceversa, siendo de carácter unidireccional o bidireccional. Estipulada a partir de la Ecuación 9:

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

Se supone que $\beta_i = \beta_i^{(1)}, \dots, \beta_i^K$, el término α_i está fijo en la dimensión de tiempo. El término $y_{i,t}$ representa la variable dependiente y la letra $X_{i,t}$ denota la variable independiente. Cabe destacar que la prueba de causalidad se verifica entre pares de variables por separado. El parámetro autorregresivo γ_i^K y el coeficiente de regresión β_i^K presentan una variación entre las secciones transversales. La H_0 para comprobar es la inexistencia de una relación causal en alguna de las secciones transversales del panel, es decir $H_0: \beta_1 = 0$.

f. RESULTADOS

En la presente sección se muestra los resultados de cada objetivo específico planteado con la finalidad de cumplir con el objetivo general del estudio “*Examinar la relación entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, período 1990-2016, mediante un estudio descriptivo y econométrico de datos de panel*”. Como variable proxy de la contaminación atmosférica se utiliza el total de emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) y las variables que representan sus principales determinantes o fuentes emisoras son el crecimiento económico (representado por el PIB per cápita), uso de energía fósil y la población total.

1 Objetivo específico 1

Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución de la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

En el primer objetivo se realiza un análisis sobre la evolución de las emisiones de GEI, el PIB per cápita, uso de energía y la población en Latinoamérica y el Caribe (ALC) y los grupos de países clasificados según su ingreso: países de ingresos altos (PIA), países de ingresos medios altos (PIMA) y países de ingresos medios bajos (PIMB) durante el período 1990 – 2016. De igual manera se efectuó un análisis de la correlación entre las variables en la región Latinoamericana y Caribeña.

En la Figura 6 se evidencia la evolución de las emisiones de GEI, el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población total a nivel de América Latina y el Caribe y por nivel de ingresos durante el período 1990 – 2016. Las emisiones de GEI muestran una serie de fluctuaciones y un crecimiento considerable. Latinoamérica y el Caribe tienen una baja participación respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

En el 2016 emitieron en promedio 315.753 kilotoneladas (kt) de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que supone un incremento de 149.579 kt de GEI, respecto a 1990, en el que las emisiones fueron de 166.174 kt, con lo cual, su crecimiento anual fue de 27.92%. Las emisiones de GEI en la atmósfera de los PIA obtuvieron un crecimiento anual promedio de 36,40% desde 1990 al 2016. Los PIMA presentaron un crecimiento de 23,92%, y finalmente, los PIMA en alcanzaron un crecimiento anual promedio de 51,45%.

El PIB per cápita en Latinoamérica y el Caribe, y en los grupos de países según su ingreso (Figura 6, panel A, B, C y D) presentaron algunos episodios de crecimiento, pero en general han terminado en alguna crisis y largos periodos de lento crecimiento. En el 2007 América Latina y el Caribe sufrió la crisis financiera mundial caracterizada por el default de pagos de préstamos hipotecarios de alto riesgo (Chafra y Guadalupe, 2017), induciendo un decrecimiento económico de 1,55% en la región, con lo cual el crecimiento anual pasó de 4,20% en 2007 a 2,65% en 2008 y para el año 2009 se redujo a -3,05% con respecto al año anterior.

En los PIA el PIB per cápita fue de 6,54% en 2007 descendió a 4,71% en 2009; en los PIMA el crecimiento se redujo a 2,93% en el 2008 respecto al año anterior donde la variación alcanzó 4,74%. En los PIMB el PIB per cápita en 2007 fue de 3,03%, disminuyendo en el 2008 a 2,08%. Después de dicha contracción económica, la recuperación aparece a partir del 2010 logrando un crecimiento anual de 4,57% en ALC, 6,34% en los PIA, 2,90% en los PIMA y 1,75% en los PIMB, gracias al eminente dinamismo de la demanda interna.

El uso de energía fósil en América Latina y el Caribe (Figura 6, panel E) experimentó una tendencia constante creciente desde 1990 al 2016, obteniendo un incremento aproximado de 275,79 kg equivalente del petróleo per cápita, en 1990 el uso de energía de la región fue de

843,16 kg, aumentando a 1.118,95 kg en 2016. En los PIA (Figura 6, panel F) presentaron un aumento del uso de energía fósil de 710,68 kg, con lo cual, su incremento pasó de 948,13 kg en 1990 a 1.658,81 kg en 2016.

En los PIMA (Figura 6, panel G) el uso de energía ascendió a 136,87 kg desde 1990 al 2016, pasando de 979,71 kg a 1.116,57; del mismo modo, los PIMB (Figura 6, panel H) el uso de energía en 1990 fue de 458,81 kg y aumentó a 692,31 en 2016. El sector energético de la región al depender mayoritariamente del uso de combustibles fósiles como fuente de energía, provoca que su incremento logre que las emisiones de GEI en la atmósfera sean mayores y se intensifiquen considerablemente (González, Sáez, y Lago, 2008).

El número de habitantes en América Latina y el Caribe (Figura 6, panel I) se cifró en torno a los 618 millones de personas, lo que supone un incremento de 188 millones, respecto a 1990, en el que la población fue de 430 millones de habitantes, obteniendo un crecimiento anual promedio de 1,40%. La población de los PIA (Figura 6, panel J) en 1990 alcanzó un total de 51 millones y en 2016 cerraron con una población de 69 millones, representando un incremento de 18 millones de personas, con un incremento anual promedio de 1,18%. Asimismo, los PIMA (Figura 6, panel K) obtuvieron un crecimiento de aproximadamente 151 millones de personas, pasando de 348 millones en 1990 a 500 millones en 2016. Finalmente, en los PIMB (Figura 6, panel L) la población total fue de 30 millones, alcanzando un acrecentamiento de 18 millones de habitantes, dado que en 2016 su población ascendió a 49 millones de personas.

En la Figura 7 se muestra la relación entre el PIB per cápita, el uso de energía fósil y la población sobre la emisión de gases de efecto invernadero de América latina y el Caribe, en donde, los tonos más suaves representan a los países que emiten menores GEI y su intensidad se hace más fuerte a medida que aumenta el nivel de gases en la atmósfera. El crecimiento

económico está representado por los círculos de color azul, al uso de energía fósil lo simboliza los círculos de color naranja, y la población está representado por los círculos de color verde. En donde, el tamaño de los círculos corresponde al nivel de crecimiento económico, uso de energía y la densidad poblacional de cada economía.

En promedio desde 1990 al 2016 los países que emiten mayores niveles de GEI en la región está encabezado por Brasil (2.060.173kt), seguido de México (597.882 kt), Argentina (338.841 kt), Bolivia (280.756), Venezuela (256.136), Colombia (169.564 kt) y Chile (95.660 kt), mismos que, forman parte del grupo de países de ingresos medios altos a excepción de Argentina y Chile que forma parte de los países de ingresos altos. Los países que emiten un menor número de emisiones se encuentran Ecuador (44.232 kt), Uruguay (31.980 kt), Panamá (11.884 kt), El Salvador (10.902) y Costa Rica (10.802). Los países que generan mayores gases son los que tienen un PIB per cápita, uso de energía y población superior que las demás economías de la región, mostrando una relación positiva entre las variables.

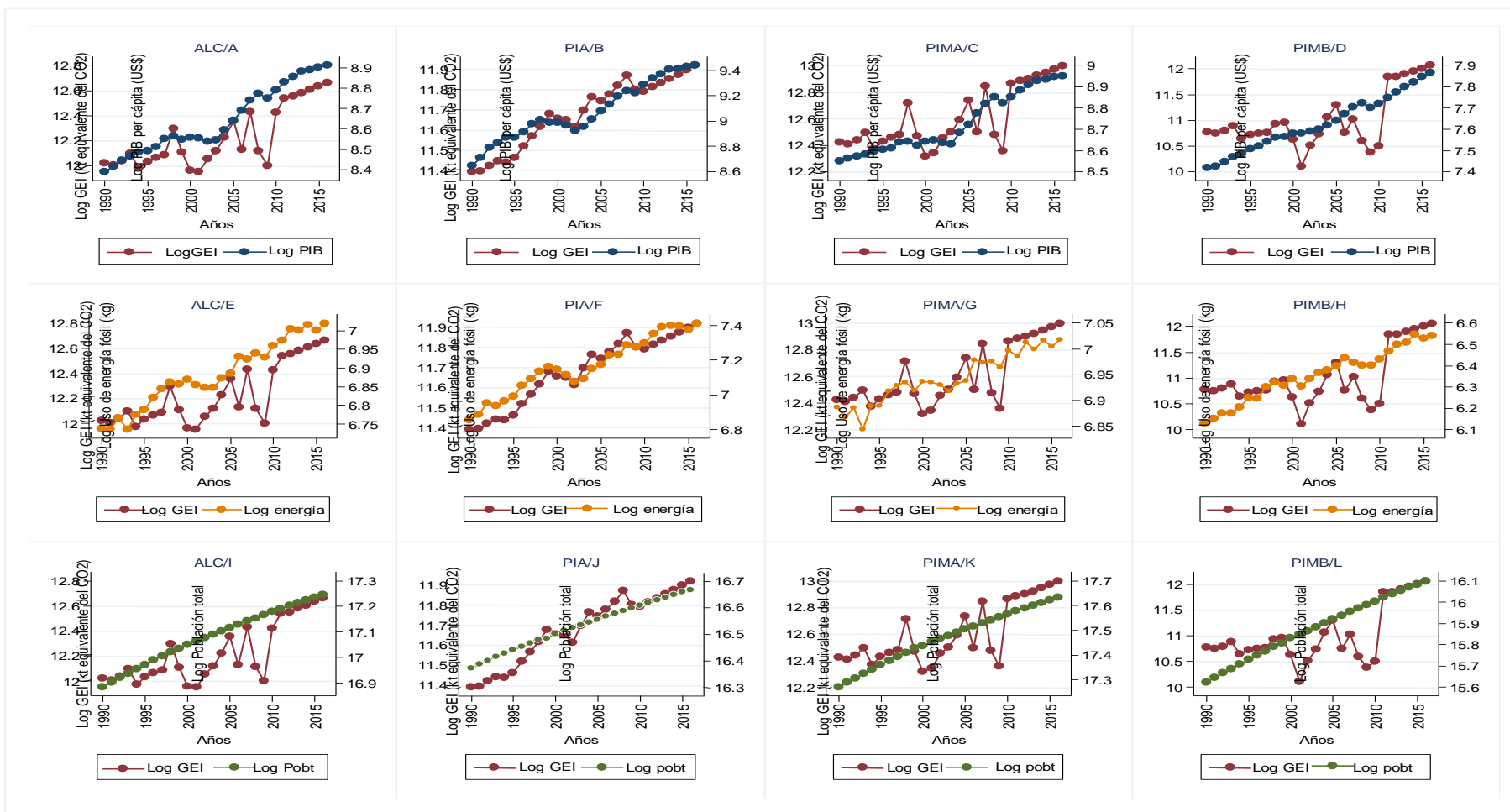


Figura 6. Evolución del nivel de emisiones de GEI en América Latina y el Caribe

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2018

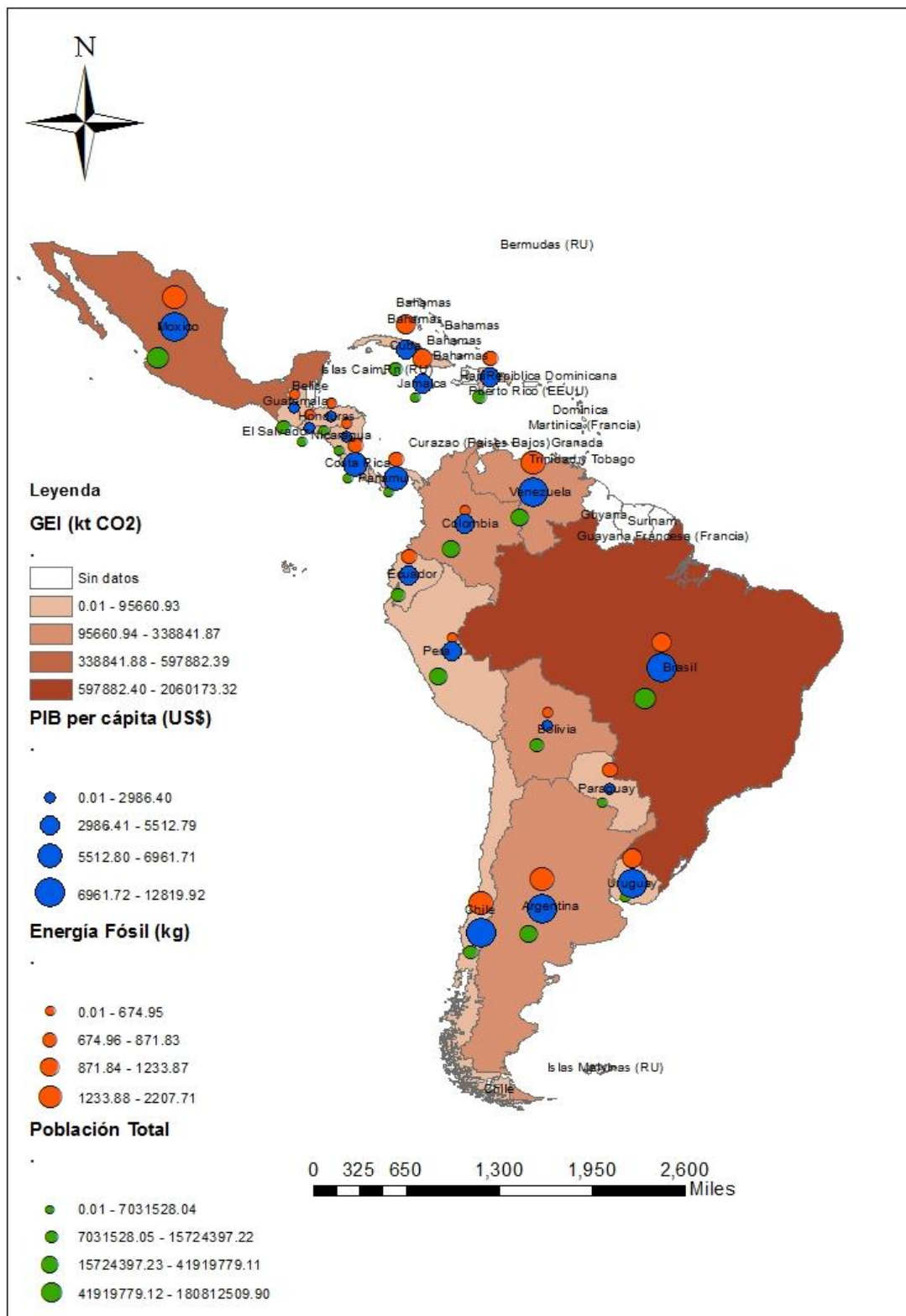


Figura 7. Relación entre los gases de efecto invernadero, el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población total en América Latina y el Caribe 1990 – 2016.

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2018.

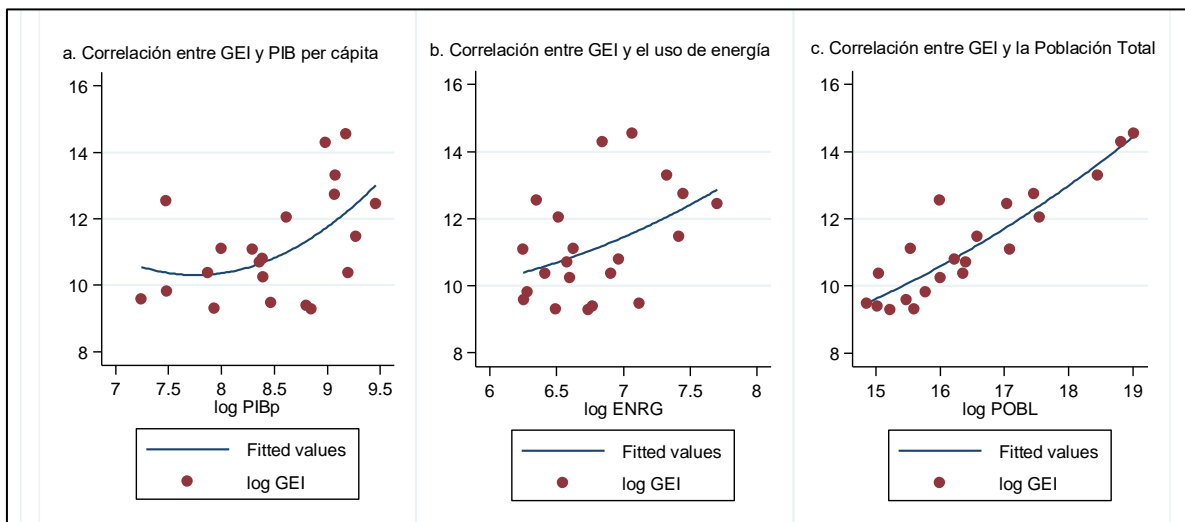


Figura 8. Correlación entre los gases de efecto invernadero, el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población total en América Latina y el Caribe.

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2018

La Figura 8 muestra la correlación entre los gases de efecto invernadero y el PIB per cápita, uso de energía y la población total en América Latina y el Caribe. Como se observa en la Figura 8, panel (a) el incremento del PIB per cápita provoca que las emisiones de GEI en la atmósfera se incrementen, obteniendo una relación positiva entre ambas variables. Lo mismo sucede con el uso de energía y la población (Figura 8, panel b y c), el aumento del uso de energía fósil y el crecimiento poblacional poseen un efecto positivo sobre el total de gases emitidos en la región. Gráficamente se comprueba que los tres determinantes analizados influyen sobre los GEI, fomentando la intensificación de la contaminación atmosférica y deterioro ambiental.

2 Objetivo específico 2

Estimar la relación a corto y largo plazo entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

Antes de efectuar las estimaciones de línea base para verificar el efecto del crecimiento económico, el uso de energía y la población sobre los gases de efecto invernadero, se aplicó el test de Hausman (1978) para verificar si el modelo se lo realiza mediante efectos fijos (FE) o efectos aleatorios (RE) comparando las estimaciones entre ambos efectos. Mediante la prueba de Wooldridge (2002) y Breusch - Pagan (1980) se detectó problemas de autocorrelación y heterocedasticidad. Los sesgos en los estimadores causados por dichos problemas se los corrigió mediante el modelo de mínimos cuadrados ordinarios generalizados (GLS).

Tabla 5. Regresiones lineales basadas en el modelo GLS

	ALC	PIA	PIMA	PIMB
Log PIB per cápita	0.41*** (3.59)	1.01*** (4.27)	0.49*** (3.79)	1.90*** (4.66)
Log Uso de energía fósil	0.50*** (5.43)	0.79*** (3.17)	0.53*** (4.75)	0.58* (1.99)
Log Población	0.73*** (22.26)	0.78*** (10.73)	0.87*** (23.04)	0.80* (1.73)
Constante	-7.915*** (-8.90)	-15.83*** (-8.52)	-10.96*** (-15.10)	2.53 (0.59)
Log (PIB per cápita) ² CMK	0.215* (2.26)	-0.0817 (-0.29)	0.393* (2.31)	-0.402 (-0.38)
Prueba de Hausman (p-value)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022
Autorrelación test (p-value)	0.78	0.75	0.66	0.89
Efectos fijos (grupo país)	Si	Si	Si	Si
Efecto fijo (tiempo)	Si	Si	Si	Si
Observaciones	540	108	297	135

t estadístico con significancia al *** < 1%; ** < 5% y * < 10%.

La Tabla 5 detalla los resultados de las regresiones lineales del PIB per cápita, uso de energía y la población sobre los GEI. La prueba de Hausman especifica que se trata de un modelo de efectos fijos en todos los grupos de países analizados. Lo que denota que las estimaciones consistentes explican de mejor forma la relación entre las variables. El PIB per cápita, el uso de energía fósil y la población tienen una relación positiva sobre los GEI, con una significancia

estadística del 1%, respectivamente. En los PIMB el uso de energía y la población influye sobre el total de gases de efecto invernadero con una significancia del 10%.

Con el fin de comprobar la existencia de la curva medioambiental de Kuznets en América Latina y el Caribe y en los grupos de países por ingreso se incluye la variable $\text{Log}(\text{PIB per cápita})^2$. De cumplirse la CMK, la variable PIBpc tendrá un signo positivo y PIBpc^2 un signo negativo (Robledo et al., 2013). Se comprueba que la CMK no se cumple en América Latina, el Caribe y en ninguno de los grupos. En ALC y los PIMA la regresión lineal es creciente y estadísticamente significativa al 10%. En los PIA y PIMB no existe significancia estadística. Por tanto, se rechaza la hipótesis de la CMK de U – invertida en la región Latinoamericana.

Previo a efectuar el análisis de cointegración, se realiza la prueba de raíz unitaria para datos de panel, verificando que las pruebas no sean estacionarias, mediante la aplicación de diferentes pruebas paramétricas: Levine, Lin y Chu (2002), Im, Pesaran y Shin (2003), y Breitung (2002); y pruebas no paramétricas: de Dickey y Fuller Augmented (1981), Phillips y Perron (1988). Estas pruebas fueron propuestas por Maddala y Wu (1999) y Breitung (2002) basadas en la homogeneidad de la raíz unitaria. La Tabla 6 muestra los resultados con y sin efectos del tiempo de la raíz unitaria en las emisiones de gases de efecto invernadero, PIB per cápita, energía y población. Las pruebas muestran una alta consistencia en las estimaciones y se verifica problemas de raíz unitaria con un orden de integración I (1), nivel de significancia del 1% y t estadístico del 0,01 en la mayoría de los grupos de países.

Tabla 6. Pruebas de raíz unitaria

		PP	ADF	LLC	UB	IPS	PP	ADF	LLC	UB	IPS
		<i>Sin tendencia</i>					<i>Con tendencia</i>				
<i>ALC</i>	GEI	-23.41***	-15.24***	-13.28***	-5.54***	-21.43***	-27.11***	-15.32***	-19.71***	-10.28***	-26.25***
	PIBpc	-9.69***	-6.48***	-12.13***	-4.57***	-11.52***	-9.83***	-6.79***	-11.32***	-3.82***	-11.58***
	ENRG	-17.26***	-8.51***	-21.08***	-5.50***	-20.29***	18.28***	-9.44***	-19.19***	-5.48***	-20.25***
	POBT	-11.55***	-16.70***	-8.35***	-2.70***	-12.68***	-30.48***	-18.17***	-21.66***	-16.56***	-19.75***
<i>PIA</i>	GEI	-7.27***	-4.86***	-8.16***	-3.30***	-7.75***	-8.01***	-5.73***	-9.38***	-4.61***	-9.21***
	PIBpc	-3.26***	-3.12***	-4.65***	-2.02**	-4.22***	-5.34***	-2.97***	-5.44***	-2.99***	-5.13***
	ENRG	-6.42***	-4.18***	-7.95***	-3.17***	-7.33***	-6.87***	-5.84***	-8.10***	-4.38***	-7.24***
	POBT	-6.05***	-7.35***	-2.56***	-1.08*	-5.49***	-13.59***	-8.06***	-9.65***	-7.41***	-8.79***
<i>PIMA</i>	GEI	-17.35***	-11.22***	-10.34***	-3.22***	-16.43***	-21.88***	-13.43***	-19.68***	-3.22***	-20.72***
	PIBpc	-7.41***	-4.44***	-9.17***	-3.61***	-8.94***	-7.32***	-4.97***	-8.21***	-3.14***	-8.81***
	ENRG	-13.14***	-5.23***	-16.10***	-3.13***	-16.24***	-14.10***	-6.12***	-13.63***	-3.10***	-15.77***
	POBT	-10.71***	-13.45***	-1.79**	-0.32	-7.67***	-22.61***	-13.49***	-16.12***	-12.32***	-14.70***
<i>PIMB</i>	GEI	-14.58***	-9.48***	-4.04***	-5.25***	-11.54***	-13.92***	-7.37***	-16.21***	-6.65***	-15.60***
	PIBpc	-5.46***	-3.57***	-6.55***	-1.99**	-6.00***	-5.96***	-3.57***	-6.72***	-1.24	-5.64***
	ENRG	-9.48***	-5.52***	-11.20***	-6.70***	-9.93***	-10.43***	-5.78***	-11.45***	-6.81***	-10.69***
	POBT	-2.09***	-6.86***	-8.65***	-3.70***	-9.07***	-16.63***	-8.80***	-12.13***	-7.80***	-10.76***

t estadístico significancia al *** < 1%; ** < 5% y * < 10%.

Las series al estar cointegradas hacen necesario estimar la existencia de un equilibrio a largo plazo entre las variables. Para determinar el equilibrio a largo plazo se empleó la prueba de cointegración de Pedroni (1999), basando en el análisis dentro y entre las estadísticas de prueba de dimensión conformadas por tres estadísticas de panel (p-statistic, PP-statistic y ADF-statistic), en donde, la hipótesis nula presume la inexistencia de cointegración entre variables y la hipótesis alternativa supone lo contrario. La técnica de Pedroni muestra un sondeo de la dimensión estadística obtenida por la sumatoria entre numeradores y denominadores a lo largo de la serie de forma independiente, bajo un nulo de no cointegración en un panel heterogéneo.

La Tabla 7 muestra los resultados de la prueba de Pedroni (1999), en la cual se confirma que en América Latina y el Caribe, países de ingresos altos, medios altos y medios bajos el PIB per cápita, la energía fósil y población influyen sobre las emisiones de GEI a largo plazo.

Los estadísticos p, PP y ADF (dentro de las dimensiones de los paneles y entre las dimensiones de los paneles) exponen un resultado coherente entre ellas y son estadísticamente significativos, ya que, presentan valores mayores o iguales a 2 en términos absolutos, rechazando la hipótesis nula de no cointegración con el 5% de significancia en los diferentes grupos de países. En los países de ingresos altos, solo una de las estadísticas (panel p-estadístico) muestra un resultado contradictorio.

Tabla 7. Cointegración de Pedroni

	ALC	PIA	PIMA	PIMB
<i>Dentro de las estadísticas de prueba de dimensión</i>				
Panel p- estadístico	-5.99**	-1.63*	-4.90**	-2.92**
Panel PP- estadístico	-25.21**	-6.50**	-22.36**	-10.56**
Panel ADF estadístico	-14.31**	-4.02**	-10.94**	-7.78**
<i>Entre las estadísticas de prueba de dimensión</i>				
Grupo p- estadístico	-4.36**	-2.31**	-3.75**	-2.07**
Grupo PP- estadístico	-28.12**	-7.44**	-24.94**	-11.47**
Grupo ADF estadístico	-14.37**	-4.15**	-11.05**	-8.35**

t estadístico significancia al ** < 5% y * < 10%.

De tal forma, se demuestra que un incremento en el crecimiento económico, el uso de energía y la población provoca que el nivel de emisiones de gases contaminantes en la atmósfera se eleve en el tiempo, con una fuerte estadística a favor de la relación de cointegración a largo plazo, teniendo al menos un vector de cointegración. La existencia de una relación a largo plazo implica que las variables analizadas se muevan de forma conjunta y simultánea dada la presencia de una fuerza de cointegración que las equilibra en el tiempo.

Sin embargo, es probable que un cambio en el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera varíen de forma inmediata, en consecuencia, de los cambios en el crecimiento económico, el uso de energía o población. Con el fin de comprobar esta relación se verificó el equilibrio a corto plazo entre las variables, empleando un modelo de error vectorial con datos de panel (VECM) desarrollado por Westerlund (2007). Para evaluar la cointegración a corto plazo se presentan cuatro pruebas: Gt - Ga que son estadísticos de grupo y Pt - Pa que son estadísticos de panel.

Los resultados encontrados aceptan la hipótesis alternativa de cointegración entre las series analizadas, tanto a nivel de América Latina y el Caribe como para todos los grupos de países, con una significancia estadística del 1%, confirmándose la existencia de una relación a corto plazo, demostrando que un cambio en el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población generan cambios inmediatos en los gases de efecto invernadero. Véase Tabla 8.

Tabla 8. Test de cointegración de Westerlund

<i>Grupo</i>	Estadístico	Valor	Z-valor	P-valor
<i>ALC</i>	Gt	-5.38	-13.78	0.00
	Ga	-22.60	-3.94	0.00
	Pt	-38.02	-28.69	0.00
	Pa	-58.01	-26.92	0.00
<i>PIA</i>	Gt	-4.51	-4.14	0.00
	Ga	-17.89	-0.59	0.00
	Pt	-11.94	-7.45	0.00
	Pa	-26.28	-3.71	0.00
<i>PIMA</i>	Gt	-5.19	-9.47	0.00
	Ga	-21.47	-2.46	0.00
	Pt	-22.67	-15.42	0.00
	Pa	-39.16	-11.75	0.00
<i>PIMB</i>	Gt	-6.52	-9.81	0.00
	Ga	-28.83	-3.70	0.00
	Pt	-20.03	-15.44	0.00
	Pa	-63.94	-15.20	0.00

t estadístico significancia al *** < 1%; ** < 5% y * < 10%.

Para medir la fuerza del vector de cointegración se estimó por mínimos cuadrados dinámicos (DOLS), el cual, es paramétrico y establece una opción alternativa para obtener el estimador de panel MCO modificado, desarrollado por Phillips y Moon (1999) y Pedroni (2001). Los países tienen un coeficiente positivo, y un vector de cointegración contundente cuando la relación entre los gases contaminantes y cada uno de sus determinantes es positiva con un coeficiente mayor o igual que 1. Cuando el coeficiente es negativo, la relación entre las variables es negativa. Cabe mencionar que las variables al estar expresados en logaritmos ayudan a que los estimadores se consigan interpretar como elasticidad de una forma directa.

La Tabla 9 muestra los resultados obtenidos mediante el modelo DOLS para los países de forma individual con efectos del tiempo fijo. En los países de ingresos altos: Panamá, Argentina, Chile y Uruguay tiene un vector de cointegración superior a 1 en el PIB per cápita, el uso de energía fósil y la población, confirmando que los cambios en cualquiera de estas variables generan un impacto en el nivel de emisiones de GEI.

Tabla 9. Resultados del modelo DOLS para países individuales

País	PIBpc		Energía Fósil		Población	
	Efectos del tiempo	Sin efectos del tiempo	Efectos del tiempo	Sin efectos del tiempo	Efectos del tiempo	Sin efectos del tiempo
PIA						
Panamá	-1.01	1.96*	0.17	-4.75*	-0.95	1.91*
Argentina	-0.24	3.24*	2.52*	-10.41*	-0.18	-45.05*
Chile	-1.48*	5.31*	1.98*	-1.71*	0.81*	-57.12*
Uruguay	3.48*	0.53*	2.05*	-0.43*	-3.46*	-0.20*
PIMA						
Costa Rica	4.40*	-0.66	-1.73*	-3.13*	-2.86*	2.36
México	4.18*	-0.85	1.74	-1.20*	0.64*	-0.16*
Brasil	26.82*	126.1*	6.83*	-150.4*	-0.90	8.97
Colombia	-2.22*	16.81*	2.30*	-22.19*	6.25*	-43.87*
Ecuador	-2.95*	6.95*	1.12*	0.15	-1.48*	31.21*
Paraguay	9.26*	-0.87	-11.25*	-4.52	2.08	2.43
Perú	-5.80*	-3.27*	2.35*	4.14*	-1.05*	-1.97*
Venezuela	-1.45*	-0.29	-0.30	-1.62	0.85	0.31*
Cuba	0.49	0.37	4.86*	-1.72*	-1.89*	15.18
Jamaica	-9.50*	-0.21	2.46*	0.20	1.89*	0.03
Rep. Dominicana	20.2*	-1.21*	-9.01*	0.98*	-0.06	-0.68*
PIMB						
El Salvador	1.93	-3.20*	3.53*	0.96	-62.77*	102.0*
Guatemala	27.57*	130.7*	2.92*	2.15	16.69	-303.9
Honduras	-55.35*	-42.41*	34.7*	91.54*	51.34*	36.55*
Nicaragua	0.28	-21.6*	-5.48*	20.79*	4.08*	12.16*
Bolivia	-2.79	-204*	15.47*	12.79*	116.5*	-12.98*

t estadístico indican el rechazo de la hipótesis nula al *** < 1%; ** < 5% y * < 10%. para H0: $\beta_i = 1$

En los países de ingresos medios altos: en Colombia y Perú las variables tienen mayor fuerza de vector de cointegración con y sin efectos del tiempo; en Costa Rica y Paraguay el PIB per cápita tienen un vector de cointegración mayor a 1 con efectos del tiempo, mientras que el uso de energía fósil y la población tienen un vector de cointegración con y sin efectos del tiempo. En todos los países que conforman el PIMB el crecimiento económico, el uso de energía y población poseen mayor fuerza de vector sobre los gases contaminantes.

Después de obtener la fuerza del vector de cointegración de los países de forma individual DOLS, se la realiza por grupo de países haciendo una estimación de panel PDOLS con y sin efectos del tiempo.

Tabla 10. Resultados del modelo PDOLS para los diferentes niveles de ingresos.

País	PIBpc		Energía Fósil		Población	
	β_i	Estadístico-t	β_i	Estadístico-t	β_i	Estadístico-t
Con efecto del tiempo						
ALC	5.53	23.82	0.21	9.38	-4.78	-4.35
PIA	0.19	1.33	1.60	6.84	-1.35	-6.09
PIMA	3.94	1.54	-0.06	6.14	0.32	2.14
PIMB	-5.67	-3.55	10.23	5.69	25.17	8.52
Sin efecto del tiempo						
ALC	0.67	6.05	-3.30	3.98	-11.89	8.45
PIA	2.76	19.51	-4.32	-20.53	-25.12	-4.99
PIMA	12.99	8.38	-16.08	3.16	- 1.25	4.81
PIMB	-28.09	-17.8	25.65	21.64	-30.24	14.23

En la Tabla 10 se observa que en América Latina y el Caribe y demás grupos de países, el PIB per cápita, el uso de energía fósil y la población el vector es estadísticamente significativo con y sin efectos del tiempo. Además, se puede apreciar que dentro de la categoría con efecto del tiempo en ALC el PIB per cápita y la población son las variables que tienen mayor contundencia de vector; en los PIA el uso de energía y la población son las variables que poseen mayor fuerza de vector; en los PIMA la fuerza de vector es contundente solamente en el PIB per cápita, finalmente en los PIMB todas las variables muestran contundencia en la fuerza de vector.

En la categoría sin efectos del tiempo se evidencia que en todos los grupos de países según su ingreso las variables determinantes presentan una fuerza de vector contundente. Sin embargo, a nivel de ALC el uso de energía y la población son las variables que presentan mayor contundencia en el vector. Cabe mencionar que las variables presentan mayor contundencia y fuerza de vector cuando el valor β_i es mayor o igual a 1 y el estadístico t es mayor a dos en términos absolutos.

3 Objetivo específico 3

Estimar la relación de causalidad entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

La prueba de causalidad de Granger entre la contaminación atmosférica y sus determinantes es calculada sobre la base de la prueba de causalidad propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012). La existencia de causalidad se comprueba cuando las variables presentan valores de P-value menores a 0,05, con significancia estadística del 1% o 5%. Las relaciones de causalidad pueden ser de carácter unidireccional cuando una variable causa a otra variable, sin embargo, la segunda variable no causa a la primera. Y de carácter bidireccional cuando una variable causa a otra y viceversa.

Tabla 11. Resultados de la prueba de causalidad basada en Dumitrescu y Hurlin

Dirección causal	Grupo	W-bar	Z-bar	P-valor
PIB → GEI	ALC	1.75	2.38	0.01
	PIA	2.72	2.44	0.01
	PIMA	1.18	0.42	0.67
	PIMB	2.24	1.96	0.04
GEI → PIB	ALC	0.77	-0.70	0.47
	PIA	2.22	1.73	0.08
	PIMA	0.39	-1.43	0.15
	PIMB	0.46	-0.84	0.39
Energía → GEI	ALC	1.04	0.15	0.87
	PIA	0.18	-1.15	0.24
	PIMA	0.95	-0.11	0.90
	PIMB	1.95	1.51	0.13
GEI → Energía	ALC	0.59	-1.27	0.20
	PIA	0.98	-0.02	0.98
	PIMA	2.48	3.48	0.00
	PIMB	2.41	2.22	0.02
Población → GEI	ALC	14.76	28.53	0.00
	PIA	0.72	-0.39	0.69
	PIMA	1.78	1.83	0.06
	PIMB	2.18	1.86	0.06
GEI → Población	ALC	4.93	12.44	0.00
	PIA	4.47	4.90	0.00
	PIMA	2.08	2.55	0.01
	PIMB	11.57	16.72	0.00

En la Tabla 11 se puede observar que a nivel de América Latina y el Caribe, en los países de ingresos altos y medios bajos existe una causalidad unidireccional entre el crecimiento económico y los gases de efecto invernadero. Así mismo, en los países de ingreso medios altos y medios bajos los GEI causan al uso de energía fósil. Respecto a la población y los GEI se encontró una causalidad bidireccional en ALC, es decir, el comportamiento de los años pasados infiere sobre la conducta en el tiempo de la población y viceversa. En los PIA, PIMA y PIMB la causalidad es unidireccional, donde los GEI causan a la población.

g. DISCUSIÓN

En esta sección se realiza un debate de los principales hallazgos obtenidos en cada uno de los objetivos específicos (sección *f*), contrastando con los resultados de otras investigaciones empíricas que estudian la relación de la contaminación y sus determinantes.

1 Objetivo específico 1

Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución de la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

De los resultados obtenidos en el primer objetivo, la evolución de los gases de efecto invernadero en América Latina y el Caribe, los países de ingresos altos, medios altos y medios bajos, presentaron un incremento ascendente en el tiempo de 27,22%, con la presencia de una serie de fluctuaciones desde 1990 hasta el 2016. Pese al aumento de los GEI, la región Latinoamericana no es un emisor históricamente importante en comparación con las demás regiones del mundo, representando aproximadamente el 9% y el 10% de las emisiones totales. Sin embargo, si es la región con mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático (Herrán, 2012).

Brasil es el país que genera mayores emisiones de gases contaminantes, seguido de México, Argentina, Bolivia, Venezuela, Colombia y Chile. Ruiz (2014) menciona que los sectores económicos que generan más emisiones en la economía Brasileña y Argentina son la energía, agricultura, ganadería, parque vehicular y la explotación forestal. Estos sectores también influyen en la emisión de gases de las demás economías de la región.

El desarrollo económico presentó una evolución ascendente en el tiempo, con un crecimiento anual promedio de 1,3%, con varios auges y declives a lo largo del período de estudio, debido a diferentes sucesos que afectaron la economía Latinoamericana y Caribeña.

Las economías que alcanzaron un mayor crecimiento del PIB per cápita fueron Venezuela, Argentina, Chile y Brasil.

Una de las mayores crisis económicas que afectó notablemente la región, fue la crisis de la deuda externa, también llamada “década perdida” para el desarrollo Latinoamericano. En donde, varias economías declararon la moratoria de su deuda externa y experimentaron serias dificultades derivadas de los desequilibrios macroeconómicos internos y choques externos, que involucraron tanto los precios de los hidrocarburos como la disponibilidad y costo del financiamiento externo (Ocampo, Stallings, Bustillo, Velloso, y Frenkel, 2014), provocando que el crecimiento económico de la región decayera -1,46% en 1990.

Otra de las crisis más importantes que enfrentó la región, fue la crisis financiera mundial denominada “la gran recesión”, misma que, se originó en Estados Unidos y se expandió por Europa en la segunda mitad del 2008 y 2009, provocando la caída del PIB per cápita de aproximadamente -3,05%. Esta crisis tuvo un mayor impacto en los países exportadores de productos manufactureros (México, Costa Rica, el Salvador, etc.), que tenían como principal cliente a Estados Unidos y en menor medida a los países exportadores de productos básicos gracias al mantenimiento de la demanda China (Quenan, 2013).

La recuperación de las economías de Latinoamérica y el Caribe iniciaron en la segunda mitad del 2009, su crecimiento se basa en gran medida al impulso del consumo privado, mejorando los indicadores laborales, el aumento del crédito y dinamismo de la demanda interna (CEPAL, 2011). Los países Latinoamericanos con mayor integración a los mercados financieros internacionales, como Chile y Brasil, pudieron disminuir el tiempo de duración del impacto de la crisis gracias al acceso a recursos de organismos financieros internacionales. Caso contrario sucedió con las economías menos integradas, como Ecuador y Bolivia, pues tuvieron que esperar a que los precios de las materias primas se recuperen para salir de la crisis (Chafra y Guadalupe, 2017).

El uso de energía fósil en América Latina y el Caribe desde 1990 al 2016 experimentó una tendencia creciente de 1,11% aproximadamente. Conforme Ruiz (2006) los países Latinoamericanos tienen una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, especialmente del petróleo, por ser el componente más importante de la matriz energética y una sustancia de extrema utilidad para el mundo actual, cumpliendo un rol fundamental en las economías de la región. Por ende, el aumento del uso de energía está estrechamente ligado con el crecimiento del PIB per cápita, debido a que su uso es trascendental en la producción, las industrias, y el transporte (Galindo y Sánchez, 2005).

El número de habitantes de Latinoamérica y el Caribe tuvo un crecimiento acelerado de 1990 a 2016, pasando de 430 millones a 618 millones de personas respectivamente. Brasil y México son los países con mayor número de habitantes en la región. De acuerdo con la división de población de las Naciones Unidas, Brasil representa el 0,33% de la población mundial y el 33% de la población de América Latina, con una densidad poblacional de 23 personas por km². El segundo país más poblado es México, representando el 19% de la población Latinoamericana, con una densidad poblacional de 59 personas por km².

Según Bullón (2002) la explosión demográfica genera graves consecuencias económicas y ambientales. Un mayor número de habitantes obliga a aumentar la productividad y el consumo per cápita, lo que supone una mayor explotación de los recursos naturales y el entorno. Además, el crecimiento demográfico absorbe los recursos destinados al desarrollo.

Cabe destacar que el rápido crecimiento de la población, no es solo un problema ambiental, sino también representa un problema socioeconómico debido a que, si el número de habitantes supera la producción de un país, se generan varios problemas sociales como el aumento de la pobreza y desigualdad.

Con base a los resultados obtenidos de la correlación entre los GEI con crecimiento económico, uso de energía fósil y la población, se encontró una relación positiva entre las variables tanto en América Latina y el Caribe como en los grupos de países según su ingreso. Lo que significa que si el crecimiento económico, el uso de energía o la población se incrementan, las emisiones de gases de efecto invernadero también se elevarán.

Diversos estudios han logrado identificar la relación positiva entre dichas variables, demostrando que el nivel de GEI está vinculado con el aumento del crecimiento económico, la energía fósil y la expansión demográfica (Gómez, 2007; Apergis y Payne, 2009; Pao y Tsai, 2011; Saboori y Sulaiman, 2013).

2 Objetivo específico 2

Estimar la relación a corto y largo plazo entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe durante el período 1990-2016.

La discusión del objetivo dos se efectuó en función de los resultados alcanzados en la regresión inicial básica GLS, la prueba de la raíz unitaria y los resultados de la relación de equilibrio a largo y corto plazo.

Con base a los resultados de la regresión básica GLS en Latinoamérica y los grupos de países según su ingreso se confirma que el crecimiento económico, uso de energía y la población influyen positivamente sobre los gases de efecto invernadero. De acuerdo con Sheinbaum, Ruíz, y Ozawa (2011) el crecimiento económico y el uso de energía tienen una estrecha relación con el nivel de emisiones de gases contaminantes, debido a la fuerte dependencia del uso de los combustibles fósiles. Cabe destacar que economías como Argentina, Chile y Brasil han alcanzado una potencia industrial – manufacturera, por lo que su nivel de emisiones supera a los países de menores ingresos (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, etc.).

Los resultados sobre la curva medioambiental de Kuznets demostraron que la hipótesis de U – invertida entre el crecimiento económico y la contaminación atmosférica no se cumple en América Latina, ni en los grupos de países según su ingreso. De esta manera se ha encontrado similitud con los resultados obtenidos por Saravia (2002), Zilio (2008) y Poudel, Paudel y Bhattarai (2009) en sus estudios realizados para Latinoamérica. Estos autores sostienen que la CMK no es relevante en los países en vías de desarrollo, puesto que su principal prioridad es aumentar su crecimiento económico, pasando a un segundo plano la disminución de la contaminación. Además, la insatisfacción de necesidades básicas, la elevada desigualdad de ingresos y la marcada debilidad institucional hacen que la degradación ambiental persista en este tipo de economías.

Por su parte, Rentería, et al., (2016) llegaron a resultados similares usando datos de series de tiempo, rechazando el cumplimiento de la CMK en la economía Ecuatoriana. no obstante confirmaron que gran parte de sus emisiones de GEI son el resultado del crecimiento económico y el consumo de energía. Adicionalmente, Robalino, et al., (2014) argumentan que Ecuador podría lograr una estabilización ambiental, si el crecimiento económico se combina con el uso de energías provenientes de fuentes renovables, una mejora de la productividad, y el uso eficiente de los combustibles fósiles. De igual manera, Restrepo (2004) en la economía Colombiana no acepta la CMK, asumiendo que Colombia aun se encuentra en la fase creciente de la curva medio ambiental de Kuznets, es decir, que todo crecimiento económico se está traduciendo en un mayor deterioro ambiental.

Antes de realizar la prueba de cointegración se identificó la estacionariedad de las variables y se determinó la longitud del retraso, mediante la aplicación de una serie de pruebas de: Levine, Lin y Chu (2002), Im, Pesaran y Shin (2003), y Breitung (2002); Dickey y Fuller Augmented (1981), Phillips y Perron (1988), encontrando que las series tienen un orden de cointegración I(1) al aplicar primeras diferencias. Chang y Carballo (2011) encuentran

resultados similares para las emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Al aplicar la prueba de Phillips y Perron (1988) hallaron que las variables poseían un orden de cointegración $I(1)$, siendo no estacionaria en niveles y estacionaria al aplicar la primera diferencia.

La prueba de cointegración de panel desarrollada por Pedroni (1999) muestra que a largo plazo, el crecimiento económico, uso de energía fósil y la población tienen un impacto positivo y estadísticamente significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero. Cuando existe una relación a largo plazo implica que las variables analizadas se mueven de forma conjunta y simultánea, debido a la existencia de una fuerza de cointegración que las equilibra en el tiempo. No obstante, es posible que el nivel de emisiones de gases contaminantes obtengan una variación inmediata por los cambios que presente la producción (Ponce y Alvarado, 2019).

Mediante la prueba de cointegración de Westerlund (2007) se verificó la existencia de equilibrio a corto plazo entre las variables, evidenciando que un cambio en la producción, uso de energía y la población provocan cambios inmediatos en el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos resultados son similares a las conclusiones obtenidas por Apergis y Payne (2009), Al-mulali et al. (2012), que en sus estudios para los países de América Latina confirmaron la existencia de una relación positiva a largo y corto plazo entre el nivel de gases contaminantes, el desarrollo económico, el uso de energía fósil y población. Chang - Carballo (2011) en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, entre otros países de América Latina, muestran que el crecimiento económico, el consumo de la energía y la población están asociadas con el aumento de la contaminación atmosférica.

En la misma línea, existe gran variedad de investigaciones tales como: Pao y Tsai (2011) en los países que conforman los BRICS; Robledo y Olivares (2013) en su estudio para CIVETS; Effiong y Iriabije (2018) en 49 países de África; Lorente y Álvarez (2016), Özkücü y Özdemir (2017), y Ouyang *et al.*, (2019) en sus estudios realizados para varios países de la OCDE, confirman la relación positiva y estadísticamente significativa a largo y corto plazo entre la

emisión de gases contaminantes, el crecimiento económico, la energía fósil y la población en diferentes grupos de países y economías.

De acuerdo con Jung et al., (2000) los países desarrollados han producido la mayoría de las emisiones generadas en el mundo. No obstante, la constante búsqueda del crecimiento económico significa que gran parte de las emisiones del futuro serán generadas por los países en vías de desarrollo. Sin embargo, esto no es un requisito inherente, ya que el crecimiento económico, los patrones de consumo de energía y la población no son las únicas fuentes emisoras de gases (Li y Lin, 2015).

3 Objetivo específico 3

Estimar la relación de causalidad entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

Los resultados obtenidos por la prueba de causalidad de Granger para datos de panel, mostraron una relación unidireccional entre el crecimiento económico y las emisiones a nivel de América Latina y el Caribe, los países de ingresos altos y países de ingresos medios bajos entre el crecimiento y los gases de efecto invernadero. Estos resultados son similares a los encontrados por Apergis y Payne (2009) quienes encontraron una relación causal unidireccional entre la producción y las emisiones de carbono en los países de Centroamérica. En los países de la ASEAN, Lean y Smyth (2010) también encontraron una causalidad unidireccional entre la variables, sin embargo, en este grupo de países la contaminación causa a la producción.

Los países de ingresos medios altos y medios bajos presentan una causalidad unidireccional en donde los gases de efecto invernadero causan al uso de energía. Chang y Soruco (2011) encontraron resultados similares en Brasil y Bolivia. Robledo et al., (2013) en su estudio para los CIVETS; y Al-mulali et al. (2012) en su investigación para varias regiones del mundo (incluida Latinoamérica y el Caribe) demostraron que la serie temporal del crecimiento

económico y el uso de energía intervienen en el nivel de gases contaminantes que se emiten a la atmósfera. Por su parte, Saboori y Sulaiman (2013) en su investigación muestran evidencia de causalidad bidireccional entre la producción y el consumo de energía sobre las emisiones contaminantes. Comprobando que, así como la producción y el consumo de energía influyen sobre la emisión de gases, los GEI también causan un efecto en el nivel de producción.

Finalmente, la población presentó una causalidad bidireccional en Latinoamérica, resultados que concuerda con los de Rahman (2017) para algunos países Asiáticos, en donde, la población y las emisiones presentan una causalidad bidireccional. De esta manera se comprueba que la población contribuye al aumento de las emisiones, sin embargo, las emisiones también tienen un efecto sobre la población. Dado que, cuando existen altas concentraciones de gases, perjudica la salud de las personas, disminuyendo la eficiencia del capital humano y en consecuencia la producción. No obstante, en los grupos de países según su ingreso se encontró una causalidad unidireccional que va desde los GEI hacia la población.

h. CONCLUSIONES

1. Objetivo específico 1

Los resultados de la investigación presentada permiten concluir que en la región Latinoamericana y Caribeña y en los grupos de países según su ingreso, el crecimiento económico, el uso de energía fósil, la población y los gases de efecto invernadero han evolucionado significativamente desde 1990 hasta el 2016, el PIB per cápita, la energía y los GEI obtuvieron algunas variaciones provocadas por diferentes factores económicos globales como la crisis de la deuda externa y la crisis financiera. La relación entre el crecimiento económico, el uso de energía y la población se relacionan de forma positiva con los gases de efecto invernadero. Las variables se encuentran altamente relacionadas, dado que, al aumentar la población, se necesita mayor producción para satisfacer sus necesidades y cuanto más actividad económica se produzca, mayor será el consumo de energía y de servicios como transporte, un hecho que implica más costes ambientales y el aumento de la contaminación atmosférica.

2. Objetivo específico 2

Se concluye que la hipótesis medioambiental de Kuznets sobre la curva de U-invertida no se ajusta para Latinoamérica y el Caribe, ni en los grupos según ingreso. Sin embargo, a largo plazo y corto plazo la relación entre el crecimiento económico, el uso de energía fósil y la población es positiva, es decir, que a medida que aumentan el ingreso, el uso de la energía y el número de habitantes, las emisiones de GEI también aumentan. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de una relación positiva entre las variables, comprobando que los cambios en las variables determinantes provocan cambios inmediatos y en el tiempo sobre las emisiones de gases contaminantes. La fuerza del vector de cointegración obtenida en los países de forma individual (DOLS) y grupos de países (PDOLS), la fuerza del vector del PIB per cápita, energía

fósil y población es estadísticamente significativa y contundente (con y sin efecto del tiempo) en la mayoría de los países.

3. Objetivo específico 3

Los resultados de causalidad comprobaron que el comportamiento del crecimiento económico predice la conducta de los gases de efecto invernadero en América Latina y el Caribe. En los países de ingresos medios altos y medios bajos los GEI causan unidireccionalmente al uso de energía. En el caso de la población y los gases contaminantes existe una causalidad bidireccional en ALC, es decir, los efectos de las emisiones totales de GEI se deben a los efectos del comportamiento de la población y viceversa. Mientras que en los países de ingresos altos, medios altos y medios bajos los gases contaminantes influyen sobre la población.

i. RECOMENDACIONES

Una vez formuladas las respectivas conclusiones del presente trabajo de investigación, se despliegan las siguientes recomendaciones.

- Fiscalizar los datos de los registros anuales emitidos por fuentes oficiales del uso y emisiones de contaminantes. Dado que la información disponible no está completa para todos los países de Latinoamérica. Además, la información existente se refiere a unos pocos contaminantes y podría verse influenciada por el criterio de funcionarios que suponen que la contaminación y el deterioro del hábitat son el precio inevitable del progreso. La disponibilidad completa de los datos facilitaría el análisis de datos confiables permitiendo reestructurar políticas que coadyuven a la prevención y control de la contaminación.
- Desarrollar políticas que favorezcan el uso de fuentes de energía renovable, uso de materiales no tóxicos y reciclables y la implementación de tecnologías de producción limpias. Permitiendo a los países tomar una vía sustentable y baja en emisiones.
- Establecer y fortalecer leyes de prevención de la contaminación, que obliguen a las industrias a implementar un plan de reducción de la generación de residuos y utilización de materias primas tóxicas, aumentando la responsabilidad del fabricante.
- Promover campañas de concientización ambiental. Brindando herramientas a la comunidad que le permitan proteger nuestro medio e impartir nuevos procesos para la sustitución de compuestos tóxicos que les permitan desarrollar nuevos métodos de reducción de la contaminación ambiental, que no solo protejan a la comunidad y al ambiente, sino que permitan también ahorrar dinero y coadyuvar al desarrollo de nuevas tecnologías.

j. BIBLIOGRAFÍA

- Acedo, A. (2015). Con el Acuerdo de París arderá el planeta. *Agencia Latinoamericana de Información (ALAI)*, 4–18. Retrieved from <http://www.alainet.org/es/articulo/174215>
- Acuña, G. (2001). Gestión ambientalmente adecuada de residuos urbanos en América Latina: un enfoque de política integral. *En: Desafíos e Innovaciones En La Gestión Ambiental: Actas Del Seminario Internacional Experiencia Latinoamericana En Manejo Ambiental"- LC/L. 1548-P-2001-p. 51-58"*.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723.
- Al-mulali, U., Binti Che Sab, C. N., & Fereidouni, H. G. (2012). Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission. *Energy*, 46(1), 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.08.043>
- ALADI. (2016). Indicadores Sociales/Demográficos. Retrieved January 12, 2019, from <http://www.aladi.org/nsfaladi/indicado.nsf/vvindicadoresweb/Conceptos y definiciones>
- Albert, L. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. *EN: Toxicología Ambiental*, 61–74.
- Ali, Y., Ciaschini, M., Socci, C., Pretaroli, R., & Severini, F. (2017). An analysis of CO2 emissions in Italy through the Macro Multiplier (MM) approach. *Journal of Cleaner Production*, 149, 238–250.
- Alkathlan, K., & Javid, M. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Saudi Arabia: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Policy*, 62, 1525–1532. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.068>
- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels.

- Energy Policy*, 105(March), 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.009>
- Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35(10), 4772–4778.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37(8), 3282–3286. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>
- Aránguez, E., Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 73, 123–132.
- Arellano, M., & Bover, O. (1990). La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas*, 14(1), 3–45.
- Ataz, E. M., & de Mera Morales, Y. D. (2004). *Contaminación atmosférica* (Vol. 45). Univ de Castilla La Mancha.
- Baethgen, W., & Martino, D. (2007). Cambio climático, gases de efecto invernadero e implicancias en los sectores agropecuario y forestal del Uruguay. *Resúmenes Del Taller Sobre El Protocolo de Kyoto. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Uruguay.*
- Ballester Díez, F., Tenías, J. M., & Pérez-Hoyos, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Revista Española de Salud Pública*, 73, 109–121.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159–175.
- Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Jornadas de Presentación de Resultados: El Estado Ecológico de Las Masas de Agua. Panel Científico-Técnico de Seguimiento de La Política de Aguas, Sevilla.*

- Barrie, L., & Braathen, G. (2017). Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero, 8.
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? *World Development*, 20(4), 481–496.
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM*.
- Bhattacharyya, R., & Ghoshal, T. (2010). Economic growth and CO 2 emissions. *Environment, Development and Sustainability*, 12(2), 159–177.
- Breitung, J. (2002). Nonparametric tests for unit roots and cointegration. *Journal of Econometrics*, 108(2), 343–363.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253.
- Callendar, G. S. (1938). The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64(275), 223–240.
- Carmona, J. C., Vergara, D. M. B., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49–63.
- CEPAL. (2011). *Estudio económico de América Latina: Modalidades de inserción externa y desafíos de política macroeconómica en una economía mundial turbulenta*. Retrieved from www.cepal.org/de
- CEPAL. (2014). La estimación de los efectos de los desastres en América Latina, 1972-2010. Retrieved January 30, 2019, from <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37104-la-estimacion-efectos-desastres-america-latina-1972-2010>
- CEPAL. (2018). Actividad económica de América Latina y el Caribe se expandirá 1,3% en 2018 y 1,8% en 2019 | Comunicado de prensa | Comisión Económica para América Latina

- y el Caribe. Retrieved February 2, 2019, from <https://www.cepal.org/es/comunicados/actividad-economica-america-latina-caribe-se-expandira-13-2018-18-2019>
- Chafra, P., & Guadalupe, J. (2017). La crisis financiera internacional del 2009 y la economía ecuatoriana . Los elementos que explican cómo Ecuador eludió la crisis. *CienciAmérica*, 6(1), 73–84.
- Chamberlin, T. C. (1899). An attempt to frame a working hypothesis of the cause of glacial periods on an atmospheric basis. *The Journal of Geology*, 7(6), 545–584.
- Chang, C.-C., & Carballo, C. F. S. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(7), 4215–4221.
- Chimeli, A. B., & Braden, J. B. (2002). The environmental Kuznets curve and optimal growth. *Palisades, NY: Columbia University*.
- CIA. (2019a). The World Factbook - Agencia Central de Inteligencia. Retrieved February 2, 2019, from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- CIA. (2019b). The World Factbook - Agencia Central de Inteligencia.
- Ciampitti, I. A., Ciarlo, E. A., & Conti, M. E. (2005). Emisiones de óxido nitroso en un cultivo de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]: efecto de la inoculación y de la fertilización nitrogenada. *Ciencia Del Suelo*, 23(2), 123–131.
- CMNUCC. (n.d.). Boletín de Negociaciones de la Tierra - vigésimo cuarto período de sesiones del los órganos subsidiarios de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático y reuniones asociadas - 15 al 26 de mayo de 2005. Retrieved December 14, 2018, from <http://enb.iisd.org/vol12/enb12296s.html>
- Crutzen, P. J. (1970). The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 96(408), 320–325.
- D'Antoni, H. L. (2012). El cambio global: Procesos naturales e intervención humana. *Acta*

- Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 46, 1–76.
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168.
- De Bruyn, S. M., van den Bergh, J. C. J. M., & Opschoor, J. B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 25(2), 161–175.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057–1072.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, 180–192.
- DRAE. (2001). Real Academia Española. Diccionario Usual. Retrieved January 12, 2019, from <http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=9ICbeA0S0DXX2vBkdwQx>
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., ... Valladares, F. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.
- Echarri, L. (1998). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente: Bachillerato: ciencias de la naturaleza y de la salud*. Teide.
- Echeverri Londoño, C. A. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 85–96.

- Effiong, E. L., & Iriabije, A. O. (2018). Let the data speak: semiparametric evidence on the environmental Kuznets curve in Africa. *Quality & Quantity*, 52(2), 771–782.
- Ehhalt, D., Prather, M., Dentener, F., Derwent, R., Dlugokencky, E. J., Holland, E., ... Matson, P. (2001). *Atmospheric chemistry and greenhouse gases*. Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States).
- Enders, W. (2008). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
- Esso, L. J., & Keho, Y. (2016). Energy consumption, economic growth and carbon emissions: Cointegration and causality evidence from selected African countries. *Energy*, 114, 492–497. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.010>
- Fang, M., Chan, C. K., & Yao, X. (2009). Managing air quality in a rapidly developing nation: China. *Atmospheric Environment*, 43(1), 79–86.
- Feldmann, F. J., & Biderman Furriela, R. (2001). Los cambios climáticos globales y el desafío de la ciudadanía planetaria. *Acta Bioética*, 7(2), 287–292.
- Field, B. C. (1997). *Economía ambiental*.
- Fleming, J. (2013). *The Callendar effect: the life and work of Guy Stewart Callendar (1898-1964)*. Springer Science & Business Media.
- Gaioli, M., & Blazquez, A. (2016). Impacto del cambio climático en la salud. *Med. Infant*, 23(1), 54–59.
- Galindo, L. M., & Sánchez, L. (2005). El consumo de energía y la economía mexicana: un análisis empírico con VAR. *Economía Mexicana. Nueva Época*, 14(2).
- Gallego, A. R. M. (2011). El cambio reciente del clima y las aves de Tarifa. *Aljaranda: Revista de Estudios Tarifeños*, (80), 35–39.
- Giménez, A., Castaño, J. P., Baethgen, W., & Lanfranco, B. (2009). Cambio climático en Uruguay, posibles impactos y medidas de adaptación en el sector agropecuario. *INIA, Serie Técnica*, (178), 56.

- GISS de la NASA: Comunicados de prensa y noticias de la NASA: NASA, NOAA Data Show 2016, el año más caluroso registrado a nivel mundial. (n.d.). Retrieved December 15, 2018, from <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/>
- Gloser, J. (2002). Miller, GT: Living in the Environment. Principles, Connections, and Solutions. *Biología Plantarum*, 1(45), 128.
- González, E., Sáez, K., & Lago, J. (2008). Atlas de la energía en América Latina y Caribe. *Observatorio de Multinacionales En América Latina (OMAL)*.
- Granger, C. W. J. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of Econometrics*, 39(1–2), 199–211.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. National Bureau of Economic Research.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
- Harbaugh, W. T., Levinson, A., & Wilson, D. M. (2002). Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve. *Review of Economics and Statistics*, 84(3), 541–551.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1251–1271.
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139–147.
- Herrán, C. (2012). *El cambio climático y sus consecuencias para América Latina*. Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Herrera, E., López, | M, & Carrillo, | J. (2014). *Memorias del Segundo Congreso CAMBIO CLIMATICO del Estado de Chihuahua*.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.

- Ito, K. (2017). CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. *International Economics*, 151, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001>
- JIM CHAPPELOW. (2019). Economic Growth Definition. Retrieved May 22, 2019, from <https://www.investopedia.com/terms/e/economicgrowth.asp>
- Jung, T. Y., La Rovere, E. L., Gaj, H., Shukla, P. R., & Zhou, D. (2000). Structural changes in developing countries and their implication for energy-related CO2 emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, 63(2–3), 111–136.
- Kais, S., & Sami, H. (2016). An econometric study of the impact of economic growth and energy use on carbon emissions: panel data evidence from fifty eight countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1101–1110.
- Keeling, C. D. (1958). The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 13(4), 322–334.
- Korc, M. E. (2001). Calidad del aire y su impacto en la salud en América Latina y el Caribe. *En: Desafíos e Innovaciones En La Gestión Ambiental: Actas Del Seminario Internacional" Experiencia Latinoamericana En Manejo Ambiental"-LC/L. 1548-P-2001-p. 15-22.*
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28.
- Labra, R., & Torrecillas, C. (2014). Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. *UAM-Accenture Working Papers*, 16(1), 57.
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). CO2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*, 87(6), 1858–1864. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.02.003>
- Levin, A., Lin, C.-F., & Chu, C.-S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and

- finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1–24.
- Li, K., & Lin, B. (2015). Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO₂ emissions: Does the level of development matter? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1107–1122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.185>
- Liobikienė, G., & Butkus, M. (2017). Environmental Kuznets Curve of greenhouse gas emissions including technological progress and substitution effects. *Energy*, 135, 237–248.
- Londoño, J., Correa, M. A., & Palacio, C. A. (2013). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de envigado, colombia (estimation of the emissions of atmospheric pollutants from mobile sources in the urban area of envigado, colombia). *Revista EIA*, 8(16), 149–162.
- Lorente, D. B., & Álvarez-Herranz, A. (2016). Economic growth and energy regulation in the environmental Kuznets curve. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16478–16494.
- Low, P., & Yeats, A. (1992). Do "dirty" industries migrate? *World Bank Discussion Papers*[WORLD BANK DISCUSSION PAPER.]. 1992.
- Mahony, T. O. (2013). Decomposition of Ireland's carbon emissions from 1990 to 2010 : An extended Kaya identity. *Energy Policy*, 59, 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.013>
- Martinez, D. R., Julio, L. A., Cabaleiro, J. C., Pena, T. F., Rivera, F. F., & Blanco, V. (2009). El criterio de información de Akaike en la obtención de modelos estadísticos de rendimiento. *XX Jornadas de Paralelismo*.
- Mayorga, M., & Muñoz, E. (2000). La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. *Banco Central de Costa Rica. Departamento de Investigaciones*

Económicas.

- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1233–1240.
- Montero, R. (2005). Test de Hausman. *Documentos de Trabajo En Economía Aplicada. España: Universidad de Granada.*
- Mundial, B. (1992). *Informe sobre el desarrollo mundial 1992. Desarrollo y medio ambiente.* Banco Mundial.
- Murillo, D. R. (2005). *Políticas e instrumentos para mejorar la gestión ambiental en las pymes y promover la oferta de bienes y servicios ambientales: el caso mexicano* (Vol. 95). United Nations Publications.
- NASA: Climate Change and Global Warming. (n.d.). Retrieved December 16, 2018, from <https://climate.nasa.gov/>
- NASA. (2018a). Arctic Sea Ice Minimum | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet. Retrieved January 7, 2019, from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>
- NASA. (2018b). Global Temperature | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet. Retrieved January 7, 2019, from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- NASA. (2018c). Nivel del mar | Signos Vitales - Cambio Climático: Signos Vitales del Planeta. Retrieved January 7, 2019, from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>
- Nava Escudero, C. (2016). El Acuerdo de París. Predominio del soft law en el régimen climático. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 49(147), 99–135.
- O’Ryan, R., & Larraguibel, L. (2000). *Contaminación del aire en Santiago: estado actual y soluciones* (Vol. 75). Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.
- OMS. (2018). Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. Retrieved

January 30, 2019, from <https://www.who.int/es/news-room/detail/29-10-2018-more-than-90-of-the-world's-children-breathe-toxic-air-every-day>

ONU. (2015a). Acuerdo de París Naciones Unidas 2015.

ONU. (2015b). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe.

ONU, O. d. Objetivos de desarrollo del milenio. Informe de 2015 (2015). Naciones Unidas Nueva York.

Organización Meteorológica Mundial. (17AD). El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero alcanza un nuevo récord | Organización Meteorológica Mundial. Retrieved October 21, 2018, from <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentración-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un>

Ouyang, X., Shao, Q., Zhu, X., He, Q., Xiang, C., & Wei, G. (2019). Environmental regulation, economic growth and air pollution: Panel threshold analysis for OECD countries. *Science of The Total Environment*, 657, 234–241.

Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26(1), 16–25.

Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639–647.

Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. International Labour Organization.

Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>

Pardos, J. A. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento*

- global* (Vol. 20). INIA.
- Park, J., & Hong, T. (2013). Analysis of South Korea's economic growth, carbon dioxide emission, and energy consumption using the Markov switching model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 543–551.
- Parra, M. (2003). Conceptos básicos en salud laboral. *Santiago de Chile: Oficina Internacional Del Trabajo, OIT*.
- Paul Romer. (2008). Economic Growth - Econlib. Retrieved May 22, 2019, from <https://www.econlib.org/library/Topics/College/economicgrowth.html>
- 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.
- Peng, J., Zhang, Y., Xie, R., & Liu, Y. (2018). Analysis of driving factors on China's air pollution emissions from the view of critical supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 203, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.219>
- Phillips, P. C. B., & Moon, H. R. (1999). Linear regression limit theory for nonstationary panel data. *Econometría*, 67(5), 1057–1111.
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biométrica*, 75(2), 335–346.
- Ponce, P., & Alvarado, R. (2019). Air pollution, output, FDI, trade openness, and urbanization: evidence using DOLS and PDOLS cointegration techniques and causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–16.
- Poudel, B. N., Paudel, K. P., & Bhattarai, K. (2009). Searching for an environmental Kuznets curve in carbon dioxide pollutant in Latin American countries. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(1), 13–27.

- Poumanyong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.029>
- Quenan, C. (2013). América latina frente a la crisis económica internacional: buena resistencia global y diversidad de situaciones nacionales. *IdeAs. Idées d'Amériques*, (4).
- Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506–514.
- Ramos, F. D., Díaz, M. S., & Villar, M. A. (2016). Biocombustibles.
- Restrepo, F. J. C. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. *Semestre Económico*, 7(14), 74–104.
- Robalino-López, A., García-Ramos, J.-E., Golpe, A. A., & Mena-Nieto, Á. (2014). System dynamics modelling and the environmental Kuznets curve in Ecuador (1980–2025). *Energy Policy*, 67, 923–931.
- Robledo, C., Entre, R., Emisiones, L. A. S., Consumo, E. L., El, D. E. E. Y., El, P. I. B., ... Olivares, W. (2013). EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL PIB : EL CASO DE LOS CIVETS *.
- Rochette, P., Angers, D. A., Bélanger, G., Chantigny, M. H., Prévost, D., & Lévesque, G. (2004). Emissions of N₂O from alfalfa and soybean crops in eastern Canada. *Soil Science Society of America Journal*, 68(2), 493–506.
- Rogers, J. E., & Whitman, W. B. (1991). *Microbial production and consumption of greenhouse gases: methane, nitrogen oxides, and halomethanes*. American Society for Microbiology Washington, DC.
- Rojas, M., Dueñas, A., & Sidorovas, L. (2001). Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela. *Revista Panamericana de Salud*

Pública, 9, 240–245.

Román, R., Cansino, J. M., & Rodas, J. A. (2018). Analysis of the main drivers of CO2 emissions changes in Colombia (1990–2012) and its political implications. *Renewable Energy*, 116, 402–411.

Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 0.

Rothman, D. S. (1998). Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck?: A case for consumption-based approaches. *Ecological Economics*, 25(2), 177–194.

Ruiz Caro, A. (2006). *Cooperación e integración energética en América Latina y el Caribe*. CEPAL.

Ruiz Nápoles, P. (2014). Crecimiento bajo en carbono y adopción de tecnologías para la mitigación: Los casos de la Argentina y el Brasil.

Saboori, B., & Sulaiman, J. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach. *Energy*, 55, 813–822.

SALAET FERNÁNDEZ, S., & ROCA JUSMET, J. (2010). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO2: Algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19(1).

Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). Measures of adaptation and mitigation to climate change in Latin America and the Caribbean. *Economic Commission for Latin America and the Caribbean*. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf?sequence=1

Saravia, A. (2002). La curva medio ambiental de Kuznets para América Latina y el Caribe. *Documento de Reflexión Académica*, (23), 10–25.

- Schatán, C. (2000). *Desarrollo económico y medio ambiente* (Vol. 7). Institut für Iberoamerika-Kunde.
- Segura, L. M. S., & Arriaga, J. A. L. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. UAEM.
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147–162.
- Sheinbaum, C., Ruíz, B. J., & Ozawa, L. (2011). Energy consumption and related CO₂ emissions in five Latin American countries: Changes from 1990 to 2006 and perspectives. *Energy*, 36(6), 3629–3638. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.023>
- Soytas, U., & Sari, R. (2007). The relationship between energy and production: evidence from Turkish manufacturing industry. *Energy Economics*, 29(6), 1151–1165.
- Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B. T. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62(3–4), 482–489. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.009>
- Stocker, T. (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Tavakoli, A. (2018). A journey among top ten emitter country , decomposition of “ Kaya Identity .” *Sustainable Cities and Society*, 38(December 2017), 254–264. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.040>
- Téllez, J., & Rodríguez, A. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. *Revista de Salud Pública*, 8, 108–117.
- Tezanos Vásquez, S. (2018). Geografía del desarrollo en América Latina y el Caribe: hacia una nueva taxonomía multidimensional de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Revista*

CEPAL.

Thitanuwat, B., Polprasert, C., & Englande Jr, A. J. (2017). Green residues from Bangkok green space for renewable energy recovery, phosphorus recycling and greenhouse gases emission reduction. *Waste Management*, *61*, 572–581.

UNFCCC. (1992). United Nations framework convention on climate change. United Nations New York.

Victor, R., Elisa, T., Diana, B.-B., & Diego, O.-J. (2016). Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía. El caso de Ecuador 1971-2010. *Revista Politécnica-Septiembre*, *38*(1).

Wang, Y., Han, R., & Kubota, J. (2016). Is there an environmental Kuznets curve for SO₂ emissions? A semi-parametric panel data analysis for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *54*, 1182–1188.

WDI. (2018). World Bank Open Data | Data. Retrieved October 31, 2018, from <https://datos.bancomundial.org/>

Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *69*(6), 709–748.

Wooldridge, J. M. (2002). Inverse probability weighted M-estimators for sample selection, attrition, and stratification. *Portuguese Economic Journal*, *1*(2), 117–139.

World Bank Group. (2016). The Cost of Air Pollution.

Xepapadeas, A. (2005). Economic growth and the environment. *Handbook of Environmental Economics*, *3*, 1219–1271.

Xiangzhao, F., & Ji, Z. (2008). Economic Analysis of CO₂ Emission Trends in China. *China Population, Resources and Environment*, *18*(3), 43–47. [https://doi.org/10.1016/S1872-583X\(09\)60005-X](https://doi.org/10.1016/S1872-583X(09)60005-X)

Zaman, K., & Moemen, M. A. el. (2017). Energy consumption, carbon dioxide emissions and

economic development: Evaluating alternative and plausible environmental hypothesis for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(November 2015), 1119–1130. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.072>

Zilio, M. I. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en América Latina. Un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y Sociedad*, 14(22), 133–161.

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. ANEXOS

ANEXO 1

PROYECTO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

CARRERA DE ECONOMÍA

TÍTULO:

“DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL
CARIBE: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL,
PERIODO 1990 – 2016”

*PROYECTO DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL GRADO DE ECONOMISTA*

AUTORA:

Leidy Carolina Caraguay Gómez

LOJA – ECUADOR
2018

a. TEMA

Determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina y el Caribe: un análisis de datos de panel, periodo 1990 – 2016

b. PROBLEMÁTICA

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación atmosférica se ha convertido en un tema de gran interés y uno de los problemas más preocupantes a nivel global, por lo que diversas organizaciones e investigadores se han centrado en la búsqueda de las fuentes causantes del aumento de las emisiones contaminantes. Con el fin de establecer medidas específicas que contribuyan a la disminución de los niveles excesivos de contaminación, logrando que su impacto en la salud humana y las alteraciones en el medio ambiente sean mínimas (Murillo, 2005).

La quema de combustibles fósiles, desarrollo industrial, crecimiento demográfico y demás actividades humanas han contribuido a una aceleración significativa de las emisiones de sustancias nocivas en la atmósfera tales como: el Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO²), Óxido nitroso (N₂O), Dióxido de azufre (SO²), Metano (CH⁴) y Ozono troposférico (O³), también conocidos como gases de efecto invernadero (Baethgen & Martino, 2007). Aligerando la degradación ambiental, pérdida de biodiversidad, erosión de los suelos y eventos climáticos (Londoño et al., 2013).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) en su reporte sobre el estado de los gases de efecto invernadero identificaron un crecimiento récord de los GEI en el 2016 al registrar $403,3 \pm 0,1$ ppm para el CO², $1\ 853 \pm 2$ ppb para el CH⁴ y $328,9 \pm 0,1$ ppb para el N₂O; con un aumento en valor relativo entre 2015 y 2016 de 3,3 ppm en el CO², 9 ppb para el CH⁴ y 0.8 ppb

para el N₂O. De acuerdo con datos de Banco Mundial en el 2012 los principales emisores de gases de efecto invernadero (kilotoneladas equivalente del CO²) en el mundo está encabezado por China con 12.454.711 kt, Estados Unidos (6.343.841 kt), India (3.002.895 kt), Brasil (2.989.418 kt), Rusia (2.803.398 kt), Japón (1.478.859 kt), Canadá (1.027.064 kt), Indonesia (780.551 kt), Australia (761.686 kt), Corea (668.990 kt), México (663.425), Bolivia (621.727 kt), Reino Unido (585.779 kt) y África del sur con 546.809 kt (Organización Meteorológica Mundial, 17AD).

En este contexto, la contaminación atmosférica es considerada como una situación difícil de abatir, dado que el crecimiento acelerado de las urbes las convierte en serios sumideros de residuos tóxicos. De tal modo, el estudio de este fenómeno es de gran relevancia académicas (Schatán, 2000).

2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la relación de la contaminación atmosférica y sus principales determinantes en América Latina y el Caribe, periodo 1990 – 2016?

3 ALCANCE DEL PROBLEMA

Por medio de la presente investigación se analizará los determinantes de la contaminación atmosférica de los 41 países que conforman América Latina y el Caribe, de los cuales México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá pertenecen a América Central; Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina, Paraguay, Uruguay, Brasil, Guyana y Surinam conforman América del Sur y el Caribe consta de Cuba, República Dominicana, Haití y Puerto Rico desde 1990 al 2016. El estudio tendrá un enfoque econométrico con datos en panel, utilizando técnicas de cointegración y corrección de error.

Considerando las bases de datos provenientes de fuentes oficiales como el Banco Mundial y la Organización Meteorológica Mundial.

4 EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el cuidado del medio ambiente se ha convertido es un tema muy importante para los gobiernos y organismos internacionales (Téllez & Rodríguez, 2006). Dado que la sociedad enfrenta cambios climáticos potencialmente rápidos provocados por actividades humanas que afectan a la composición de la atmósfera y al balance de la radiación solar (Giménez, Castaño, Baethgen, & Lanfranco, 2009). Existe una amplia literatura que explica los principales mecanismos de contaminación atmosférica, causantes del incremento nocivo de sustancias perjudiciales para la salud y el medio ambiente. El aporte del presente trabajo radica en el análisis de los determinantes de la contaminación atmosférica y los efectos a corto y largo plazo en el medio ambiente de las 24 economías de América Latina.

5 PREGUNTAS DIRECTRICES

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

- ¿Cuál es la evolución de la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016?
- ¿Cuál es la relación entre la contaminación atmosférica y sus determinantes a corto y largo plazo en los países que conforman América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016?
- ¿Cuál es la relación de causalidad la contaminación atmosférica y sus determinantes en los países que conforman América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016?

c. JUSTIFICACIÓN

1 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

La presente investigación es un instrumento para aplicar y complementar los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica obtenida en la Universidad Nacional de Loja – Carrera de Economía y a su vez es un requisito indispensable para la obtención del título de economista. Por lo cual se plantea el tema de investigación “Determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina y el Caribe: un análisis de datos de panel, periodo 1990 – 2016” fortaleciendo el desarrollo de competencias profesionales y habilidades de interacción social. La misma que podrá ser utilizada como guía para futuras investigaciones.

2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Como afirma (Barrie & Braathen, 2017), el acelerado aumento de los niveles de gases de efecto invernadero involucra cambios impredecibles en los sistemas climáticos del planeta, lo que conlleva graves perturbaciones ecológicas, económicas y de salud. Los diferentes eventos climáticos catastróficos provocan un estado de alerta en la economía de los gobiernos, ya que se necesitan grandes cantidades de recursos económicos para solventar los costos de los daños arquitectónicos y sociales que dejan los mismos (Feldmann & Biderman, 2001). Este trabajo de investigación estipula el comportamiento de los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina, generando soluciones alternativas que favorezcan la disminución de las emisiones de la contaminación ambiental.

3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Desde el inicio de la era de la industrialización la emisión de gases contaminantes de la atmósfera ha avanzado considerablemente, representando un constante peligro para la población, afectando su salud debido al aumento de nivel de enfermedades respiratorias, pulmonares asma y alergias (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste, 2006). Con este aporte se aspira generar medidas específicas y aplicación de acciones positivas que contribuyan a la disminución de la emisión de GEI y en consecuencia de la tasa de mortalidad en América latina.

d. OBJETIVOS

1 OBJETIVO GENERAL

Examinar la relación entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe en el período 1990 – 2016, mediante un estudio descriptivo y econométrico de datos de panel.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución de la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.
- Estimar la relación a corto y largo plazo entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.
- Estimar la relación de causalidad entre la contaminación atmosférica y sus determinantes en América Latina y el Caribe, durante el período 1990-2016.

e. MARCO TEÓRICO

1 ANTECEDENTES

El interés y preocupación por combatir la contaminación atmosférica es un tema que se viene estudiando desde el mundo contemporáneo, aproximadamente por el siglo XII en donde el monarca de la época Eduardo prohibió la quema de carbón, debido a su alto índice de contaminación (Korc, 2001).

A finales del siglo XIX, con el comienzo de la revolución industrial el nivel de contaminación del aire empieza a elevarse a gran escala, provocando eventos catastróficos en las grandes ciudades industrializadas como es el caso de Londres en 1952, donde la gran niebla tóxica causó la muerte de aproximadamente 4 mil habitantes, en donde, se liberó a la atmósfera

mil toneladas de dióxido de carbono, 140 toneladas de ácido clorhídrico, 14 toneladas de fluorina y 370 toneladas de dióxido de sulfuro; la lluvia ácida en 1970 que afectó a las ciudades del norte de Europa y América, causando graves daños en la salud de los pobladores y al ecosistema del planeta (Gaioli & Blazquez, 2016). Siendo motivo para que los gobiernos empezaran a promover políticas de control a la contaminación, para lograr disminuir los altos índices de contaminación (Ballester Díez, Tenías, & Pérez-Hoyos, 1999)

En la década de los 50 en América Latina y el Caribe, se elaboraron las primeras investigaciones orientadas al estudio de la contaminación gracias a la iniciativa de ministerios de salud y universidades. Por 1965 la organización panamericana de la salud en colaboración con los gobiernos dio inicio al desarrollo de políticas y programas orientados al control y mitigación de los gases contaminantes (Korc, 2001). Una de las medidas más sugeridas por la literatura es la implementación del uso de fuentes renovables, dado que expandir y desarrollar este tipo de fuentes ayuda a combatir el calentamiento global, promoviendo el crecimiento económico, siempre y cuando la implementación y combinación de políticas sean apropiadas, ya que son clave para que las energías limpias y el desarrollo económico se desenvuelvan sin contrariedades (Murillo, 2005).

En la actualidad existe un gran número de estudios relacionados con la contaminación atmosférica como el de Ali, Ciaschini, Soggi, Pretaroli, & Severini (2017), Mirza & Kanwal (2017), Kais & Sami (2016), (Park & Hong, 2013), (Saboori & Sulaiman, 2013), (Ang, 2007) y (Soytas & Sari, 2007) demostrando que la intensificación de las actividades económicas, procesos de combustión y deforestación son algunos de los principales factores causantes del aumento de las concentraciones de residuos tóxicos en la atmósfera. Ocasionando el aumento de la temperatura superficial global y que los eventos climáticos extremos sean cada vez más frecuentes y mortales (Thitanuwat, Polprasert, & Englande Jr, 2017).

En la opinión de Korc (2001), uno de los principales mecanismos para solucionar dichos problemas son los de cooperación de naciones mediante convenios internacionales como es el protocolo de Kioto o de Montreal. Destacando la importancia de la recopilación continua de datos representativos de los niveles de contaminación emitidos a la atmósfera por parte de los gobiernos con el fin de evaluar y establecer las políticas, normas y diferentes acciones de control que contribuyan a mitigar la contaminación, e incentivar a las empresas y población en general a aportar con el cuidado del medio ambiente (Londoño, 2013).

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

2.1.1 Definición

La contaminación atmosférica hace referencia a la acumulación de gases contaminantes que alteran la calidad del aire, mismos que además de incidir negativamente en la salud de las personas, son los principales responsables del cambio climático (Parra, 2003).

2.2 DETERMINANTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Albert (2004), señala que las emisiones de gases tienen un origen natural y antropogénico, el primero hace referencia a eventos propios de la naturaleza como son: las erupciones volcánicas, incendios forestales, polvo y la erosión, mientras que los de origen antropogénico son causados por las labores diarias del ser humano, como son los diferentes procesos de combustión, industriales, agrícolas y tecnológicos. Los gases contaminante más comunes son el monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógenos, dióxido de azufre y el metano (Ataz & de Mera Morales, 2004).

2.2.1 Monóxido de carbono (CO)

El CO es un gas venenoso, incoloro e inodoro proveniente de una combustión carente de oxígeno, es uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre, y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina y el mundo, constituyendo un grave peligro para los seres vivos, dado que en un ambiente cerrado tiende a ser muy tóxico (Téllez & Rodríguez, 2006).

Según Rojas, Dueñas y Sidorovas (2001), aproximadamente el 80% de emisiones de este gas tiene su origen en los automóviles de gasolina y diésel, de algunos procesos industriales que utilizan compuestos de carbono, incendios forestales e incineración de desechos, existiendo una concentración más alta en el área urbana de las ciudades.

2.2.2 Dióxido de carbono (CO²)

El dióxido de carbono es un gas no tóxico e incoloro que forma parte de la atmósfera terrestre, es el principal GEI antropogénico causante del calentamiento global. Una de las fuentes principales causantes del incremento de la concentración de CO², es la quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, deforestación y aumento demográfico (Oyarzún, 2010).

2.2.3 Óxido nitroso (N₂O)

Rochette (2004) describe al N₂O como un gas incoloro, que en su mayoría proviene de fuentes naturales derivadas de las actividades bacterianas del suelo y de procesos biológicos como es la desnitrificación y nitrificación, consecuencia de las malas prácticas del manejo del suelo del sector agrícola.

Representando un alto peligro para el ecosistema dado que los cambios en la naturaleza del suelo, incrementan el riesgo de contaminación ambiental por lixiviación, emisiones gaseosas y la concentración de sales y capas freáticas (Ciampitti et al., 2005). Cabe recalcar que la quema de biomasa y procesos industriales aunque en menor proporción también contribuyen al aumento de emisión de este gas (Echeverri Londoño, 2006).

2.2.4 Dióxido de azufre (SO²)

El dióxido de azufre es un gas incoloro, pesado, soluble en agua con olor fuerte e irritante, se forma por la oxidación del azufre que contienen los combustibles (O’Ryan & Larraguibel, 2000). La atmósfera de las zonas urbanas son las que contienen una mayor cantidad de compuestos de SO₂, pues están en contacto directo con los vehículos motorizados y varios procesos de combustión (Ballester, 2005).

Aránguez (1999) menciona que el SO², al estar en contacto con la humedad del aire tiende a oxidarse formando el ácido sulfúrico y trióxido de azufre siendo vapores reactivos que tienden a combinarse fácilmente con el vapor del agua provocando lluvia ácida y la acidificación de vertientes, lagos, ríos y el suelo.

2.2.5 Metano (CH⁴)

El metano al igual que los demás gases contaminantes contribuye al calentamiento global del planeta, ya que contribuye al aumento de la capacidad de atrapar el calor en la atmósfera (Hernández, 2010), se genera por la estabilización biológica de la materia orgánica en ambientes con escasez de oxígeno (Carmona et al., 2005).

Aproximadamente el 40% de CH⁴ proviene de fuentes naturales y el 60% proviene de actividades humanas como la ganadería, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles,

vertederos y combustión de biomasa (OMM, 2017). Cabe recalcar que este gas se produce normalmente por los procesos de digestión de los animales herbívoros y su nivel de emisión depende del tipo de animal y la dieta a la que están sujetos (Baethgen & Martino, 2007).

2.3 DATOS EN PANEL

Los datos de panel se caracterizan por poseer una serie de observaciones en múltiples periodos temporales. En donde la variable y_{it} tiene $i = 1, \dots, N$ observaciones de corte transversal y $t = 1, \dots, T$ observaciones de series temporales. i puede representar países, regiones o sectores, mientras que t representa momentos determinados de tiempo (Arellano & Bover, 1990).

La expresión de datos de panel es:

$$y_{jt} = (\beta_0 + \alpha_0) + \lambda_1 X_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (1)$$

Donde, β_0 se refiere al espacio, α_0 constituye el parámetro del tiempo y λ_1 es la variación de la variable regresora.

En la opinión de Mayorga y Muñoz (2000), el estudio de datos de panel captura la heterogeneidad no observable y permite analizar los aspectos de gran importancia como son: los efectos individuales específicos que afectan de forma desigual a cada uno de los agentes de estudio contenidos en la muestra siendo invariables en el tiempo. Y los efectos temporales afectan por igual a todas las unidades individuales de estudio, pero no varían en el tiempo.

2.3.1 Efectos fijos y aleatorios

Labra & Torrecillas (2014) afirma:

“Los efectos individuales α_i pueden ser tratados como aleatorios o fijos, por lo que, para realizar esta estimación, se asume que los α_i son constantes a lo largo del tiempo.

Para tratar los efectos aleatorios se aplica el Método Generalizado de momentos, que es una extensión más eficiente de MCO.

Este estimador asume la condición de que los efectos individuales no están correlacionadas con las variables explicativas del modelo, es decir:

$$\text{Corr}(\alpha_i, X) = 0 \quad (2)$$

Donde:

α_i = Efectos individuales

X = Variables explicativas.

Los efectos individuales se suman al término de error, quedando el modelo definido como

$$Y_{it} = \beta X_{it} + (\alpha_i + \mu_{it}) \quad (3)$$

Para tratar los efectos fijos se emplea el estimador intragrupos, el cual asume que el efecto individual está correlacionado con las variables explicativas. Este supuesto relaja la condición impuesta por el estimador de efectos aleatorios, tratando el efecto individual separadamente del término de error.

$$\text{Corr}(\alpha_i, X) \neq 0 \quad (4)$$

El modelo queda representado como sigue:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \mu_{it} \quad (5)$$

Este estimador tiene la ventaja de que permite conocer los α_i separadamente, lo que contribuye a entender de mejor forma el modelo. Además, evita una sobrestimación del parámetro β , lo que ocurre cuando se aplica el estimador de efectos aleatorios” (p.16)

2.3.2 Modelo de corrección de errores

El modelo de corrección de errores más utilizado para determinar el equilibrio a corto plazo entre las series utilizando la prueba de corrección de errores de Westerlund, cual establece que para verificar la hipótesis nula de no cointegración en datos en Panel, es necesario aplicar algunos test que ayudan a verificar el si el término de corrección del error de un modelo de corrección del error condicional es igual a cero (Westerlund, 2007).

3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se apoyará en la base legal de los Objetivos del Desarrollo del Milenio, centrándose en el objetivo 7, el cual se centra en la sostenibilidad del medio ambiente, además de tomar en cuenta los Artículos 2, 4, 5 y 6 del Acuerdo de París por el Cambio Climático. Y el Protocolo de Kioto de la convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (ONU, 1998).

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), es un marco de trabajo que cuenta con ocho objetivos, de los cuales el objetivo número 7 es: *Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente*, teniendo como meta principal “Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente” (ONU, 2015c). El artículo 2, 4, 5 y 6 del Acuerdo de París por el cambio climático establecen que:

El **Art 2**, detalla los deberes primordiales que se deben respetar.

1. El presente Acuerdo, al mejorar la aplicación de la Convención, incluido el logro de su objetivo, tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello:
 - a. Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático (Nava Escudero, 2016);
 - b. Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos (Nava Escudero, 2016);
 - c. Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (Nava Escudero, 2016).

El **Art 4**, establece que:

1. Para cumplir el objetivo a largo plazo referente a la temperatura que se establece en el artículo 2, las partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que las Partes que son países en desarrollo tardarán más en lograrlo, y a partir de ese momento reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la mejor información científica disponible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción antropogénicas por los sumideros en la

segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza (Acedo, 2015).

2. Cada Parte deberá preparar, comunicar y mantener las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que tenga previsto efectuar. Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas, con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones (Acedo, 2015).
3. La contribución determinada a nivel nacional sucesiva de cada Parte representará una progresión con respecto a la contribución determinada a nivel nacional que esté vigente para esa Parte y refleja la mayor ambición posible de dicha Parte, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales (Acedo, 2015).
4. Las Partes que son países desarrollados deberían seguir encabezando los esfuerzos, adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía. Las Partes que son países en desarrollo deberían seguir aumentando sus esfuerzos de mitigación, y se las alienta a que, con el tiempo, adopten metas de reducción o limitación de las emisiones para el conjunto de la economía, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales (Acedo, 2015).
5. Se prestará apoyo a las Partes que son países en desarrollo para la aplicación del presente artículo, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 9, 10 y 11, teniendo presente que un aumento del apoyo prestado permitirá a esas Partes acrecentar la ambición de sus medidas (Acedo, 2015).
6. Los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo podrán preparar y comunicar estrategias, planes y medidas para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero que reflejen sus circunstancias especiales (Acedo, 2015).

El **Art. 5** en el numeral 1 y 2 señala las medidas que deberán adoptar en los países para abatir los GEI, de tal forma que:

1. Las Partes deberían adoptar medidas para conservar y aumentar, según corresponda, los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero a que se hace referencia en el artículo 4, párrafo 1 d), de la Convención, incluidos los bosques (Nava Escudero, 2016).
2. Se alienta a las Partes a que adopten medidas para aplicar y apoyar, también mediante los pagos basados en los resultados, el marco establecido en las orientaciones y decisiones pertinentes ya adoptadas en el ámbito de la Convención respecto de los enfoques de política y los incentivos positivos para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques, y de la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques, y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo, así como de los enfoques de política alternativos, como los que combinan la mitigación y la adaptación para la gestión integral y sostenible de los bosques, reafirmando al mismo tiempo la importancia de incentivar, cuando proceda, los beneficios no relacionados con el carbono que se derivan de esos enfoques (Nava Escudero, 2016).

El **Art. 6**, en el numeral 4, señala los mecanismos para contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el desarrollo sostenible,

- a. Promover la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando al mismo tiempo el desarrollo sostenible (Acedo, 2015);
- 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 (Acedo, 2015);
- 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 (Acedo, 2015);

d. Producir una mitigación global de las emisiones mundiales (Acedo, 2015).

De acuerdo con el Protocolo de Kioto de la convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (ONU, 1998), se hace énfasis en el **Art. 2**, en los numerales 1, 2 3 y 4 los cuales establecen que:

1. Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3:
 - a. Aplicar y/o seguir elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo, las siguientes:
 - i. fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional (Nava Escudero, 2016);
 - ii. protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, teniendo en cuenta sus compromisos en virtud de los acuerdos internacionales pertinentes sobre el medio ambiente; promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación (Nava Escudero, 2016);
 - iii. promoción de modalidades agrícolas sostenibles a la luz de las consideraciones del cambio climático (Nava Escudero, 2016);
 - iv. investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales (Nava Escudero, 2016);

- v. reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero y aplicación de instrumentos de mercado (Nava Escudero, 2016);
 - vi. fomento de reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover unas políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal (Nava Escudero, 2016);
2. Las Partes incluidas en el anexo I procurarán limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal generadas por los combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional trabajando por conducto de la Organización de Aviación Civil Internacional y la Organización Marítima Internacional, respectivamente (Acedo, 2015).
 3. Las Partes incluidas en el anexo I se empeoran en aplicar las políticas y medidas a que se refiere el presente artículo de tal manera que se reduzcan al mínimo los efectos adversos, comprendidos los efectos adversos del cambio climático, efectos en el comercio internacional y repercusiones sociales, ambientales y económicas, para otras Partes, especialmente las Partes que son países en desarrollo y en particular las mencionadas en los párrafos 8 y 9 del artículo 4 de la Convención, teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 3 de la Convención. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo podrá adoptar otras medidas, según corresponda, para promover el cumplimiento de lo dispuesto en este párrafo (Acedo, 2015).
 3. Si considera que convendría coordinar cualesquiera de las políticas y medidas señaladas en el inciso a) del párrafo 1 supra, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, teniendo en cuenta las diferentes circunstancias nacionales

y los posibles efectos, examinar las formas y medios de organizar la coordinación de dichas políticas y medidas (Acedo, 2015).

f. METODOLOGÍA

1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

1.1 EXPLORATIVA

En la presente investigación se realiza una búsqueda de información, recolección de datos y evidencia empírica que permitan evaluar y percibir la realidad de una forma más acertada en cuanto a los determinantes de la contaminación atmosférica en América latina, período 1990-2016.

1.2 DESCRIPTIVO

La investigación describirá los aspectos referentes a los determinantes de la contaminación atmosférica, permitiendo conocer de una forma más exacta la realidad de este fenómeno.

1.3 CORRELACIONAL

De igual forma, la investigación se tipifica dentro de un estudio correlacional, dado que se verificará la relación mediante técnicas estadísticas y econométricas entre los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina.

1.4 EXPLICATIVA

Una vez obtenida y procesada la información referente al tema, se interpretará y explicará el comportamiento de las variables estudiadas y así formular alternativas de solución ante la problemática.

2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

2.1 MÉTODO CIENTÍFICO

2.1.1 Inductivo

A partir de la recolección de datos se efectuará un análisis para formular los enunciados necesarios basados en el tema de investigación planteada. Con toda la información adquirida se obtendrán mayores conocimientos sobre los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina.

2.1.2 Deductivo

Al conocer los principales determinantes de la contaminación atmosférica, se determinará el impacto de estos en el medio ambiente.

2.1.3 Analítico

El método analítico ayuda a analizar los determinantes de la contaminación atmosférica en América Latina, a través de la técnica de investigación con el fin de determinar las causas-efectos de las variables en el presente estudio.

2.1.4 Sintético

Será empleado ya que se unirá todas las partes que comprenderá este tema, para llegar a una completa comprensión del mismo, es decir, llegar a la pertinente interpretación de la esencia de lo que se llevará a cabo, tanto en sus partes como en sus características.

2.1.5 Estadístico

A través de este método se utilizarán programas estadísticos que transformarán los datos recolectados en información útil para extraer resultados y representarlos mediante gráficas y tablas, los cuales permitirán concluir y dar recomendaciones.

3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1 MUESTRA

Al ser una investigación que tiene un enfoque amplio no amerita en cálculo de la muestra, esta se basará en la obtención de datos para el análisis e interpretación, en el período de estudio 1990-2016, de las economías que conforman América Latina y el Caribe. Por lo tanto, se realizará el manejo de datos históricos de fuentes oficiales de las bases de datos del Banco Mundial (2018).

Tabla 1. Países que conforman América Latina y el Caribe

CLASIFICACIÓN ATLAS	PAÍSES
El Caribe	Cuba, República Dominicana, Haití y Puerto Rico
América Central	México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá
América del Sur	Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina, Paraguay, Uruguay, Brasil, Guyana y Surinam

Fuente: Banco Mundial (2018).

4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1 TÉCNICAS INVESTIGATIVAS

4.1.1 Bibliográfica

La investigación utiliza información de fuentes secundarias como artículos científicos, publicaciones, libros, internet y bibliotecas virtuales que permiten la recolección de información teórica recomendable para el desarrollo del tema propuesto.

4.1.2 Estadística

Mediante esta técnica se analiza los datos obtenidos y transformarlos en información para establecer conclusiones y recomendaciones.

4.1.3 Correlación

Las pruebas y evaluación de la correlación permitirán tener una visión óptima del grado de asociación entre la variable explicada y las variables explicativas.

4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.2.1 Ficha bibliográfica

Este instrumento será utilizado con la finalidad de ubicar, registrar y localizar fuentes de información.

4.2.2 Instrumentos para de análisis de datos y generación de variables.

Se utilizará los paquetes estadísticos para el análisis de los datos.

5 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

5.1 ANÁLISIS DE DATOS

Para verificar económicamente y cumplir con el objetivo planteado; primero se empleara un modelo de regresión básica con datos de panel usando el procedimiento de MCO (método de mínimos cuadrados ordinarios) atribuido a Carl Friedrich Gauss, donde la variable explicada es el total de gases de efecto invernadero $GEI_{i,t}$, y las variables explicativas serán el consumo de energía fósil (EF), Industrialización (I), área forestal (forest) y agricultura (agri) de los países i en el periodo $t = (EF_{i,t} + I_{i,t} + Def_{i,t} + Agri_{i,t})$. Se consideró 20 países es decir $i = 20$ y con un periodo de análisis comprendido desde 1990 al año 2016 ($t = 1990-2016$). La ecuación (2) formaliza esta relación:

$$(GEI_{i,t}) = (\alpha_0 + \beta_0) + \alpha_1 \text{Log}(EF_{i,t} + I_{i,t} + forest_{i,t} + Agri_{i,t} + \theta_{i,t}) \quad (6)$$

Para comprobar el equilibrio a corto y largo plazo entre las variables se empleará la prueba de cointegración desarrollada por Pedroni, el equilibrio a largo plazo se empleará la siguiente ecuación (Pedroni, 1999):

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

En la ecuación (7), $y_{i,t}$ representa la variable dependiente del país i en el periodo t . Los parámetros β , ω y π son los parámetros a estimar y el término ECT_{t-j} es el vector de cointegración de equilibrio a largo plazo y $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error aleatorio estacionario con media cero y j es la longitud del desfase.

El equilibrio a corto plazo entre series se lo estipulara mediante el uso de las pruebas de corrección de errores de Westerlund, mediante la Ecuación (8):

$$y_{i,t} = \delta_i d_i + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta_i X_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{pi} \alpha_{ij} y_{it-j} + \sum_{j=-qi}^{pi} \gamma_{ij} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

Donde $t = 1990-2016$ periodo de tiempo y en $i = 20$ países. El término d_i es el componente determinista. Confiando en la suposición de que el vector k -dimensional de $X_{i,t}$ (representa a los GEI) es aleatorio e independiente de $\varepsilon_{i,t}$ (Westerlund, 2007).

5.2 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la ejecución de la presente investigación, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar el tema y título de la investigación, delimitando la temática de estudio
Determinantes de la contaminación ambiental en América Latina, periodo 1990 – 2016.
2. Ajustar el marco teórico de la investigación, basándose en la evidencia bibliográfica que ayuden de antecedentes y de bases teóricas de estudio.
3. Detallar los criterios de la metodología guía, implantando las técnicas, instrumentos y tipo de investigación a desarrollarse.
4. Considerar todas las observaciones de apoyo a la teoría con el fin de generar ideas y realizar un mejor analizar eficaz de la información descriptiva obtenida.
5. Realizar una revisión exhaustiva con el director de tesis asignado, logrando así elaborar un informe escrito de la temática investigada para su presentación.

g. ESQUEMA DE CONTENIDOS

- 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

Año	2018												2019											
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
Mes	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del proyecto	X	X	X	X																				
Corrección del proyecto				X																				
Ampliación y revisión de literatura					X	X																		
Organización de datos oficiales y Obtención de resultados						X	X																	
Elaboración de Discusión, Conclusiones y Recomendaciones						X	X	X																
Introducción, Resumen								X	X	X														
Presentación del borrador de tesis										X	X													
Revisión del informe escrito de borrador de tesis											X	X	X											
Corrección del informe escrito de borrador de tesis													X	X										
Aprobación del informe escrito de borrador de tesis															X	X								
Formulación de propuestas																X	X							
Validación de propuestas															X	X	X							
Petición de audiencia																X	X	X						
Exposición privada																				X				
Correcciones																					X	X		
Exposición pública																								X

i. PRESUPUESTO Y FINANCIACIÓN

Para el desarrollo del trabajo de investigación, el autor incurrirá en los siguientes gastos:

Tabla 2. Presupuesto para trabajo de investigación

Concepto de rubro del gasto	Valor total (\$)
Elaboración del proyecto	70.00
Material bibliográfico	50.00
Material de escritorio	30.00
Impresiones de borradores	100.00
Internet	150.00
Anillados	80.00
Impresiones informe final tesis	120.00
Empastado	75.00
CD	5.00
Transporte	80.00
Imprevistos	50.00
Total	US \$810.00

Fuente y Elaboración: La autora

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

j. BIBLIOGRAFÍA

- Acedo, A. (2015). Con el Acuerdo de París arderá el planeta. *Agencia Latinoamericana de Información (ALAI)*, 4–18. Retrieved from <http://www.alainet.org/es/articulo/174215>
- Acuña, G. (2001). Gestión ambientalmente adecuada de residuos urbanos en América Latina: un enfoque de política integral. *En: Desafíos e Innovaciones En La Gestión Ambiental: Actas Del Seminario Internacional Experiencia Latinoamericana En Manejo Ambiental"- LC/L. 1548-P-2001-p. 51-58"*.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723.
- Al-mulali, U., Binti Che Sab, C. N., & Fereidouni, H. G. (2012). Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission. *Energy*, 46(1), 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.08.043>
- ALADI. (2016). Indicadores Sociales/Demográficos. Retrieved January 12, 2019, from <http://www.aladi.org/nsfaladi/indicado.nsf/vvindicadoresweb/Conceptos y definiciones>
- Albert, L. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. *EN: Toxicología Ambiental*, 61–74.
- Ali, Y., Ciaschini, M., Socci, C., Pretaroli, R., & Severini, F. (2017). An analysis of CO2 emissions in Italy through the Macro Multiplier (MM) approach. *Journal of Cleaner Production*, 149, 238–250.
- Alkathlan, K., & Javid, M. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in saudi arabia: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Policy*, 62, 1525–1532. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.068>
- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy*, 105(March), 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.009>
- Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35(10), 4772–4778.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37(8), 3282–3286. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>

- Aránguez, E., Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 73, 123–132.
- Arellano, M., & Bover, O. (1990). La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas*, 14(1), 3–45.
- Ataz, E. M., & de Mera Morales, Y. D. (2004). *Contaminación atmosférica* (Vol. 45). Univ de Castilla La Mancha.
- Baethgen, W., & Martino, D. (2007). Cambio climático, gases de efecto invernadero e implicancias en los sectores agropecuario y forestal del Uruguay. *Resúmenes Del Taller Sobre El Protocolo de Kyoto. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Uruguay.*
- Ballester Díez, F., Tenías, J. M., & Pérez-Hoyos, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Revista Española de Salud Pública*, 73, 109–121.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159–175.
- Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Jornadas de Presentación de Resultados: El Estado Ecológico de Las Masas de Agua. Panel Científico-Técnico de Seguimiento de La Política de Aguas, Sevilla.*
- Barrie, L., & Braathen, G. (2017). Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero, 8.
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? *World Development*, 20(4), 481–496.
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.*
- Bhattacharyya, R., & Ghoshal, T. (2010). Economic growth and CO 2 emissions. *Environment, Development and Sustainability*, 12(2), 159–177.
- Breitung, J. (2002). Nonparametric tests for unit roots and cointegration. *Journal of Econometrics*, 108(2), 343–363.

- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253.
- Callendar, G. S. (1938). The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64(275), 223–240.
- Carmona, J. C., Vergara, D. M. B., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49–63.
- CEPAL. (2011). *Estudio económico de América Latina: Modalidades de inserción externa y desafíos de política macroeconómica en una economía mundial turbulenta*. Retrieved from www.cepal.org/de
- CEPAL. (2014). La estimación de los efectos de los desastres en América Latina, 1972-2010. Retrieved January 30, 2019, from <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37104-la-estimacion-efectos-desastres-america-latina-1972-2010>
- CEPAL. (2018). Actividad económica de América Latina y el Caribe se expandirá 1,3% en 2018 y 1,8% en 2019 | Comunicado de prensa | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Retrieved February 2, 2019, from <https://www.cepal.org/es/comunicados/actividad-economica-america-latina-caribe-se-expandira-13-2018-18-2019>
- Chafra, P., & Guadalupe, J. (2017). La crisis financiera internacional del 2009 y la economía ecuatoriana . Los elementos que explican cómo Ecuador eludió la crisis. *CienciAmérica*, 6(1), 73–84.
- Chamberlin, T. C. (1899). An attempt to frame a working hypothesis of the cause of glacial periods on an atmospheric basis. *The Journal of Geology*, 7(6), 545–584.
- Chang, C.-C., & Carballo, C. F. S. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(7), 4215–4221.
- Chimeli, A. B., & Braden, J. B. (2002). The environmental Kuznets curve and optimal growth. *Palisades, NY: Columbia University*.
- CIA. (2019a). The World Factbook - Agencia Central de Inteligencia. Retrieved February 2, 2019, from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- CIA. (2019b). The World Factbook - Agencia Central de Inteligencia.

- Ciampitti, I. A., Ciarlo, E. A., & Conti, M. E. (2005). Emisiones de óxido nítrico en un cultivo de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]: efecto de la inoculación y de la fertilización nitrogenada. *Ciencia Del Suelo*, 23(2), 123–131.
- CMNUCC. (n.d.). Boletín de Negociaciones de la Tierra - Vigésimo cuarto período de sesiones del los órganos subsidiarios de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático y reuniones asociadas - 15 al 26 de mayo de 2005. Retrieved December 14, 2018, from <http://enb.iisd.org/vol12/enb12296s.html>
- Crutzen, P. J. (1970). The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 96(408), 320–325.
- D'Antoni, H. L. (2012). El cambio global: Procesos naturales e intervención humana. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 46, 1–76.
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168.
- De Bruyn, S. M., van den Bergh, J. C. J. M., & Opschoor, J. B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 25(2), 161–175.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057–1072.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, 180–192.
- DRAE. (2001). Real Academia Española. Diccionario Usual. Retrieved January 12, 2019, from <http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=9ICbeA0S0DXX2vBkdwQx>
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., ... Valladares, F. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.

- Echarri, L. (1998). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente: Bachillerato: ciencias de la naturaleza y de la salud*. Teide.
- Echeverri Londoño, C. A. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 85–96.
- Effiong, E. L., & Iriabije, A. O. (2018). Let the data speak: semiparametric evidence on the environmental Kuznets curve in Africa. *Quality & Quantity*, 52(2), 771–782.
- Ehhalt, D., Prather, M., Dentener, F., Derwent, R., Dlugokencky, E. J., Holland, E., ... Matson, P. (2001). *Atmospheric chemistry and greenhouse gases*. Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).
- Enders, W. (2008). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
- Esso, L. J., & Keho, Y. (2016). Energy consumption, economic growth and carbon emissions: Cointegration and causality evidence from selected African countries. *Energy*, 114, 492–497. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.010>
- Fang, M., Chan, C. K., & Yao, X. (2009). Managing air quality in a rapidly developing nation: China. *Atmospheric Environment*, 43(1), 79–86.
- Feldmann, F. J., & Biderman Furriela, R. (2001). Los cambios climáticos globales y el desafío de la ciudadanía planetaria. *Acta Bioethica*, 7(2), 287–292.
- Field, B. C. (1997). *Economía ambiental*.
- Fleming, J. (2013). *The Callendar effect: the life and work of Guy Stewart Callendar (1898-1964)*. Springer Science & Business Media.
- Gaioli, M., & Blazquez, A. (2016). Impacto del cambio climático en la salud. *Med. Infant*, 23(1), 54–59.
- Galindo, L. M., & Sánchez, L. (2005). El consumo de energía y la economía mexicana: un análisis empírico con VAR. *Economía Mexicana. Nueva Época*, 14(2).
- Gallego, A. R. M. (2011). El cambio reciente del clima y las aves de Tarifa. *Aljaranda: Revista de Estudios Tarifeños*, (80), 35–39.
- Giménez, A., Castaño, J. P., Baethgen, W., & Lanfranco, B. (2009). Cambio climático en Uruguay, posibles impactos y medidas de adaptación en el sector agropecuario. *INIA, Serie Técnica*, (178), 56.

- GISS de la NASA: Comunicados de prensa y noticias de la NASA: NASA, NOAA Data Show 2016, el año más caluroso registrado a nivel mundial. (n.d.). Retrieved December 15, 2018, from <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/>
- Gloser, J. (2002). Miller, GT: Living in the Environment. Principles, Connections, and Solutions. *Biologia Plantarum*, 1(45), 128.
- González, E., Sáez, K., & Lago, J. (2008). Atlas de la energía en América Latina y Caribe. *Observatorio de Multinacionales En América Latina (OMAL)*.
- Granger, C. W. J. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of Econometrics*, 39(1–2), 199–211.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. National Bureau of Economic Research.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
- Harbaugh, W. T., Levinson, A., & Wilson, D. M. (2002). Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve. *Review of Economics and Statistics*, 84(3), 541–551.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1251–1271.
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139–147.
- Herrán, C. (2012). *El cambio climático y sus consecuencias para América Latina*. Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Herrera, E., López, | M, & Carrillo, | J. (2014). *Memorias del Segundo Congreso CAMBIO CLIMATICO del Estado de Chihuahua*.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.
- Ito, K. (2017). CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. *International Economics*, 151, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001>
- JIM CHAPPELOW. (2019). Economic Growth Definition. Retrieved May 22, 2019, from <https://www.investopedia.com/terms/e/economicgrowth.asp>

- Jung, T. Y., La Rovere, E. L., Gaj, H., Shukla, P. R., & Zhou, D. (2000). Structural changes in developing countries and their implication for energy-related CO₂ emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, 63(2–3), 111–136.
- Kais, S., & Sami, H. (2016). An econometric study of the impact of economic growth and energy use on carbon emissions: panel data evidence from fifty eight countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1101–1110.
- Keeling, C. D. (1958). The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 13(4), 322–334.
- Korc, M. E. (2001). Calidad del aire y su impacto en la salud en América Latina y el Caribe. *En: Desafíos e Innovaciones En La Gestión Ambiental: Actas Del Seminario Internacional " Experiencia Latinoamericana En Manejo Ambiental"-LC/L. 1548-P-2001-p. 15-22.*
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28.
- Labra, R., & Torrecillas, C. (2014). Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. *UAM-Accenture Working Papers*, 16(1), 57.
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). CO₂ emissions, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*, 87(6), 1858–1864. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.02.003>
- Levin, A., Lin, C.-F., & Chu, C.-S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1–24.
- Li, K., & Lin, B. (2015). Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO₂ emissions: Does the level of development matter? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1107–1122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.185>
- Liobikienė, G., & Butkus, M. (2017). Environmental Kuznets Curve of greenhouse gas emissions including technological progress and substitution effects. *Energy*, 135, 237–248.
- Londoño, J., Correa, M. A., & Palacio, C. A. (2013). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de

- envigado, colombia (estimation of the emissions of atmospheric pollutants from mobile sources in the urban area of envigado, colombia). *Revista EIA*, 8(16), 149–162.
- Lorente, D. B., & Álvarez-Herranz, A. (2016). Economic growth and energy regulation in the environmental Kuznets curve. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16478–16494.
- Low, P., & Yeats, A. (1992). Do "dirty" industries migrate?. *World Bank Discussion Papers*[WORLD BANK DISCUSSION PAPER.]. 1992.
- Mahony, T. O. (2013). Decomposition of Ireland ' s carbon emissions from 1990 to 2010 : An extended Kaya identity. *Energy Policy*, 59, 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.013>
- Martinez, D. R., Julio, L. A., Cabaleiro, J. C., Pena, T. F., Rivera, F. F., & Blanco, V. (2009). El criterio de información de Akaike en la obtención de modelos estadísticos de rendimiento. *XX Jornadas de Paralelismo*.
- Mayorga, M., & Muñoz, E. (2000). La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. *Banco Central de Costa Rica. Departamento de Investigaciones Económicas*.
- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1233–1240.
- Montero, R. (2005). Test de Hausman. *Documentos de Trabajo En Economía Aplicada. España: Universidad de Granada*.
- Mundial, B. (1992). *Informe sobre el desarrollo mundial 1992. Desarrollo y medio ambiente*. Banco Mundial.
- Murillo, D. R. (2005). *Políticas e instrumentos para mejorar la gestión ambiental en las pymes y promover la oferta de bienes y servicios ambientales: el caso mexicano* (Vol. 95). United Nations Publications.
- NASA: Climate Change and Global Warming. (n.d.). Retrieved December 16, 2018, from <https://climate.nasa.gov/>
- NASA. (2018a). Arctic Sea Ice Minimum | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet. Retrieved January 7, 2019, from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea->

ice/

NASA. (2018b). Global Temperature | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet. Retrieved January 7, 2019, from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

NASA. (2018c). Nivel del mar | Signos Vitales - Cambio Climático: Signos Vitales del Planeta. Retrieved January 7, 2019, from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

Nava Escudero, C. (2016). El Acuerdo de París. Predominio del soft law en el régimen climático. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 49(147), 99–135.

O’Ryan, R., & Larraguibel, L. (2000). *Contaminación del aire en Santiago: estado actual y soluciones* (Vol. 75). Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.

OMS. (2018). Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. Retrieved January 30, 2019, from <https://www.who.int/es/news-room/detail/29-10-2018-more-than-90-of-the-world’s-children-breathe-toxic-air-every-day>

ONU. (2015a). Acuerdo de París Naciones Unidas 2015.

ONU. (2015b). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe.

ONU, O. d. Objetivos de desarrollo del milenio. Informe de 2015 (2015). Naciones Unidas Nueva York.

Organización Meteorológica Mundial. (17AD). El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero alcanza un nuevo récord | Organización Meteorológica Mundial. Retrieved October 21, 2018, from <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentración-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un>

Ouyang, X., Shao, Q., Zhu, X., He, Q., Xiang, C., & Wei, G. (2019). Environmental regulation, economic growth and air pollution: Panel threshold analysis for OECD countries. *Science of The Total Environment*, 657, 234–241.

Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26(1), 16–25.

Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639–647.

Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. International Labour Organization.

- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, *36*(1), 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Pardos, J. A. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global* (Vol. 20). INIA.
- Park, J., & Hong, T. (2013). Analysis of South Korea's economic growth, carbon dioxide emission, and energy consumption using the Markov switching model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *18*, 543–551.
- Parra, M. (2003). Conceptos básicos en salud laboral. *Santiago de Chile: Oficina Internacional Del Trabajo, OIT*.
- Paul Romer. (2008). Economic Growth - Econlib. Retrieved May 22, 2019, from <https://www.econlib.org/library/Topics/College/economicgrowth.html>
- 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.
- Peng, J., Zhang, Y., Xie, R., & Liu, Y. (2018). Analysis of driving factors on China's air pollution emissions from the view of critical supply chains. *Journal of Cleaner Production*, *203*, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.219>
- Phillips, P. C. B., & Moon, H. R. (1999). Linear regression limit theory for nonstationary panel data. *Econometrica*, *67*(5), 1057–1111.
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, *75*(2), 335–346.
- Ponce, P., & Alvarado, R. (2019). Air pollution, output, FDI, trade openness, and urbanization: evidence using DOLS and PDOLS cointegration techniques and causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–16.
- Poudel, B. N., Paudel, K. P., & Bhattarai, K. (2009). Searching for an environmental Kuznets curve in carbon dioxide pollutant in Latin American countries. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, *41*(1), 13–27.

- Poumanyvong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.029>
- Quenan, C. (2013). América latina frente a la crisis económica internacional: buena resistencia global y diversidad de situaciones nacionales. *IdeAs. Idées d'Amériques*, (4).
- Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506–514.
- Ramos, F. D., Díaz, M. S., & Villar, M. A. (2016). Biocombustibles.
- Restrepo, F. J. C. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. *Semestre Económico*, 7(14), 74–104.
- Robalino-López, A., García-Ramos, J.-E., Golpe, A. A., & Mena-Nieto, Á. (2014). System dynamics modelling and the environmental Kuznets curve in Ecuador (1980–2025). *Energy Policy*, 67, 923–931.
- Robledo, C., Entre, R., Emisiones, L. A. S., Consumo, E. L., El, D. E. E. Y., El, P. I. B., ... Olivares, W. (2013). EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL PIB : EL CASO DE LOS CIVETS *.
- Rochette, P., Angers, D. A., Bélanger, G., Chantigny, M. H., Prévost, D., & Lévesque, G. (2004). Emissions of N₂O from alfalfa and soybean crops in eastern Canada. *Soil Science Society of America Journal*, 68(2), 493–506.
- Rogers, J. E., & Whitman, W. B. (1991). *Microbial production and consumption of greenhouse gases: methane, nitrogen oxides, and halomethanes*. American Society for Microbiology Washington, DC.
- Rojas, M., Dueñas, A., & Sidorovas, L. (2001). Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 9, 240–245.
- Román, R., Cansino, J. M., & Rodas, J. A. (2018). Analysis of the main drivers of CO₂ emissions changes in Colombia (1990–2012) and its political implications. *Renewable Energy*, 116, 402–411.
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire:

- su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 0.
- Rothman, D. S. (1998). Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck?: A case for consumption-based approaches. *Ecological Economics*, 25(2), 177–194.
- Ruiz Caro, A. (2006). *Cooperación e integración energética en América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- Ruiz Nápoles, P. (2014). Crecimiento bajo en carbono y adopción de tecnologías para la mitigación: Los casos de la Argentina y el Brasil.
- Saboori, B., & Sulaiman, J. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach. *Energy*, 55, 813–822.
- SALAEY FERNÁNDEZ, S., & ROCA JUSMET, J. (2010). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO2: Algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19(1).
- Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). Measures of adaptation and mitigation to climate change in Latin America and the Caribbean. *Economic Commission for Latin America and the Caribbean*. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf?sequence=1
- Saravia, A. (2002). La curva medio ambiental de Kuznets para América Latina y el Caribe. *Documento de Reflexión Académica*, (23), 10–25.
- Schatán, C. (2000). *Desarrollo económico y medio ambiente* (Vol. 7). Institut für Iberoamerika-Kunde.
- Segura, L. M. S., & Arriaga, J. A. L. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. UAEM.
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147–162.
- Sheinbaum, C., Ruíz, B. J., & Ozawa, L. (2011). Energy consumption and related CO 2 emissions in five Latin American countries: Changes from 1990 to 2006 and perspectives. *Energy*, 36(6), 3629–3638. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.023>

- Soytas, U., & Sari, R. (2007). The relationship between energy and production: evidence from Turkish manufacturing industry. *Energy Economics*, 29(6), 1151–1165.
- Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B. T. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62(3–4), 482–489. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.009>
- Stocker, T. (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Tavakoli, A. (2018). A journey among top ten emitter country , decomposition of “ Kaya Identity .” *Sustainable Cities and Society*, 38(December 2017), 254–264. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.040>
- Téllez, J., & Rodríguez, A. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. *Revista de Salud Pública*, 8, 108–117.
- Tezanos Vásquez, S. (2018). Geografía del desarrollo en América Latina y el Caribe: hacia una nueva taxonomía multidimensional de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Revista CEPAL*.
- Thitanuwat, B., Polprasert, C., & Englande Jr, A. J. (2017). Green residues from Bangkok green space for renewable energy recovery, phosphorus recycling and greenhouse gases emission reduction. *Waste Management*, 61, 572–581.
- UNFCCC. (1992). United Nations framework convention on climate change. United Nations New York.
- Victor, R., Elisa, T., Diana, B.-B., & Diego, O.-J. (2016). Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía. El caso de Ecuador 1971-2010. *Revista Politécnica-Septiembre*, 38(1).
- Wang, Y., Han, R., & Kubota, J. (2016). Is there an environmental Kuznets curve for SO₂ emissions? A semi-parametric panel data analysis for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1182–1188.
- WDI. (2018). World Bank Open Data | Data. Retrieved October 31, 2018, from <https://datos.bancomundial.org/>
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics*

and Statistics, 69(6), 709–748.

Wooldridge, J. M. (2002). Inverse probability weighted M-estimators for sample selection, attrition, and stratification. *Portuguese Economic Journal*, 1(2), 117–139.

World Bank Group. (2016). The Cost of Air Pollution.

Xepapadeas, A. (2005). Economic growth and the environment. *Handbook of Environmental Economics*, 3, 1219–1271.

Xiangzhao, F., & Ji, Z. (2008). Economic Analysis of CO2 Emission Trends in China. *China Population, Resources and Environment*, 18(3), 43–47. [https://doi.org/10.1016/S1872-583X\(09\)60005-X](https://doi.org/10.1016/S1872-583X(09)60005-X)

Zaman, K., & Moemen, M. A. el. (2017). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic development: Evaluating alternative and plausible environmental hypothesis for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(November 2015), 1119–1130. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.072>

Zilio, M. I. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en América Latina. Un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y Sociedad*, 14(22), 133–161.

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

ANEXO 2

MAPA POLÍTICO DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



Figura 9. Mapa político de América Latina y el Caribe.
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2018.

ANEXO 3

LISTA DE PAÍSES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Tabla 12. Países de América latina y el caribe clasificados según su nivel de ingresos.

PIA	PIMA	PIMB
Panamá	Costa Rica	El Salvador
Argentina	México	Guatemala
Chile	Brasil	Honduras
Uruguay	Colombia	Nicaragua
	Ecuador	Bolivia
	Paraguay	
	Perú	
	Venezuela	
	Cuba	
	Jamaica	
	Rep. Dominicana	

ÍNDICE 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 LA LITERATURA	7
1 Antecedentes	7
2 Evidencia empírica.....	12
3 Fundamentación teórica	18
3.1 Contaminación	18
3.1.1 Tipos de contaminación.....	18
3.1.1.1 Contaminación del agua	18
3.1.1.2 Contaminación del suelo	19
3.1.1.3 Contaminación del aire.....	19
3.2 Contaminación atmosférica	19
3.2.1 Contaminantes de la atmósfera.....	19
3.2.1.1 Gases de efecto invernadero (GEI).....	20
3.2.1.1.1 <i>GEI directos</i>	20
3.2.1.1.1.1 Dióxido de carbono (CO ²).....	20
3.2.1.1.1.2 Metano (CH ⁴).....	20
3.2.1.1.1.3 Dióxido de Nitrógeno (NO ²)	21
3.2.1.1.1.4 Compuestos Halogenados.....	21
3.2.1.1.1.5 Ozono Troposférico (O ³).....	22
3.2.1.1.2 <i>GEI indirectos</i>	22

3.2.1.1.2.1	Monóxido de carbono (CO)	22
3.2.1.1.2.2	Dióxido de azufre (SO ²)	22
3.2.1.1.2.3	Material particulado (PM)	23
3.2.2	Efectos de la contaminación atmosférica	23
3.2.2.1	Agotamiento de la capa de ozono	23
3.2.2.2	Variabilidad climática	24
3.2.2.3	Calentamiento Global	24
3.2.2.4	Deterioro de la salud humana	27
3.3	Factores determinantes de la contaminación atmosférica	27
3.3.1	Crecimiento Económico	27
3.3.1.1	Producto Interno Bruto (PIB)	28
3.3.1.1.1	<i>Medición del PIB</i>	29
3.3.1.1.2	<i>Tipos de PIB</i>	29
3.3.2	Crecimiento poblacional	30
3.3.3	Combustibles fósiles	31
3.4	América latina y el caribe	31
3.4.1	Ubicación geográfica	31
3.4.2	Actividad económica	32
4	Fundamentación legal	33
e.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
1	Materiales	37
2	Métodos	37
2.1	Tipo de investigación	37
2.1.1	Descriptivo	37
2.1.2	Explicativa	37
2.2	Métodos de investigación	38
2.2.1	Inductivo	38
2.2.2	Deductivo	38
2.2.3	Analítico	38
2.2.4	Sintético	38
2.2.5	Estadístico	38
2.3	Técnicas de investigación	39

2.3.1	Bibliográfica	39
2.3.2	Estadística	39
2.4	Tratamiento de los datos	40
2.4.1	Clasificación de los países analizados	40
2.4.2	Análisis de datos	41
2.4.3	Metodología de la investigación	44
f.	RESULTADOS	49
1	Objetivo específico 1	49
2	Objetivo específico 2	56
3	Objetivo específico 3	63
g.	DISCUSIÓN	65
1	Objetivo específico 1	65
2	Objetivo específico 2	68
3	Objetivo específico 3	71
h.	CONCLUSIONES	73
i.	RECOMENDACIONES	75
j.	BIBLIOGRAFÍA	76
k.	ANEXOS	93
	ANEXO 1	93
	ANEXO 2	135
	ANEXO 3	136
	ÍNDICE DE CONTENIDOS	137
	ÍNDICE DE FIGURAS	140
	ÍNDICE DE TABLAS	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cobertura geográfica de la investigación	viii
Figura 2. Ciclo del agua	18
Figura 3. Incremento de la temperatura a nivel global.	25
Figura 4. Desvanecimiento de las masas de hielo.....	26
Figura 5. Incremento del nivel del mar	26
Figura 6. Evolución del nivel de emisiones de GEI en América Latina y el Caribe	53
Figura 7. Relación entre los gases de efecto invernadero, el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población total en América Latina y el Caribe 1990 – 2016.....	54
Figura 8. Correlación entre los gases de efecto invernadero, el PIB per cápita, uso de energía fósil y la población total en América Latina y el Caribe.....	55
Figura 9. Mapa político de América Latina y el Caribe.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales utilizados durante la elaboración del presente trabajo.....	37
Tabla 2. Clasificación de los países según su ingreso de América Latina y el Caribe.....	40
Tabla 3. Descripción de las variables	42
Tabla 4. Resumen estadístico de las Variables	43
Tabla 5. Regresiones lineales basadas en el modelo GLS	56
Tabla 6. Pruebas de raíz unitaria	58
Tabla 7. Cointegración de Pedroni	59
Tabla 8. Test de cointegración de Westerlund	60
Tabla 9. Resultados del modelo DOLS para países individuales.....	61
Tabla 10. Resultados del modelo PDOLS para los diferentes niveles de ingresos.....	62
Tabla 11. Resultados de la prueba de causalidad basada en Dumitrescu y Hurlin	63
Tabla 12. Países de América latina y el caribe clasificados según su nivel de ingresos..	136