



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Carrera de Economía

“Incidencia de los factores económicos e institucionales bajo el enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets (EKC): evidencia empírica para el Ecuador y América Latina”

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Economista

Modalidad: Artículo Académico

AUTORAS:

Andrade Rojas Gabriela Cristina

CI. 0105889802

Ramón Tacuri Diana Verónica

CI. 0106407166

DIRECTOR:

Roldán Monsalve Diego Fernando, Ph.D.

CI. 0101693588

Cuenca – Ecuador

2018



RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad determinar el impacto de variables institucionales y económicas sobre la degradación ambiental en Latinoamérica y Ecuador, bajo el enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets (EKC), mediante el análisis de dos modelos. El primero utiliza la metodología de Cointegración de Panel, el Método Generalizado de Momentos y el Promedio de Grupos Agrupado, para 16 países de Latinoamérica del 2002-2014; en que se buscó determinar el impacto de indicadores institucionales sobre el CO₂ y la Huella Ecológica (HE). Los resultados permitieron verificar la hipótesis EKC en el caso de las emisiones de CO₂ como indicador de degradación medioambiental, sin embargo, para el caso de la HE se verifica esta hipótesis solo cuando los indicadores institucionales se aplican como un indicador sintético. En ambos casos, se indicó que los países se encuentran en la fase de crecimiento de la curva. El segundo modelo utilizó la metodología de Cointegración y de Rezagos Autorregresivos Distribuidos, aplicado para Ecuador durante 1980-2014, donde se estudió el impacto de variables económicas relacionadas a la energía, sobre las emisiones de CO₂ del consumo de energía. Estos resultados no verifican la hipótesis EKC para Ecuador, sin embargo, se presentaron otros hallazgos como el consumo de energía de fuentes renovables que no fue significativa para el modelo, posiblemente debido a la reciente implementación de políticas de uso eficiente de energías renovables. Los pronósticos del modelo para el 2025 indican un aumento de las emisiones de CO₂ del consumo de energía en el Ecuador.

Palabras clave: Curva Medioambiental de Kuznets, degradación ambiental, Método Generalizado de Momentos, Enfoque de Cointegración, Rezagos Autorregresivos Distribuidos.

Códigos JEL: O54, Q28, Q48, Q50, Q58.



ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the impact of institutional and economic variables on environmental degradation in Latin America and Ecuador, under the approach of the Kuznets Environmental Curve (EKC), through the analysis of two models. The first uses the Panel Cointegration approach, the Generalized Method of Moments and the Pooled Mean Group, for 16 countries in Latin America in the period 2002-2014; which tried to determine the impact of the institutional indicators on CO₂ and the Ecological Footprint (HE). The results allowed us to verify the EKC hypothesis in the case of CO₂ emissions as an indicator of environmental degradation, however, in the case of HE, this hypothesis is verified only when the institutional indicators are applied as a synthetic indicator. In both cases, the study indicated that countries are in the growth phase of the curve. The second model used the Cointegration methodology and is based on Autoregressive Distributed Lag Model, applied to Ecuador during the period of 1980-2014 in which the impact of economic variables related to energy was studied, on the CO₂ emissions of energy. With these results, the EKC hypothesis is not verified for the Ecuadorian case, however, other findings were presented as the consumption of energy from renewable sources that was not significant for the model, possibly due to the recent implementation of efficient use of renewable energy policies. The forecasts for this model for the year 2025 indicate that there will be an increase in CO₂ emissions from Ecuador.

Keywords: Kuznets Environmental Curve, environmental degradation, Generalized Method of Moments, Cointegration approach, Autoregressive Distributed Lag Model.

JEL codes: O54, Q28, Q48, Q50, Q58.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
RECONOCIMIENTO DE LOS DERECHOS AUTOR	6
RECONOCIMIENTO DE RESPONSABILIDAD	8
AGRADECIMIENTO	10
DEDICATORIA	11
INTRODUCCIÓN	12
CONTEXTO LATINOAMERICANO Y ECUATORIANO	15
REVISIÓN DE LITERATURA	17
MÉTODOS	21
DATOS.....	21
METODOLOGÍA	23
1. <i>MODELO DE DATOS DE PANEL</i>	23
1.1. Especificación del modelo:	23
1.2. Panel de cointegración:	25
1.2.1. Pruebas de Raíz Unitaria:	25
1.2.2. Pruebas de Cointegración:.....	26
1.2.3. Estimación del modelo:	27
2. <i>MODELO DE SERIES DE TIEMPO</i>	29
2.1 Especificación del modelo:	29
2.2 Cointegración y Rezagos Autorregresivos Distribuidos (ARDL).....	30
2.3 Prueba de Causalidad de Granger.....	32
2.4 Pronóstico.	33
RESULTADOS	33
Modelo de datos de panel para América Latina.	33
Modelo de series de tiempo para Ecuador.	37
1. Equilibrio de Largo Plazo.....	37
2. Relación de Causalidad.....	40
3. Pronóstico	41
DISCUSIÓN	42
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	50



ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Ilustración 1: <i>Curva de Kuznets</i>	17
Tabla 1: <i>Resultados de las Pruebas de Cointegración</i>	34
Tabla 2: <i>Resultados de la Estimación de Corto y Largo Plazo de GMM y PMG</i>	35
Tabla 3: <i>Resultados del ARDL Bound Test</i>	38
Tabla 4: <i>Resultados de la Estimación ARDL de Corto y Largo Plazo</i>	39
Tabla 5: <i>Resultados de la Prueba de Causalidad de Largo Plazo Basado en el VECM</i>	41
Tabla 6: <i>Resultados de la Prueba de Causalidad de Granger en el VECM (corto plazo)</i>	41
Gráfica 1: <i>Indicadores de Degradación Ambiental en América Latina: Emisiones de Dióxido de Carbono y Huella Ecológica per cápita 2002-2014 (medido en logaritmos)</i>	22
Gráfica 2: <i>Indicador de Degradación Ambiental para Ecuador: Emisiones de Dióxido de Carbono del Consumo de Energía per cápita 1980-2014 (medido en logaritmos)</i>	23
Gráfica 3: <i>CUSUM y CUSUM Cuadrado</i>	40
Gráfica 4: <i>Pronóstico LCO2CE</i>	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla Anexo 1: <i>Estadísticos Descriptivos de las Variables del Modelo de Datos de Panel</i>	50
Tabla Anexo 2: <i>Estadísticos Descriptivos de las Variables del Modelo de Series de Tiempo</i>	55
Tabla Anexo 3: <i>Hipótesis de las Pruebas de Raíz Unitaria</i>	56
Tabla Anexo 4: <i>Valores Críticos para el Bound Test - Caso V: Intercepto no Restringido y Tendencia no Restringida</i>	56



Tabla Anexo 5: *Resultados de Pruebas de Raíz Unitaria para Datos de Panel* 57

Tabla Anexo 6: *Tabla de correlaciones de las variables del Modelo de Datos de Panel (LCO2)* 58

Tabla Anexo 7: *Tabla de correlaciones de las variables del Modelo de Datos de Panel (LHE)* 58

Tabla Anexo 8: *Resultados de la estimación GMM*..... 58

Tabla Anexo 9: *Resultados de las Pruebas de Raíz Unitaria de los errores del Modelo PMG* 59

Tabla Anexo 10: *Resultados de las Pruebas de Raíz Unitaria de los errores del Modelo PMG* 59

Tabla Anexo 11: *Resultados de la Prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller Aumentado y Phillips-Perron*..... 60

Tabla Anexo 12: *Tabla de criterio de selección del orden de rezagos (VAR)*. 61

Tabla Anexo 13: *Prueba de cointegración de Johansen (VECRANK)*..... 61

Tabla Anexo 14: *Tabla de proyecciones de las variables independientes*..... 61

Gráfica Anexos 1: *Gráficas de las Variables del Modelo de Datos de Panel*. 50

Gráfica Anexos 2: *Gráficas de las Variables del Modelo de Series de Tiempo* 55

Gráfica Anexos 3: *Pronóstico CO2CE periodo 2015-2025* 62



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, Gabriela Cristina Andrade Rojas, con C.I. 0105889802, autora del trabajo de titulación "INCIDENCIA DE LOS FACTORES ECONÓMICOS E INSTITUCIONALES BAJO EL ENFOQUE DE LA CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS (EK): EVIDENCIA EMPÍRICA PARA EL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de mi autoría.

Cuenca, octubre de 2018.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gabriela A.", written over a dotted line.

Gabriela Cristina Andrade Rojas

C.I. 0105889802



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, Diana Verónica Ramón Tacuri, con C.I. 0106407166, autora del trabajo de titulación "INCIDENCIA DE LOS FACTORES ECONÓMICOS E INSTITUCIONALES BAJO EL ENFOQUE DE LA CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS (EKC): EVIDENCIA EMPÍRICA PARA EL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de mi autoría.

Cuenca, octubre de 2018.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Diana Verónica Ramón Tacuri", written over a dotted line.

Diana Verónica Ramón Tacuri

C.I. 0106407166



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Gabriela Cristina Andrade Rojas, con C.I. 0105889802, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "INCIDENCIA DE LOS FACTORES ECONÓMICOS E INSTITUCIONALES BAJO EL ENFOQUE DE LA CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS (EKC): EVIDENCIA EMPÍRICA PARA EL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2018.

Gabriela Cristina Andrade Rojas

C.I. 0105889802



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Diana Verónica Ramón Tacuri, con C.I. 0106407166, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "INCIDENCIA DE LOS FACTORES ECONÓMICOS E INSTITUCIONALES BAJO EL ENFOQUE DE LA CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS (EKC): EVIDENCIA EMPÍRICA PARA EL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2018.

Diana Verónica Ramón Tacuri

C.I. 0106407166



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por ser la luz y fortaleza en nuestro diario vivir,
a nuestras familias por ser el soporte y apoyo para cumplir nuestras
metas y sueños.

Al Doctor Diego Roldán, Economista Juan Pablo Sarmiento y todos
los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y
Administrativas por brindarnos sus conocimientos y experiencias con
esmero y dedicación, fomentando nuestra pasión por la carrera.

Las autoras.



DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por todo el apoyo, paciencia, protección y cariño que me han brindado de manera incondicional durante toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

A Isaac Mateo por su paciencia y compañía.

Gabriela

A mis padres y hermanos por su amor infinito y constante motivación. Por ser mi ejemplo de esfuerzo, esmero y disciplina.

Han sido ellos, el motor de mi vida, inculcándome valores de superación para alcanzar con éxito mis metas.

A Laurita, por su cálida compañía e inmenso cariño, sus sabías palabras se han cristalizado en mis anhelados sueños.

Diana



INTRODUCCIÓN

La degradación medioambiental es un problema que ha venido tomando fuerza durante las últimas décadas, presentándose como consecuencia de un inadecuado crecimiento y desarrollo económico, que no ha considerado a la sostenibilidad ambiental como uno de sus ejes prioritarios. De esta manera, muchas investigaciones han centrado su estudio en determinar los antecedentes y efectos de esta problemática.

Zambrano-Monserrate et al. (2017) sostienen que las economías desarrolladas son las más afectadas por la contaminación, debido a su alto grado de industrialización, sin embargo, las economías en desarrollo son más vulnerables a los efectos del cambio climático. De acuerdo con Ozturk y Acaravci (2010), el dióxido de carbono es el responsable de más del 60% de los gases de efecto invernadero (GEI), por lo que muchas investigaciones académicas han propuesto sus estudios bajo el enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets, utilizando al dióxido de carbono como la variable que mide la degradación medioambiental, tal como se lo muestra en los trabajos de Villanueva (2012), Ahmad et al. (2017), Zoundi (2017), Zambrano-Monserrate et al. (2017) y Masron y Subramaniam (2018). Por otra parte, la huella ecológica ha sido también considerada como indicador de degradación medioambiental, puesto que, esta puede revelar el efecto de un país sobre el medioambiente en términos de aire, suelo y agua (Al-Mulali et al., 2015).

En este sentido, los modelos actuales se enfocan en el Desarrollo Sostenible, el cual es definido en el Informe Brundtland como aquel que “satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas propias” (Martín Palmero et al., 2004). La comunidad científica y organismos internacionales se han pronunciado al respecto, a través de distintos programas y acuerdos, entre ellos: el surgimiento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1972; la Cumbre de la Tierra en Río en 1992, en el cual, se plantean responsabilidades de las naciones para el desarrollo sostenible. Las energías renovables fueron tomadas en cuenta en la siguiente cumbre realizada en Johannesburgo en el año 2002 (Martín Palmero et al., 2004).



Por otra parte, los representantes mundiales que integran la ONU han planteado un marco de desarrollo para alcanzar la mejora económica, social y ambiental plasmada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030, en los cuales se hace hincapié en la protección del medioambiente basado en un trabajo conjunto entre gobierno, empresa y sociedad civil.

Actualmente, América Latina y el Caribe han dado un paso más hacia la protección medioambiental mediante un primer acuerdo regional. En el art. 1 de este acuerdo, se establece:

[...] garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible (CEPAL, 2018).

El Neoextractivismo aparece a inicios del siglo XXI en América Latina como un nuevo modelo de desarrollo económico, orientado hacia actividades de explotación de la naturaleza, en el cual el Estado ejerce un papel activo. En esta etapa se realiza un proceso de renegociación de contratos, incremento de regalías y tributos, y una mayor participación de empresas estatales (Gudynas, 2009). Deacon y Mueller (2004) señalan que existe un vínculo entre el sistema político de un país y la utilización de sus recursos naturales, esto se da cuando las instituciones gubernamentales y el imperio de la ley (rule of law) están débilmente constituidas, de manera que, es posible la presencia de un comportamiento de búsqueda de renta (rent-seeking) por parte de funcionarios de gobierno que gestionan los recursos.

Por otra parte, cuando una nación mantiene un sistema de gobierno democrático, los ciudadanos se encuentran mejor informados acerca de problemas medioambientales, de manera que puedan expresar su preocupación acerca de estos problemas a entidades públicas y hacedores de política, generando presión que permita adquirir un mayor compromiso y medidas de protección ambiental (Payne en: Villanueva, 2012).

La corrupción es un importante problema en las regiones extractivistas como en América Latina. En muchas ocasiones se han generado efectos negativos



ambientales debido a que, como lo indica Gudynas (2016), esta transgresión social permite ocultar impactos y consecuencias al medioambiente.

Es por ello que, la corrupción es un factor significativo dentro de la insostenibilidad de los recursos naturales y daño medioambiental. Por tanto, es pertinente considerar a las instituciones gubernamentales como uno de los posibles causantes del deterioro medioambiental.

En el caso ecuatoriano, en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010, se considera, la sustentabilidad del patrimonio natural a través del desarrollo de sistemas de energías renovables o alternativas, bajo el enfoque de sostenibilidad social (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2007).

En el Título II de la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, el Capítulo VII se considera los Derechos de la Naturaleza, siendo uno de los primeros países de América Latina en incluirla en su marco normativo. Además, en el art. 395 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) se reconocen los principios ambientales, donde el Estado garantizará un desarrollo sustentable que mantenga la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, aplicando también políticas de gestión ambiental y fomentando una participación activa de la sociedad.

En actual Plan Nacional de Desarrollo se promueve la gobernanza sostenible de los recursos naturales no renovables y renovables, e incentiva a la reducción de la contaminación, mitigación de los efectos del cambio climático, entre otros (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

Uno de los motores de desarrollo económico de un país es el sector energético que contribuye al dinamismo de los sectores productivos encargados cubrir las demandas del sistema socioeconómico. Sin embargo, esta necesidad energética produce efectos negativos ambientales desde su producción hasta el consumo, generando emisiones de gases de efecto invernadero, que a pesar que este sector no es el mayor emisor, contribuye significativamente al cambio climático, y por tanto, requiere ser controlado (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011).



A partir del año 1972, la estructura económica del país y la dinamización de la economía nacional se basó en el sector petrolero, siendo el recurso primordial en la matriz de energía primaria. Sin embargo, ante la declinación petrolera y conciencia ambiental, Ecuador pretende encaminarse hacia una nueva estructura económica basada en el desarrollo sustentable a través de la evolución de la matriz energética, mediante la generación de energía renovable y el uso eficiente final de la misma (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013).

CONTEXTO LATINOAMERICANO Y ECUATORIANO

La problemática ambiental trae consigo efectos negativos para la humanidad y la propia naturaleza, siendo un tema que debe ser tomado en cuenta para su análisis dada la importancia que este representa. La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es considerada como una medida de afectación ambiental: actualmente el mundo genera 40 veces más emisiones de GEI a la atmósfera que en 1850 (Friedrich, Ge, & Lebling, 2018).

En el año 2012, las emisiones de dióxido de carbono de los países que serán considerados en esta investigación, ascendió a 1664 toneladas métricas, lo cual representa el 4,92% de las emisiones mundiales (World Resources Institute, 2016). Según el boletín del PNUMA (2016), en los próximos años, las emisiones de GEI se incrementarán exponencialmente a causa del crecimiento demográfico y el aumento de la demanda de transporte y energía.

Otra medida de afectación medioambiental que se considerará en este estudio es la Huella Ecológica. En el 2014, en América Latina y el Caribe la Huella Ecológica fue 1,70559 billones de hectáreas globales, representando casi una décima parte de biocapacidad que la requerida por Asia (Global Footprint Network, 2018a).

Según el New York Times (2016), en la década pasada, América Latina ha presentado una bonanza económica vinculada al auge de las *commodities*. Este tipo de economías, basadas en la extracción de recursos naturales, repercuten en cierta medida en la degradación medioambiental.

En una de las sesiones de la Convención de las Naciones Unidas contra la Corrupción, se enfatizó en el impacto de esta sobre el medioambiente,



señalándose desde la malversación de fondos destinados para la protección ambiental, hasta la expedición de licencias y permisos de explotación de recursos de manera ilegal (United Nations Information Service (UNIS) Vienna, 2013).

Gudynas (2016) ilustra algunos casos de corrupción en América Latina que generan impacto ambiental, como es el caso de todas las petroleras estatales sudamericanas; tal es el caso de los sobornos para adquirir contratos en Ecopetrol de Colombia, los contratos de explotación en Petroecuador y la negociación a través de sobornos de una empresa noruega a un directivo estatal petrolero en Perú, entre otros.

Según el Banco Mundial (2017), Ecuador ha experimentado un crecimiento promedio del PIB de 4,3% durante el periodo del 2006 al 2014, impulsado por los altos precios del petróleo. Mientras que, las emisiones de GEI tuvieron un incremento del 54,6% desde 1990 al 2006, donde el sector de la energía fue el que mayor variación presentó (110%) (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011).

En el periodo de 1994 al 2012, la energía representó uno de los sectores de mayor influencia en las emisiones de GEI, generándose un 44,92% de las emisiones de dióxido de carbono, producto de la quema de combustibles. La industria de energía representa el 31,98% de emisiones de GEI del sector de energía, debido a los procesos de combustión en diferentes industrias, como la de refinación de petróleo, generación de electricidad, centros de tratamiento de gas y manufactura de combustibles sólidos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017).

Según Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (2013), el consumo de energía se ha incrementado durante el periodo de 1970 al 2012, específicamente de fuentes como el petróleo y del gas natural. Mientras que, el consumo de leña como fuente de energía, ha disminuido notablemente en este periodo.

El Ecuador cuenta con varias fuentes de generación eléctrica renovable, siendo su estructura en el 2014 de: térmica del 49,13%; hidráulica de 45,57%; biomasa de 1,59%; eólica de 0,32% y solar de 0,7% (Constante, 2016).

Para el cambio de la matriz energética en el Ecuador, se han realizado obras emblemáticas con el fin de reemplazar el consumo de combustibles fósiles por un 51,78% en la producción de energía renovable, disminuyendo la emisión de dióxido de carbono, como lo indica la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONET (2016).

REVISIÓN DE LITERATURA

La teoría de la Curva de Kuznets es una herramienta que ha sido tomada muy en cuenta al momento de relacionar la calidad medioambiental con crecimiento económico. A partir de la teoría seminal de Kuznets (1955), se han realizado una amplia gama de estudios que contienen adaptaciones que busca determinar el impacto de distintos factores responsables del daño ambiental. Kuznets planteó originalmente un estudio sobre el crecimiento económico cuyo objetivo fue responder la siguiente interrogante: ¿La desigualdad en la distribución del ingreso aumenta o disminuye en el curso del crecimiento económico de un país? (Kuznets, 1955).

Para responder a esta pregunta, el autor realizó un análisis empírico que relaciona al crecimiento económico y la distribución del ingreso para Estados Unidos, en la que demuestra una relación de forma de U invertida entre estas variables, de tal manera que, a medida que se incrementa el PIB per cápita (tomado como variable del crecimiento económico), se genera un incremento en la desigualdad en el ingreso. Esta relación directa se presenta durante una primera etapa hasta llegar a un punto de inflexión, en el cual la relación se invierte, esto es, ante aumentos del PIB per cápita, la desigualdad en el ingreso disminuye (véase Ilustración 1).

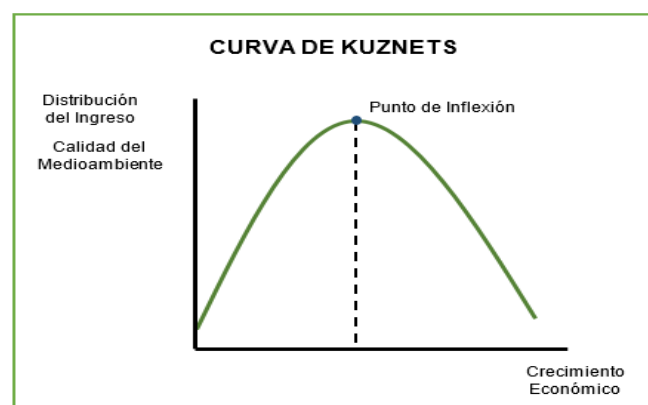


Ilustración 1: *Curva de Kuznets*
Elaboración Propia.



Con base en este planteamiento teórico, Grossman y Krueger (1991) establecen una investigación dirigida al campo medioambiental, denominada Impactos Ambientales del Acuerdo de Libre Comercio de Norte América, donde estudiaron la relación entre la calidad del aire, medida a través del dióxido de azufre y el esmog, y el crecimiento económico. Sus resultados evidencian la relación de U invertida planteada por Kuznets.

Posteriormente, estos mismos autores, en 1995 plantearon un estudio en el que relacionaron cuatro indicadores de impacto ambiental con el crecimiento económico, en el que no encontraron evidencia de un deterioro constante del ambiente, sino una relación en la que, el crecimiento económico genera una fase inicial de deterioro, seguido por una fase de mejora, cumpliéndose la hipótesis de Kuznets (Grossman & Krueger, 1995).

Una extensión a la propuesta original es la inclusión de variables institucionales como determinantes de la degradación ambiental, las cuales han sido tomadas en cuenta en varios trabajos empíricos basados en metodologías para datos de panel, entre los que se encuentra el de Fredriksson y Millimet (2001), quienes evaluaron la relación entre corrupción y medioambiente con un panel de datos a nivel estatal en los Estados Unidos, desde 1977 a 1987, en el que se evidenció una relación en forma de U entre la política ambiental y la corrupción.

En el trabajo realizado por Cole (2007) se estimó los impactos directos e indirectos de la corrupción en las emisiones de contaminación del aire, medidos a través del dióxido de carbono y el dióxido de azufre para 94 países durante el periodo 1987 al 2000. Los resultados indicaron que el efecto total de la corrupción en las emisiones es negativo para todos los países con ingresos más altos.

Villanueva (2012) introdujo variables de calidad institucional sobre la hipótesis de la EKC (Environmental Kuznets Curve) basado en un estudio de datos de panel para 18 economías Latinoamericanas en el periodo de 1998 a 2005, utilizando tres modelos diferentes (modelo básico de la EKC, un modelo extendido con variables económicas adicionales y el último donde introdujo



variables institucionales al segundo modelo) con los que se verificó la hipótesis EKC.

Al-Mulali et al. (2015) investigaron la hipótesis EKC usando la huella ecológica como una medida de degradación ambiental de 93 países categorizados por sus ingresos. Se corroboró la relación de forma de U invertida entre la huella ecológica y el crecimiento del PIB, bajo las metodologías de efectos fijos y el método generalizado de momentos (GMM), solo para las economías con ingresos medio altos y altos, pero no para ingresos medio bajos y bajos. Esta verificación ocurre únicamente en una etapa de desarrollo económico en el cual, las tecnologías disponibles de eficiencia energética, ahorro de energía y uso de energías renovables no son accesibles para países de bajos ingresos dado su alto costo (Al-Mulali et al., 2015).

Estudios recientes utilizan también la metodología de GMM, como Zoundi (2017), en el que además contrasta con un análisis de cointegración de panel y un set de pruebas robustas que evalúan el impacto de corto y largo plazo de la energía renovable en las emisiones de dióxido de carbono para 25 países africanos en el periodo de 1980 al 2012. Los resultados no validan totalmente la hipótesis EKC, sin embargo, las emisiones de dióxido de carbono incrementan a medida que aumenta el ingreso per cápita.

Masron y Subramaniam (2018) evaluaron el impacto directo e indirecto de la corrupción en el deterioro medioambiental usando un panel de datos de 64 países en desarrollo bajo el enfoque GMM, encontrando evidencia de que la corrupción causa un impacto positivo en la contaminación. Subsecuentemente, se evidencia que el nivel de contaminación tiende a ser mayor en países con alto nivel de corrupción, lo cual invalida la hipótesis EKC.

Con respecto a los análisis de series temporales, un estudio realizado por Bölük y Mert (2015) aplicado en Turquía, examinó el potencial de las fuentes energéticas renovables para reducir el impacto de las emisiones de GEI, durante el periodo de 1961 al 2010, mediante la metodología de rezagos autorregresivos distribuidos (ARDL). La hipótesis de la EKC se verifica entre las emisiones de GEI con el ingreso y la generación de electricidad de fuentes renovables (Bölük & Mert, 2015).



Ahmad et al. (2017) investigaron la existencia de la curva de Kuznets en Croacia para el periodo trimestral de 1992 al 2011, utilizando el enfoque ARDL y el modelo de vectores de corrección de error (VECM). Los resultados indicaron una relación de forma de U invertida entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico en el largo plazo validando la Curva Medioambiental de Kuznets (Ahmad et al., 2017).

En un estudio reciente realizado por Zambrano-Monserrate et al. (2017), analizaron la relación entre el PIB, las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, el total de consumo de electricidad renovable, el consumo del gas natural seco y el consumo total del petróleo, todas las variables en términos per cápita, para Perú en el periodo 1980-2011. Para determinar esta relación, se basaron en la teoría de Narayan y Narayan (2010) para aplicar la metodología ARDL y el modelo VEC. Sin embargo, los resultados de este estudio no siguieron la relación de forma de U invertida.

Frente a esto, es interesante conocer el impacto que genera el uso de energías renovables y no renovables a la degradación ambiental.

Basado en este contexto, se plantean dos enfoques de estudio, en los que se busca determinar el impacto de variables institucionales (indicadores de gobernabilidad) y económicas, sobre la degradación ambiental (emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica) durante el periodo del 2002 al 2014 en 16 países de América Latina; y el impacto de variables económicas relacionadas a la energía, sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en el Ecuador durante el periodo de 1980 al 2014; ambos bajo el enfoque de la curva medioambiental de Kuznets. Mediante este estudio, será posible verificar si se cumple esta hipótesis y, de ser posible, la fase en la que se encuentra América Latina y Ecuador; además de realizar proyecciones hasta el año 2025 para Ecuador con respecto a su calidad medioambiental.

Este documento contiene las siguientes secciones: métodos, en donde se detalla los datos y la metodología utilizada para ambos enfoques; resultados empíricos de los modelos de datos de panel y series de tiempo; una discusión económica de los resultados y finalmente se presentan las conclusiones.



MÉTODOS

DATOS

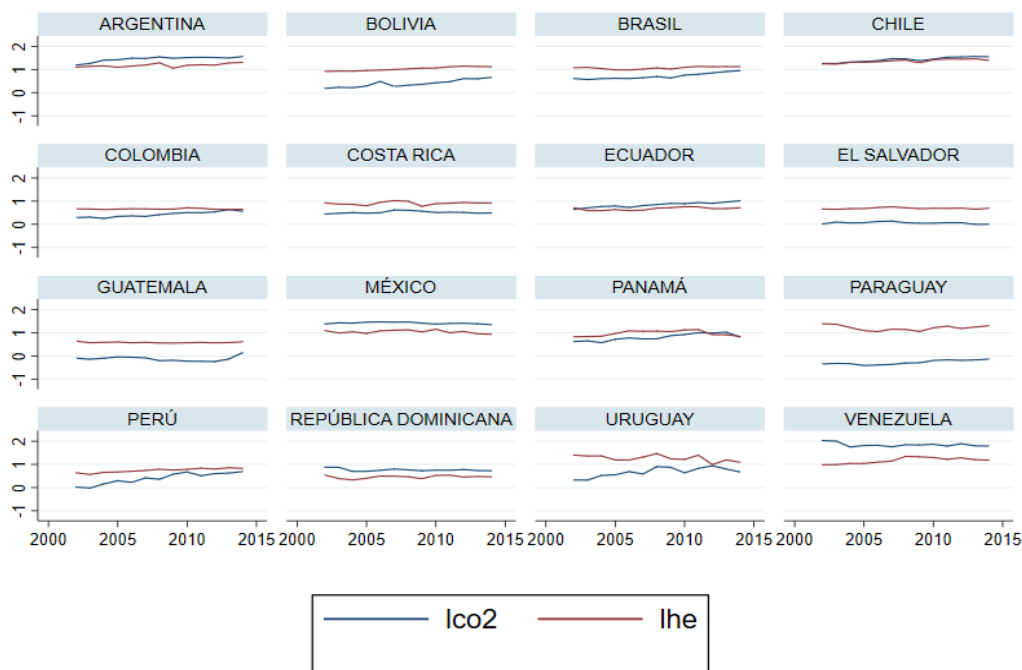
Para el análisis del modelo de datos de panel, dada la disponibilidad de la data, se han considerado 16 países de América Latina, los cuales son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Ecuador, Guatemala, México, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela, para el periodo 2002-2014, obteniéndose 208 observaciones.

La lista de variables incluye, las emisiones de dióxido de carbono (toneladas métricas per cápita), como indicador de degradación ambiental; el producto interno bruto per cápita (en dólares a precios constantes del 2010), obtenido de los Indicadores de Desarrollo Mundial del Banco Mundial (2018a). Como medida de la calidad institucional, se han tomado 6 indicadores: control de la corrupción, voz y responsabilidad, estabilidad política y ausencia de violencia, efectividad del gobierno, calidad regulatoria e imperio de la ley, medidas en una escala de -2,5 a 2,5, y recopiladas de la base de datos de los Indicadores de Gobernabilidad Mundial del Banco Mundial (2018b).

La variable de la población rural como porcentaje total de la población, fue obtenida de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2017). Se ha considerado también, a la huella ecológica (gha per cápita) como una segunda medida de degradación ambiental, disponible en la Global Footprint Network (2018b)¹.

La Gráfica 1 muestra la evolución de las emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica (ambas en términos per cápita y en logaritmos) en los países de estudio. En la mayoría de los países, estas variables presentan un comportamiento con tendencial similar.

¹ Véase Anexos para las gráficas y descriptivos de las variables independientes.



Gráfica 1: Indicadores de Degradación Ambiental en América Latina: Emisiones de Dióxido de Carbono y Huella Ecológica per cápita 2002-2014 (medido en logaritmos).

Fuente: Banco Mundial (2018a) y Global Footprint Network (2018b).
Elaboración propia

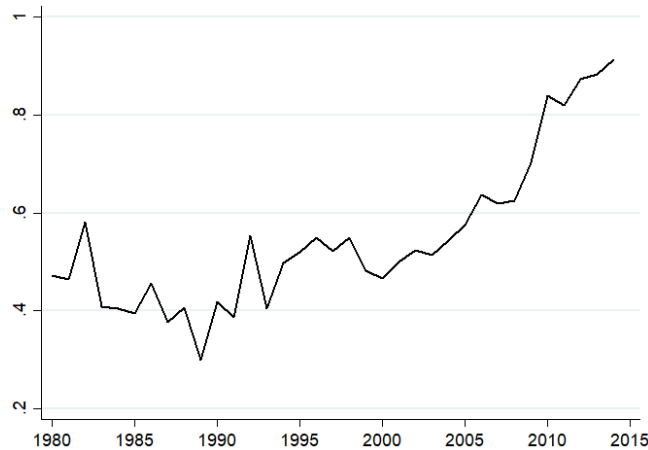
El modelo de series de tiempo para Ecuador fue analizado con periodicidad anual durante 1980-2014.

Las series temporales que fueron utilizadas son: las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía per cápita (toneladas métricas), el consumo total de electricidad renovable (miles de kilovatios hora), el consumo de gas natural seco (miles de pies cúbicos), consumo total de petróleo (barriles por año) y la población total que fue obtenida para la transformación de las mencionadas variables, a términos per cápita. Estas series fueron tomadas de la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA) (2018) y el producto interno bruto per cápita (en dólares a precios constantes del 2010), del Banco Mundial (2018a)².

La Gráfica 2 permite visualizar el comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en el Ecuador. En los primeros años existe cierta estabilidad con una importante caída en el año de 1989. A partir de este año, se muestra una tendencia creciente que es justificada por el énfasis

² Véase Anexos para las gráficas y descriptivos de las variables independientes.

puesto sobre el sector energético. La tasa de crecimiento anual promedio de esta variable durante todo el periodo de estudio es de 1,57%.



Gráfica 2: Indicador de Degradación Ambiental para Ecuador: Emisiones de Dióxido de Carbono del Consumo de Energía per cápita 1980-2014 (medido en logaritmos).

Fuente: EIA (2018).

Elaboración propia

METODOLOGÍA

1. MODELO DE DATOS DE PANEL

1.1. Especificación del modelo:

La especificación del modelo se basa en los trabajos empíricos de Villanueva (2012) y Masron y Subramaniam (2018).

Esta parte del estudio considera dos modelos con diferentes variables dependientes, las emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica como medidas de degradación ambiental.

De manera general, los modelos a estimarse tienen la siguiente especificación.

$$\begin{aligned}
 LCO2_{i,t} = & \alpha_0 + \beta_1 CC_{i,t} + \beta_2 VR_{i,t} + \beta_3 EP_{i,t} + \beta_4 EG_{i,t} + \beta_5 CR_{i,t} \\
 & + \beta_6 IL_{i,t} + \beta_7 LPIBR_{i,t} + \beta_8 LPIBR_{i,t}^2 + \beta_9 POBRT_{i,t} \\
 & + e_{i,t}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 LHE_{i,t} = & \alpha_0 + \beta_1 CC_{i,t} + \beta_2 VR_{i,t} + \beta_3 EP_{i,t} + \beta_4 EG_{i,t} + \beta_5 CR_{i,t} \\
 & + \beta_6 IL_{i,t} + \beta_7 LPIBR_{i,t} + \beta_8 LPIBR_{i,t}^2 + \beta_9 POBRT_{i,t} + e_{i,t}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Donde: $LCO2$ es el logaritmo natural de las emisiones de CO_2 per cápita; LHE es el logaritmo natural de la huella ecológica per cápita; CC es el índice de control



de la corrupción; VR es el índice de voz y responsabilidad; EP es el índice de estabilidad política y ausencia de violencia y terrorismo; EG es el índice de efectividad del gobierno; CR es el índice de calidad regulatoria; IL es el índice de imperio de la ley; $LPIBR$ es el logaritmo natural del producto interno bruto real per cápita; $LPIBR^2$ es el cuadrado del logaritmo natural del producto interno bruto real per cápita; $POBRT$ es la población rural como porcentaje del total de la población.

El término t se refiere a los años, e i denota el país. Los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ y β_9 son los coeficientes a estimarse, α_0 representa el intercepto y e es el término de error del modelo. La hipótesis EKC se verifica con el coeficiente β_7 siendo significativamente positivo y β_8 significativamente negativo, correspondiente al PIB y PIB cuadrado.

El punto de inflexión (en logaritmos naturales) de la ecuación (1) y (2) está dado por la siguiente expresión:

$$-\frac{\beta_7}{2\beta_8} \quad (3)$$

Con esto se puede confirmar la relación de la forma de U invertida entre la degradación ambiental y el crecimiento económico. Un coeficiente estimado negativo de control de corrupción, voz y responsabilidad, estabilidad política y ausencia de violencia, efectividad del gobierno, calidad regulatoria e imperio de la ley; sobre las emisiones de dióxido de carbono, indicaría que, ante un eficiente control de la corrupción, una mejor percepción de gobernanza por parte de los ciudadanos (voz y responsabilidad positiva), una percepción de estabilidad política, una mayor efectividad del gobierno, una buena calidad regulatoria, una mejora en la capacidad de cumplimiento de los gobiernos; se reducirá las emisiones de dióxido de carbono, respectivamente. Por otra parte, una relación negativa entre la tasa de población rural con las emisiones de dióxido de carbono podría indicar que, dado una mayor proporción de habitantes en zonas rurales, el país se enfoca en sus actividades productivas en el sector rural, generando menos uso del factor trabajo en el sector industrial, lo que generará menor contaminación (Villanueva, 2012).



1.2. Panel de cointegración:

El uso de esta técnica econométrica se aplica con base en la dimensión y características de la data; como en el caso de bases microeconómicas (donde $T < N$) en las que los métodos tradicionales, como el de efectos fijos o aleatorios, son aplicables; mientras que, si $T > N$ podrían generarse resultados espurios (debido al análisis de variables macroeconómicas que no son estacionarias), puesto que la data tendría un comportamiento similar al de series de tiempo (Zoundi, 2017).

Bajo este contexto, Baltagi (2005) propone la aplicación de procesos de series de tiempo adaptados a datos de panel, para así tratar la no estacionariedad, regresiones espurias y cointegración de las series. Debido a las características de la data en esta investigación macroeconómica, es conveniente aplicar la cointegración de panel.

Para el desarrollo de este enfoque, se realiza el siguiente proceso.

1.2.1. Pruebas de Raíz Unitaria:

Para probar la estacionariedad de las series se han propuesto varias pruebas, las cuales consideran diferentes supuestos. La prueba de raíz unitaria de Levin, Lin y Chu (LLC) propuesta en el 2002, sugiere una prueba de raíz unitaria para paneles, más potente que las pruebas individuales; sin embargo, presenta limitaciones como el supuesto de independencia entre las secciones transversales (Baltagi, 2005).

Además, la prueba LLC asume ρ (coeficiente autorregresivo) constante en todos los paneles, sin embargo, este supuesto podría generar pérdida de potencia (Zoundi, 2017). Ante esto, la prueba de Im, Pesaran y Shin (IPS) propuesta en el año 2003, realiza una modificación a la prueba LLC, en donde se asume un ρ heterogéneo (Baltagi, 2005).

Breitung encuentra que la prueba de LLC e IPS experimenta una pérdida de potencia si se incluye las tendencias específicas individuales, o debido a una distorsión en el tamaño de la muestra, cuando $N > T$; es por esto que, sugiere una prueba que corrija el sesgo (Baltagi, 2005).

Por otra parte, Choi sugiere una adaptación de la prueba de Fisher (ADF y Phillips Perron) de series de tiempo para datos de panel, en la cual se combina



los p-value de las pruebas de raíz unitaria de cada individuo para testear la prueba de raíz unitaria del panel (Baltagi, 2005).

Hadri propone una prueba basada en el multiplicador de Lagrange y usa los residuos derivados de las regresiones individuales de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) en componentes determinísticos para calcular los estadísticos de prueba (Zoundi, 2017).

De manera general, las pruebas de Fisher e IPS asumen que el ρ es heterogéneo, mientras que, las pruebas LLC, Breitung y Hadri lo consideran homogéneo (Zoundi, 2017). Las pruebas revisadas presentan diferentes hipótesis³.

1.2.2. Pruebas de Cointegración:

Posterior al análisis de estacionariedad en las series, se procede a determinar la presencia de un equilibrio a largo plazo entre las variables en los modelos **(1)** y **(2)**, para lo cual se utilizan tres pruebas de cointegración.

- Prueba de cointegración de Kao: dado un conjunto de variables $I(1)$, el autor sugiere las pruebas de raíz unitaria de Dickey-Fuller y Dickey-Fuller Aumentado para testear la hipótesis nula de no cointegración; además, esta prueba asume homogeneidad en los paneles (Baltagi, 2005).
- Prueba de cointegración de Pedroni: sugiere dos pruebas estadísticas para modelos con vectores heterogéneos de cointegración; el primer conjunto de estadísticos denominado “Estadísticos de Panel”, son equivalentes a los estadísticos de raíz unitaria en el que se considera a los coeficientes autorregresivos como homogéneos; mientras que el segundo conjunto se denomina “Estadísticos de Grupo”, los cuales son análogos a las pruebas de raíz unitaria de panel donde se asume que los coeficientes autorregresivos son específicos para cada panel (Pesaran, 2015).
- Prueba de cointegración de Westerlund: es una prueba de cointegración de panel basada en los residuos, su estadístico de prueba es el ratio de la varianza; además no requiere de correcciones para la correlación serial de los residuos (Pesaran, 2015).

³ Véase Tabla Anexo 3: Hipótesis de las Pruebas de Raíz Unitaria.



Todas estas pruebas testean la hipótesis nula de no cointegración frente a la alternativa de cointegración, considerando que todas las series deberán ser integradas de orden 1, $I(1)$ (Engle & Granger, 1987).

1.2.3. Estimación del modelo:

Luego de verificar la existencia de cointegración entre las variables de los modelos **(1)** y **(2)** se procede a la estimación de los coeficientes de largo y corto plazo.

Generalmente, en este tipo de datos de panel existe un efecto específico de cada individuo (país) y de la variable dependiente rezagada, o la potencial endogeneidad de las variables explicativas; por esto no es posible la estimación de los modelos mediante las metodologías de regresión de MCO Pooled, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios (Ibrahim & Law, 2014). En 1991, Arellano y Bond propusieron el Método Generalizado de Momentos como una técnica econométrica que permite corregir estos problemas y que es aplicable para modelos de datos de panel dinámicos.

La metodología de GMM toma las primeras diferencias de las variables para eliminar el efecto específico de cada país o cualquier variable específica de cada país invariante en el tiempo; también se sugiere el uso de variables instrumentales para corregir la correlación resultante entre la variable dependiente rezagada y los términos del error, luego de la diferenciación (Ibrahim & Law, 2014).

Este enfoque, conocido como GMM de primera diferencia, utiliza como instrumentos de las variables dependientes diferenciadas rezagadas y de otras variables endógenas, a sus propios rezagos en niveles; mientras que, las variables exógenas podrían servir como sus propios instrumentos (Ibrahim & Law, 2014).

Sin embargo, si la serie es altamente persistente, es decir el coeficiente de la variable dependiente rezagada es cercano a 1, los resultados del método de GMM en primeras diferencias, serían sesgados (Martín Mayoral, 2010). Arellano y Bover sugieren una ampliación de la metodología de GMM de primera diferencia, para abordar estos problemas mediante la estimación de las



regresiones en niveles y en primeras diferencias como un sistema, la cual es conocida como la metodología de GMM en sistema (Ibrahim & Law, 2014).

Para validar estas estimaciones, se aplica las pruebas de correlación serial en los errores y de sobreidentificación de Sargan. En la primera se requiere rechazar la hipótesis nula de correlación de primer orden (AR1) y no rechazar la no correlación de segundo orden (AR2); la segunda se basa en la validez de los instrumentos y si no se rechaza su hipótesis nula, implicaría que los instrumentos son válidos, por tanto el modelo estaría correctamente especificado (Ibrahim & Law, 2014). En el caso de rechazar la hipótesis nula se sugiere reconsiderar los instrumentos del modelo; sin embargo, este error también podría atribuirse al problema de heterocedasticidad generado en el modelo, puesto que, para llevar a cabo esta prueba, se requiere que la regresión estimada no incluya errores estándar robustos⁴ (StataCorp, 2017).

Estos modelos estiman resultados de corto plazo; los coeficientes estimados de largo plazo están dados por $\frac{\delta}{(1-\gamma)}$, donde δ es el coeficiente de corto plazo asociado a la variable de interés y γ es el coeficiente de la variable dependiente rezagada (Zoundi, 2017).

Una metodología alternativa para estimar la relación de largo y corto plazo de los coeficientes de los modelos de datos de panel de esta investigación, es la denominada Promedio de Grupos Agrupado (PMG por sus siglas en inglés). Esta metodología fue desarrollada por Pesaran, Shin y Smith (1999), ante paneles que presentan un N y T con un similar orden magnitud, en la cual se propone una estimación de efectos fijos convencional, donde los coeficientes y las variaciones del error sean los mismos en el largo plazo; mientras que, los coeficientes y las variaciones del error de corto plazo puedan diferir entre grupos mediante la estimación de regresiones por separado.

Para probar la validez de esta metodología, se aplica una prueba de raíz unitaria para paneles con el fin de verificar que los errores sean $I(0)$, lo que indicaría una relación de largo plazo entre las variables.

⁴ El comando "estat sargan" de STATA 15, no permite incluir "vce(robust)" en la regresión GMM.



Adicionalmente, se plantea la construcción de un índice sintético denominado Indicador de Calidad Institucional (ICI) que contenga los indicadores institucionales (CC, VR, EP, EG, CR, IL) para controlar los efectos de una posible correlación entre ellos; para esto se hace uso del método de normalización *min-max* y posteriormente el cálculo de una media aritmética.

2. MODELO DE SERIES DE TIEMPO

2.1 Especificación del modelo:

La siguiente especificación del modelo y desarrollo de la metodología se basa en el trabajo presentado por Zambrano-Monserrate et al. (2017).

Para esta investigación se considera el logaritmo natural de las variables en el modelo planteado. A continuación se expresa la especificación de largo plazo.

$$LCO2CE_t = \beta_0 + \beta_1 LPIBEC_t + \beta_2 LCER_t + \beta_3 LGAS_t + \beta_4 LCPET_t + e_t \quad (4)$$

Donde: $LCO2CE$ son las emisiones de dióxido de carbono per cápita del consumo de energía; $LPIBEC_t$ es el PIB per cápita; $LCER_t$ es el consumo de electricidad de fuentes renovables per cápita; $LGAS_t$ es el consumo de gas natural seco per cápita; $LCPET_t$ es el consumo de petróleo per cápita.

Los parámetros o elasticidades por estimar son $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 , mientras que, β_0 es el término de intercepto y e_t es el término de error, bajo el supuesto de que e_t es ruido blanco.

La especificación de este modelo, en la que no se incluye a la variable de PIB cuadrático, se ha basado en la planteada por Narayan y Narayan (2010). Estos autores indican que, con este tipo de especificación, se evita caer en problemas de multicolinealidad. Además, para testear la existencia de la hipótesis de Kuznets, es posible comparar las elasticidades de los periodos de corto y largo plazo de la variable del PIB; de esta manera, si la elasticidad de largo plazo es mayor a la de corto plazo, no será posible asegurar la existencia de una relación de forma de U invertida, debido a que, en un largo plazo, el crecimiento del PIB indicará un incremento en las emisiones de dióxido de carbono (Zambrano-Monserrate et al., 2017).

2.2 Cointegración y Rezagos Autorregresivos Distribuidos (ARDL).

El enfoque de rezagos autoregresivos distribuidos (ARDL) es una metodología flexible presentada en año 2001 por Pesaran, Shin y Smith, la cual no requiere que todas las variables estén integradas en el mismo orden, de tal manera que, estas pueden ser $I(0)$ o $I(1)$; esto es que, las variables pueden estar integradas en diferente orden comparado con otras variables, evitando así algunos problemas relacionados con otras técnicas de cointegración (Zambrano-Monserrate et al., 2017).

Para conocer si las series presentan estacionariedad, se puede testear con las pruebas de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Phillips-Perron.

La ecuación ARDL se especifica a continuación:

$$\begin{aligned} \Delta LCO2CE_t = & \alpha_0 + \sum_{k=1}^{\pi_1} \alpha_{1k} \Delta LCO2CE_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_2} \alpha_{2k} \Delta LPIBEC_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_3} \alpha_{3k} \Delta LCER_{t-k} \\ & + \sum_{k=0}^{\pi_4} \alpha_{4k} \Delta LCGAS_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_5} \alpha_{5k} \Delta LCPET_{t-k} + \phi_1 LCO2CE_{t-1} \\ & + \phi_2 LPIBEC_{t-1} + \phi_3 LCER_{t-1} + \phi_4 LCGAS_{t-1} + \phi_5 LCPET_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (5)$$

Para determinar el orden óptimo de rezagos, se puede utilizar el criterio de información Bayesiano de Schwarz (BIC). El número de rezagos óptimos para cada variable ($LCO2CE_t$, $LPIBEC_t$, $LCER_t$, $LCGAS_t$ y $LCPET_t$) se indica como $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4$ y π_5 , respectivamente.

Pesaran, Shin y Smith (2001) utilizan un enfoque de cointegración basado en el modelo ARDL, denominado ARDL Bound Test. De esta manera, se plantea la prueba de cointegración en la que se deberá testear:

$$H_0: \phi_0 = \phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \phi_4 = \phi_5 = \phi_6 = 0 \text{ (no cointegra)}$$

$$H_1: \text{al menos un } \phi \text{ es diferente de 0 (cointegra)}$$

Para contrastar esta prueba se utiliza el estadístico F-Wald para compararlo con los valores críticos tabulados por Narayan (2005). En la tabla presentada por



este autor, se muestran valores críticos $I(0)$ e $I(1)$ que representan los límites inferior y superior, obteniéndose tres regiones posibles⁵.

Así, si el estadístico F es menor que el valor límite $I(0)$, no se podrá rechazar la hipótesis nula de no existencia de cointegración. Si F se encuentra entre $I(0)$ e $I(1)$, no es posible obtener una conclusión. Finalmente, si el estadístico F es mayor que $I(1)$, se puede rechazar la hipótesis nula, lo que indicaría que existe una relación de cointegración.

$F < \text{límite inferior } I(0) \Rightarrow$ No se rechaza la H_0 de no cointegración

$\text{límite inferior } I(0) < F < \text{límite superior } I(1) \Rightarrow$ No se obtiene una conclusión

$F > \text{límite superior } I(1) \Rightarrow$ Se rechaza la H_0 de no cointegración \Rightarrow Cointegra

La ecuación de corto plazo se deriva de (4), obteniéndose:

$$\begin{aligned} \Delta LCO2CE_t = \alpha_0 + \sum_{k=1}^{\pi_1} \alpha_{1k} \Delta LCO2CE_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_2} \alpha_{2k} \Delta LPIBEC_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_3} \alpha_{3k} \Delta LCER_{t-k} \\ + \sum_{k=0}^{\pi_4} \alpha_{4k} \Delta LCGAS_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_5} \alpha_{5k} \Delta LCPET_{t-k} + \theta ECT_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (6)$$

Donde:

- ECT_{t-1} = es el término de corrección de error rezagado un período.

Para obtener ECT_{t-1} se debe calcular los residuos de (4), de tal forma que $ECT_t = \hat{e}_t$.

Dada la existencia de una relación de largo plazo, ECT_{t-1} indicará qué tan rápido las variables vuelven a sus niveles de equilibrio en el largo plazo a partir del corto plazo. En este sentido, θ deberá ser negativo y altamente significativo. Esta especificación de corto plazo es conocida también como el modelo de corrección de errores (ECM) (Zambrano-Monserrate et al., 2017).

Pesaran y Shin en 1998 demuestran que, dadas muestras pequeñas, los parámetros de MCO de corto plazo (que en este caso son los α de la ecuación 6) son consistentes. Por otra parte, los estimadores de largo plazo (que son los

⁵ Véase Tabla Anexo 4: Tabla de Valores Críticos presentados por Narayan (2005).

β en la ecuación 4) son super consistentes (como se citó en Zambrano-Monserrate et al., 2017).

Zambrano-Monserrate et al. (2017) sugiere que se puede testear también la estabilidad de los parámetros mediante la estimación recursiva de las pruebas de CUSUM y CUSUM cuadrado. Además, se podrá realizar las pruebas de diagnóstico referentes a la heterocedasticidad, la autocorrelación, la normalidad de los residuos y la especificación de Ramsey.

2.3 Prueba de Causalidad de Granger.

En este caso, la prueba de causalidad de Granger es utilizada para conocer la dirección de la causalidad entre las variables de interés, teniendo en cuenta que el enfoque ARDL descrito previamente, no la obtiene. A continuación se muestra la estructura matricial del modelo de vector de corrección de error (VECM):

$$\begin{aligned}
 (1 - L) \begin{bmatrix} \text{LCO2CE}_t \\ \text{LPIBEC}_t \\ \text{LCER}_t \\ \text{LCGAS}_t \\ \text{LCPET}_t \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^{\pi} (1 - L) \begin{bmatrix} d_{11i}d_{12i}d_{13i}d_{14i}d_{15i} \\ d_{21i}d_{22i}d_{23i}d_{24i}d_{25i} \\ d_{31i}d_{32i}d_{33i}d_{34i}d_{35i} \\ d_{41i}d_{42i}d_{43i}d_{44i}d_{45i} \\ d_{51i}d_{52i}d_{53i}d_{54i}d_{55i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{LCO2CE}_{t-1} \\ \text{LPIBEC}_{t-1} \\ \text{LCER}_{t-1} \\ \text{LCGAS}_{t-1} \\ \text{LCPET}_{t-1} \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix} [\text{ECT}_{t-1}] + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \\ \epsilon_{3t} \\ \epsilon_{4t} \\ \epsilon_{5t} \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Donde:

- L = operador de rezagos.
- $(1 - L) = \Delta$ lo cual presenta el operador de primera diferencia.

Nuevamente, se puede determinar los rezagos óptimos mediante el criterio de información Bayesiano de Schwarz (BIC) o también, por el criterio de Akaike.

Para testear la causalidad de Granger en el corto plazo, se estimarán los coeficientes d , para posteriormente probar la siguiente hipótesis global:

$$H_0: d's = 0 \text{ (no existe causalidad de Granger)}$$

Esta hipótesis nula podrá ser rechazada o no, dependiendo del valor de significación de las estadísticas F o del estadístico chi-cuadrado.

En el caso de la causalidad de Granger en el largo plazo, se deberá estimar los coeficientes η , interpretándose de manera similar a la de la estimación del



modelo de corrección de errores (ECM), tal que, los coeficientes de η deberán ser negativos y altamente significativos para considerarse la existencia de una causalidad de Granger entre variables independientes y dependientes en el largo plazo (Zambrano-Monserrate et al., 2017).

2.4 Pronóstico.

Con base en la metodología de un modelo autorregresivo, se estima el pronóstico de las variables independientes en el periodo de 2015-2025. Estas series permitirán proyectar las emisiones de dióxido de carbono por el consumo de energía para el Ecuador, mediante el pronóstico de modelos econométricos dinámicos realizado en STATA 15 (comando *forecast solve*), en la estimación del método ARDL.

RESULTADOS

Modelo de datos de panel para América Latina.

Para realizar las pruebas de raíz unitaria, se incluyó el intercepto y la tendencia, dado el previo análisis gráfico de las variables. Además se seleccionó un rezago como el número óptimo específico, debido a la periodicidad de los datos, la cual es anual y de solo 13 años, para todas las variables de estudio. La estimación espectral se basó en la técnica seleccionada automáticamente por STATA 15.

A partir de los resultados de las pruebas de raíz unitaria para datos de panel (véase Tabla Anexo 5), se puede concluir que todas las variables son integradas de orden 1 $I(1)$, a excepción de la población rural total que rechaza la hipótesis nula de estacionariedad en todos los paneles, según el test de Hadri. Al excluir esta variable, es posible cumplir con el supuesto de que las variables ($LCO2, LHE, CC, VR, EP, EG, CR, LPIB, LPIB2$) sean integradas del mismo orden, por lo cual se podrá testear la cointegración en los modelos. Previamente, se analiza la correlación entre las variables, lo que permitirá determinar si estas están relacionadas entre sí. Los resultados para el modelo de $LCO2$ indicaron que las variables VR, EG, CR e IL presentan altos coeficientes de correlación con las otras variables; mientras que, para el modelo de LHE , las variables altamente correlacionadas fueron CC, VR e IL (véase Tabla Anexo 6 y 7 para las correlaciones entre las variables en ambos modelos).

La Tabla 1 muestra los resultados de las pruebas de cointegración de Kao, de Pedroni y de Westerlund. De la misma manera que en las pruebas de raíz unitaria, la determinación del rezago óptimo y la estimación espectral, se optó por la selección automática del programa. Las pruebas de Pedroni y Westerlund, incluyen tendencia e intercepto individual. En los modelos *LCO2* y *LHE*, se rechaza la hipótesis nula de no cointegración, lo que evidenció una relación de largo plazo entre las variables en cada modelo. Este resultado permite suponer que en el largo plazo las variables tienden a moverse de manera conjunta.

Tabla 1: Resultados de las Pruebas de Cointegración

Prueba	Estadístico	MODELO 1	MODELO 2
		<i>LCO2</i>	<i>LHE</i>
Kao	t-Dickey-Fuller Modificado	-3,4704***	-3,0488***
	Estadísticos de Grupo		
	t-Phillips-Perron Modificado	4,9230***	6,4015***
	t-Phillips-Perron	-1,9151**	-3,5552***
	t-Dickey-Fuller Aumentado	-2,7492***	-3,3422***
Pedroni	Estadísticos de Panel		
	Ratio de la Varianza Modificado	-3,7317***	-4,6195***
	t-Phillips-Perron Modificado	3,4173***	4,5740***
	t-Phillips-Perron	-2,3974***	-3,1259***
	t-Dickey-Fuller Aumentado	-2,8553***	-4,0221***
Westerlund	Ratio de la Varianza	1,4880***	0,7730

Nota:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*).

MODELO 1: $LCO2 = f(CC, EP, LPIBR, LPIBR2)$.

MODELO 2: $LHE = f(EP, EG, CR, LPIBR, LPIBR2)$.

Elaboración propia.

Los resultados de la estimación GMM en sistema para el modelo *LCO2* y de la estimación de GMM en diferencias y en sistema para el modelo *LHE*, no mostraron un buen ajuste, debido a que las variables independientes no son significativas (véase Tabla Anexo 8). La metodología GMM en diferencias para el modelo *LCO2*, muestra coeficientes estimados estadísticamente significativos. Además, se justifica su aplicación sobre el GMM en sistemas dado que, el coeficiente asociado a la variable dependiente rezagada (*LCO2*), no es cercana a 1. Esto implica que los coeficientes no son sesgados. Para el modelo *LHE*, se estimó mediante la metodología alternativa PMG. La Tabla 2 muestra los resultados de estos dos últimos modelos.



Tabla 2: Resultados de la Estimación de Corto y Largo Plazo de GMM y PMG

Variable Dependiente	MODELO 1: $LCO2_{i,t}$		MODELO 2: $LHE_{i,t}$	
	DIFERENCIA GMM		PMG	
	Corto Plazo	Largo Plazo	Corto Plazo	Largo Plazo
	$LCO2_{i,t}$	$LCO2_{i,t}$	$D(LHE_{i,t})$	$D(LHE_{i,t})$
$LCO2(-1)_{i,t}$	0,2787928*** (0,1303262)			
$CC_{i,t}$	-0,1372224** (0,0641216)	-0,1902677**		
$EP_{i,t}$	-0,1286299*** (0,0429819)	-0,1783536***		-0,1597106*** (0,0058055)
$EG_{i,t}$				-0,1114936*** (0,004726)
$CR_{i,t}$				-0,2085898*** (0,0053405)
$LPIBR_{i,t}$	3,800441** (1,738467)	5,2695549**		-0,6470158** (0,293379)
$LPIBR2_{i,t}$	-0,1905412* (0,0985689)	-0,2641976*		0,0388283** (0,0183576)
$D(EP)_{i,t}$			0,0452777 (0,0416516)	
$D(EG)_{i,t}$			0,1029875 (0,0647542)	
$D(CR)_{i,t}$			0,0930481 (0,097839)	
$D(LPIBR)_{i,t}$			-24,02782 (38,68295)	
$D(LPIBR2)_{i,t}$			1,554703 (2,187254)	
$ECT_{i,t}$			-0,4390307*** (0,0866431)	
Constante	-18,13833** (7,637575)		1,576372*** (0,3664491)	
Pruebas Post-estimación				
Test de Arellano Bond	AR(1)	-2,6025***	AR(2)	-0,31579
Test de Sargan	85,55585**			

Nota:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*), Entre paréntesis los errores estándar
 En la prueba de Arellano-Bond se muestra el estadístico z, en la prueba de Sargan se indica el Chi-cuadrado
 Se estimó un modelo robusto de un paso

Elaboración propia.

Basado en GMM en diferencias, los resultados del modelo $LCO2$ indicaron que un aumento de una unidad en los índices de Control de Corrupción y Estabilidad Política, generarían una disminución del 0,14% y 0,13% en el corto plazo; y de 0,19% y 0,18% en el largo plazo, sobre las emisiones de dióxido de



carbono per cápita, respectivamente. Además, ante un aumento del 1% en el PIB per cápita, las emisiones de CO₂ se incrementarán en un 3,8% en el corto plazo, y 5,27% en el largo plazo.

La prueba de Sargan indicó que al 99% de confianza no se rechaza la hipótesis nula de que las restricciones de sobreidentificación sean válidas, lo cual sugiere que se han utilizados instrumentos adecuados; aunque este resultado tiene cierta evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo cual podría ser atribuido al problema de heterocedasticidad. Sin embargo, los resultados de los errores estándar de la Tabla 3 son robustos. Además, la prueba de correlación serial rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de primer orden mientras que, no rechaza la no autocorrelación de segundo orden. Por lo tanto, los residuos de la ecuación en niveles, antes de diferenciarla, no tienen problemas de autocorrelación.

Existe evidencia que confirma la hipótesis EKC en el modelo *LCO2*, puesto que, los coeficientes del PIB y PIB cuadrado per cápita son positivo y negativo, respectivamente. De esta manera, el punto de inflexión de la curva medioambiental de Kuznets para este modelo es \$22.460,92; valor que se encuentra muy por encima de los valores del PIB per cápita de los países durante el periodo de estudio, e incluso hasta el año 2017, dado que para este año el PIB per cápita promedio es de \$8.078,21 (a excepción de Venezuela, que no presenta información para este año); lo que indicaría que estos países se encuentran en la fase creciente de la curva medioambiental de Kuznets, aún muy distante del punto de inflexión.

Según el método PMG que estimó el modelo de la Huella Ecológica per cápita, hay fuerte evidencia de que las variables de calidad institucional (*EP*, *EG* y *CR*) y el PIB per cápita contribuyen significativamente a la degradación ambiental en el largo plazo, de manera que, el incremento de una unidad en los índices y de un 1% en el PIB per cápita, generaría una disminución de 0,16%; 0,11%; 0,21% y 0,64% en la Huella Ecológica per cápita, respectivamente. Sin embargo, no se confirma la existencia de la hipótesis EKC mediante el uso de la Huella Ecológica como medida de degradación ambiental.

Los coeficientes de corto plazo resultaron no significativos, a excepción de la constante que es positiva, y del término de corrección del error que es negativo, cumpliéndose con el supuesto de equilibrio en el largo plazo y



mostrando una velocidad de convergencia hacia este de 43,9%. Las pruebas de raíz unitaria señalaron que los residuos del modelo PMG son $I(0)$ (véase Tabla Anexo 9 para los resultados de las pruebas de raíz unitaria de los errores del Modelo PMG).

Este resultado podría indicar que para el modelo *LHE* existe una relación solo en el largo plazo, siendo esta una posible explicación a que no exista cumplimiento en las metodologías GMM, puesto que estas presentan resultados de corto plazo.

Adicionalmente, se aplicó en esta investigación un índice sintético que mide la calidad institucional (*ICI*) de manera general sobre la degradación ambiental. Para el modelo *LCO2* con el uso del método GMM en diferencias, los resultados correspondientes al intercepto, a las emisiones de dióxido de carbono rezagadas, PIB y PIB cuadrado per cápita, no difieren mucho del modelo que contiene los indicadores por separado (Tabla 2), verificándose la existencia de la hipótesis EKC. *ICI* muestra una relación negativa estadísticamente significativa, donde una mejora en la calidad institucional de los países de América Latina generará una disminución en las emisiones de CO₂ en el corto plazo. El punto de inflexión de este modelo es de \$23.550,56 siendo muy similar al del modelo inicial. Por su parte, los resultados del método PMG para el modelo *LHE* (siendo todas las variables significativas estadísticamente y con un signo esperado) dan cumplimiento de la hipótesis EKC, donde su punto de inflexión es de \$41.588,89 para el largo plazo (véase Tabla Anexo 10).

Modelo de series de tiempo para Ecuador.

En esta sección, inicialmente se testeó la estacionariedad de las variables considerando que las series mantienen una tendencia determinística, donde los resultados de las pruebas de Dickey-Fuller Aumentado y Phillips-Perron, indicaron que todas las variables son integradas de orden 1, $I(1)$ (véase Tabla Anexo 11).

Con esto se cumple el supuesto básico para la aplicación de la metodología ARDL, que se presenta a continuación.

1. Equilibrio de Largo Plazo.

El enfoque del ARDL Bound Test permite encontrar una relación de largo plazo entre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía y

las variables planteadas. La Tabla 3 presenta los resultados de esta metodología, en la cual los rezagos óptimos en el modelo son de (1, 4, 2, 4, 2) según el Criterio de Información Bayesiano (BIC).

El estadístico F calculado (12,79) se contrastó con los valores críticos (Tabla Anexo 4), de manera que, este es mayor al límite superior en todos sus niveles de significancia. Se consideró el Caso V que no restringe la tendencia ni el intercepto, debido al supuesto de tendencia determinística en las series. Este resultado confirmó la existencia de una relación de largo plazo.

Tabla 3: Resultados del ARDL Bound Test.

Modelo	$LCO2CE_t = f(LPIBEC_t, LCER_t, LCGAS_t, LCPET_t)$	
	Rezagos ARDL: (1,4,2,4,2)	
	Valores Críticos (k=4, n=35)	
	Límite Inferior	Límite Superior
	I(0)	I(1)
1%	5,604	7,172
5%	4,036	5,304
10%	3,374	4,512
Estadístico F = 12,799		

Notas:

Valores críticos están basados en Narayan (2005)

k= número de regresores no determinísticos en la relación de largo plazo

Elaboración propia.

En la Tabla 4 se presenta la estimación de largo plazo, en la cual, los coeficientes asociados a las variables, representan las elasticidades de largo plazo. En este caso, el logaritmo del PIB, del consumo del gas y del consumo de petróleo, en términos per cápita, son estadísticamente significativos al menos al 5% y 10%. Con respecto a las variables logarítmicas del PIB y consumo de petróleo per cápita, presentan una relación positiva como se esperaba, de manera que, dado un aumento del 1% en el PIB y consumo petróleo per cápita, se generará un aumento del 2,43% y 2,52% en las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, respectivamente. Mientras que, un aumento de 1% en el consumo de gas per cápita, disminuirá las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en un 0,71%; lo que en otros términos indica que un aumento de mil pies cúbicos en el consumo de gas per cápita generará una disminución de 0,71 toneladas métricas en las emisiones per cápita.

La variable logarítmica del consumo per cápita de electricidad de fuentes renovables resultó no significativa en el modelo ($p - value = 0,589$). Sin embargo, se ha considerado importante incluirla en el modelo, dada su relevancia en el estudio.

La estimación de corto plazo (Tabla 4) mostró que solo los coeficientes asociados al PIB y consumo de gas per cápita son significativos al 99% de confianza, siendo esta última positiva. El término de corrección de error es negativo y significativo, lo que confirmó la hipótesis de cointegración. Este coeficiente implica que la velocidad de convergencia hacia el equilibrio de largo plazo es de 64,91%.

Las elasticidades del PIB per cápita de largo plazo (2,43%) y corto plazo (-1,58%) indicaron que no se cumple la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets. Con este resultado, y bajo el enfoque planteado, no es posible determinar el punto de inflexión de la curva de medioambiental de Kuznets, por tanto la fase en la que se encuentra el Ecuador.

Se realizaron pruebas de diagnóstico para la validación del modelo, las cuales presentaron resultados favorables.

Tabla 4: Resultados de la Estimación ARDL de Corto y Largo Plazo.

Variable dependiente:	Estimación de Largo plazo		Estimación de corto plazo
	$LCO2CE_t$		$D(LCO2CE_t)$
$LPIBEC_t$	2,430197*** (0,4084631)	$D(LPIBEC_t)$	-1,583294*** (0,3784069)
$LCER_t$	0,1005342 (0,1809412)	$D(LCER_t)$	-0,0667695 (0,0897694)
$LCGAS_t$	-0,7097718** (0,2344002)	$D(LCGAS_t)$	0,3890213*** (0,1141608)
$LCPET_t$	2,518285** (0,9918368)	$D(LCPET_t)$	-0,1734683 (0,3669515)
		$ECT(-1)$	-0,6491074*** (0,1327807)
		Constante	36,27608* (17,62773)
R-cuadrado	0,9571		
R-cuadrado ajustado	0,8927		
Pruebas de Diagnóstico			
	Estadístico	P-value	
Autocorrelación (Breusch-Godfrey)	8,103	0,0879	
Heterocedasticidad (White)	31	0,4154	
Heterocedasticidad (ARCH)	2,245	0,1341	

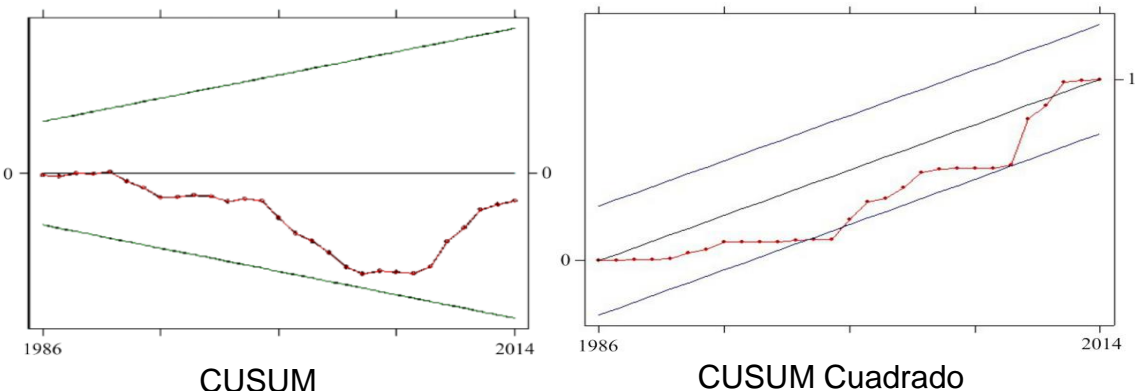
Especificación (Ramsey)	0,45	0,7242
Normalidad (Skewness/Kurtosis)	0,83	0,6617

Notas:

Nivel de Significancia: 1% (***) , 5% (**) y 10% (*). Entre paréntesis se presentan los errores estándar.
 Los estadísticos corresponden al chi-cuadrado, a excepción del Test de Ramsey, que considera el F estadístico.
 Elaboración propia.

Las pruebas CUSUM y CUSUM cuadrado mostraron que los coeficientes estimados son estables para un periodo de tiempo largo, lo cual evidencia un modelo confiable (Gráfica 3).

Gráfica 3: CUSUM y CUSUM Cuadrado



Elaboración propia.

2. Relación de Causalidad.

Una vez que se determinó la presencia de cointegración entre el *LCO2CE* y el *LPIBEC*, *LCER*, *LCGAS* y *LCPET*, se testeó la dirección de la causalidad entre las variables a través del VECM con la Prueba de Causalidad de Granger. Se seleccionaron 4 rezagos óptimos (máximo rezago) según varios criterios, entre los que se presenta el Criterio de Información de Akaike (AIC), a través de la aplicación de un modelo VAR (véase Tabla Anexo 12). Además, se determinaron 3 ecuaciones cointegrantes, según el Test de Cointegración de Johansen (Tabla Anexo 13). Con estos resultados, se estimó el VECM, con el cual se puede determinar la causalidad de largo plazo (Tabla 5). El coeficiente del término de corrección de error de la ecuación cointegrante 1 (*LCO2CE*), es negativo y significativo al 99% de confianza, lo que confirma la relación de cointegración, de tal manera que, los errores del sistema convergerán al equilibrio de largo plazo a una velocidad de 97,7%. Esta prueba de causalidad indica también que no existe

evidencia de relación causal de largo plazo de las emisiones de CO₂ hacia el PIB (0,06994).

Tabla 5: Resultados de la Prueba de Causalidad de Largo Plazo Basado en el VECM.

Término de Corrección de Error	$D(LCO2CE_t)$	$D(LPIBEC_t)$	$D(LCER_t)$	$D(LCGAS_t)$	$D(LCPET_t)$
Eq. Coint. 1	-0,9777211***	0,0699495	0,2740414	-0,738203	0,0638826
Eq. Coint. 2	0,5991674	-1,327201***	-0,0859905	3,932467	-0,9457555
Eq. Coint. 3	-0,0823625	-0,0302197	-0,4029035**	-0,2669218	0,1198805

Nota:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*)

Elaboración propia.

En la Tabla 6 se presenta el Test de Causalidad de Granger el que indicó cuatro relaciones causales de corto plazo unidireccionales, las cuales son: de las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, del consumo de electricidad de fuentes renovables, del consumo de gas natural y del consumo de petróleo, hacia el PIB real (todas en términos per cápita).

Tabla 6: Resultados de la Prueba de Causalidad de Granger en el VECM (corto plazo).

	$D(LCO2CE_t)$	$D(LPIBEC_t)$	$D(LCER_t)$	$D(LCGAS_t)$	$D(LCPET_t)$
$D(LCO2CE_t)$	-	4,84	2,96	2,98	3,84
$D(LPIBEC_t)$	6,82*	-	10,09**	8,86**	8,82**
$D(LCER_t)$	2,29	0,82	-	0,58	0,83
$D(LCGAS_t)$	1,42	1,17	0,79	-	3,81
$D(LCPET_t)$	2,56	1,24	2,57	1,16	-

Nota:

Se presenta el estadístico chi-cuadrado, con 3gl.

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*)

Elaboración propia.

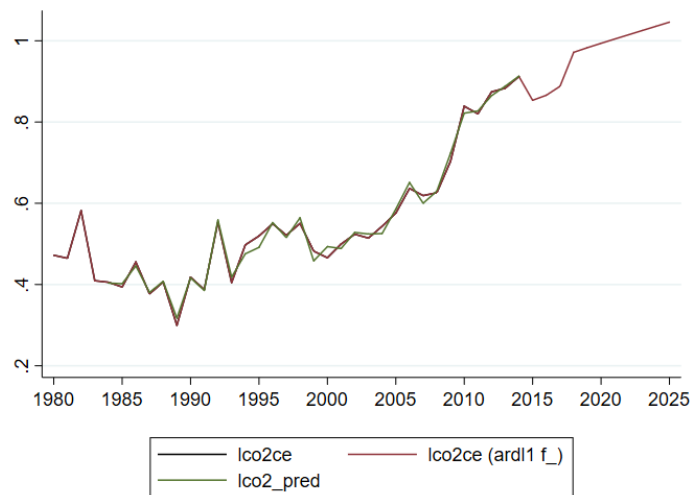
3. Pronóstico

El pronóstico de las variables independientes $LPIBCE$, $LCER$, $LCGAS$, $LCPET$ para el periodo 2015-2025 se basa en la metodología del modelo autorregresivo, donde se asume un escenario de crecimiento promedio anual de 0,13%; 0,71%; 0,52% y 0,88% respectivamente (véase Tabla Anexo 14 y Gráfica Anexo 3).

Bajo este escenario, la Gráfica 4 muestra los resultados del pronóstico de las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en el Ecuador durante el periodo 2015-2025 ($lco2ce\ ardl1\ f_$), los valores predichos del modelo ARDL en el periodo 1980-2014 ($lco2_pred$) y la serie

original de las emisiones de CO₂ del consumo de energía; todas estas presentadas en logaritmos y términos per cápita.

Gráfica 4: *Pronóstico LCO2CE.*



Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En esta investigación se han considerado dos enfoques, en el primero se estudió el impacto de los indicadores de gobernabilidad y el PIB per cápita sobre las emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica per cápita, durante el periodo 2002-2014 en 16 países de América Latina; mientras que en el segundo, se consideraron variables económicas relacionadas con las energías renovables y no renovables, además del PIB per cápita, sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en el Ecuador durante el periodo 1980-2014. En ambos casos bajo el enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets.

En el primer enfoque se verificó la existencia de la hipótesis EKC sobre las emisiones de CO₂, pero no sobre la huella ecológica. Según estos resultados, las economías latinoamericanas estudiadas se encuentran en la primera fase de la curva de Kuznets, esto implica que, a medida que los países van creciendo económicamente el factor medioambiental empeorará hasta que los ingresos lleguen a un punto de inflexión, a partir del cual, por la propia dinámica de la teoría de la EKC, la calidad ambiental mejorará.

Esta región basa sus economías en la extracción de recursos naturales principalmente con gestión estatal, que en esta investigación ha sido medida parcialmente a través de los índices de control de la corrupción y estabilidad



política. De esta manera, se justificaría que la transparencia llevada a cabo en la gestión gubernamental, así como la imagen de un Estado democrático, contribuirán a una disminución en el deterioro del medioambiente. Con respecto al indicador de calidad regulatoria, a pesar de que no fue relevante, se podría considerar que la aplicación de una política ambiental repercute en el grado de contaminación.

Realizando una comparación con los hallazgos de la investigación de Villanueva para América Latina en el año 2012, se muestran resultados semejantes a los de este enfoque, verificando el cumplimiento de la hipótesis EKC y estableciendo una relación negativa entre los indicadores de gobernabilidad y las emisiones de CO₂.

Por otra parte, se encontró una relación de largo plazo entre las variables de estabilidad política, estabilidad gubernamental y calidad regulatoria con la huella ecológica per cápita, de manera que, un correcto manejo institucional permite la reducción del área productiva necesaria para el consumo de la población latinoamericana.

Para robustecer el modelo, se han realizado la construcción de un índice sintético *ICI*, que permite manejar los errores de correlación entre las variables institucionales, obteniendo un resultado similar al modelo *LCO2* inicial. Sin embargo, el uso de *ICI* en el modelo *LHE* difiere del inicial, verificándose la existencia de la hipótesis EKC aunque en este caso, su punto de inflexión es muy distante de la realidad latinoamericana. En síntesis, la huella ecológica y las emisiones de dióxido de carbono, como indicadores de degradación ambiental, no presentan el mismo comportamiento para la verificación de la hipótesis EKC.

Así mismo, se probó la inclusión de la densidad poblacional, dado que, esta podría generar un impacto sobre la calidad ambiental. Sin embargo, no se la incluyó debido a que no resultó estadísticamente significativa en los modelos.

De manera particular, en el segundo enfoque, a diferencia de lo anterior, no existe evidencia del cumplimiento de la hipótesis EKC, debido a que la elasticidad de largo plazo es mayor que la del corto plazo. Esto implica que las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía per cápita se incrementan en el tiempo a medida que existen mayores niveles de PIB per cápita y, tomando en cuenta que no existe una relación de causalidad de largo plazo de las emisiones de CO₂ hacia el PIB se podría afirmar que políticas



encaminadas a reducir las emisiones, no afectarían el crecimiento económico. Además, el no cumplimiento de la hipótesis EKC no permite predecir el comportamiento entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, por lo tanto, en este caso el gobierno como ente legislativo, debería preocuparse en implementar instrumentos normativos y de regulación para que todos los sectores (público y privado) generen crecimiento con un manejo ambiental responsable.

Por otra parte, los resultados de este segundo enfoque indican que el consumo per cápita de energías de fuentes no renovables como el gas natural seco y el petróleo, muestra un impacto sobre las emisiones de CO₂, mientras que el consumo de electricidad de fuentes renovables per cápita no presenta una incidencia significativa estadísticamente. Esto podría deberse a la reciente implementación de generación eléctrica de fuentes renovables para el consumo en Ecuador, por lo que esta variable no revelaría el impacto real que genera el uso de energías limpias en el medioambiente.

La relación atípica correspondiente al consumo de gas natural seco, podría deberse a un efecto distorsionante de los subsidios relativos al gas que impiden una captura del comportamiento real de esta variable; así también, a un posible efecto sustitución entre el consumo de gas natural y leña como fuentes de energía, puesto que, esta última emite mayor contaminación que el consumo de gas. Se consideró también que, esta relación atípica podría estar afectada por una posible correlación negativa entre el consumo de gas y de petróleo, para lo cual se probó el modelo con la inclusión de una interacción entre estas dos variables, sin embargo, este coeficiente estimado no fue significativo.

Los resultados también muestran que, dado que la elasticidad del consumo de petróleo es mayor a la elasticidad de consumo de gas natural seco en las emisiones, el reemplazo del consumo de petróleo por gas sería favorable para estabilizar los niveles de emisiones del CO₂; sin embargo, dada la creciente implementación de centrales hidroeléctricas, campos eólicos y fotovoltaicos en el país, sería eficiente el consumo de esta energía de fuentes renovables lo que implica menores costos para los consumidores y menor degradación ambiental.

De igual manera, se contrasta con los resultados del estudio de Zambrano-Monserrate y otros autores realizado en el año 2017 para Perú, en el que no se verifica el cumplimiento de la hipótesis EKC, pero las variables *LCER*,



LCGAS, *LCPET* y *LPIB* sí generan un impacto estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO₂ del consumo de energía. Sin embargo, el caso ecuatoriano difiere del caso peruano puesto que, los resultados de la variable de consumo de electricidad de fuentes renovables no es un factor estadísticamente significativo en el modelo y la variable del consumo de gas natural seco mantiene una relación indirecta con el deterioro ambiental en Ecuador.

Los pronósticos realizados indican que, para el 2025 las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía aumentarán en el Ecuador posiblemente como consecuencia de una mayor tasa promedio anual de consumo de petróleo (0,88%) en comparación con la tasa de crecimiento promedio anual del consumo de electricidad de fuentes renovables (0,71%). Por lo tanto, los hacedores de políticas públicas en el Ecuador deberían enfocarse en la formulación de proyectos que permitan el consumo de energías limpias, respetando los derechos constitucionales de la naturaleza. Así como también, sería eficiente que el sector privado invierta en tecnologías basadas en fuentes energéticas renovables, y la sociedad civil contribuya de manera activa y consciente a reducir el daño ambiental, sustituyendo el uso de gas en los hogares por fuentes eléctricas renovables.

Esta investigación ha presentado como mayor limitación la disponibilidad de datos para efectuar el mismo estudio para Ecuador y América Latina, por lo que se ha realizado un análisis de la incidencia de indicadores institucionales en la región latinoamericana y, particularmente en el Ecuador, se ha puesto énfasis en el impacto que genera el consumo de las energías renovables y no renovables, bajo la premisa de que estas son gestionadas por el Estado. Además, sería interesante realizar una investigación de la incidencia de factores energéticos y el PIB en las emisiones de CO₂ en la región, y así probar la existencia de la hipótesis EKC con estas variables.



BIBLIOGRAFÍA

- Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA). (2018). *International Energy Statistics*. Recuperado el 14 de Abril de 2018, de <https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (23 de Marzo de 2016). *Ecuador posee un 51,78% de energía renovable*. Recuperado el 16 de Abril de 2018, de Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>
- Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H.-Z., & Hashmi, M. Z. (2017). Modelling the CO2 emissions and economic growth in Croatia: Is there any environmental Kuznets curve?. *Energy*, 123, 164-172.
- Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315-323.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (3ra ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- Banco Mundial. (2017). *Ecuador: Panorama General*. Recuperado el 11 de Abril de 2018, de Banco Mundial: <http://www.bancomundial.org/es/country/ecuador/overview>
- Banco Mundial. (2018a). *Indicadores de Desarrollo Mundial*. Recuperado el Abril de 2018, de Banco de Datos del Banco Mundial: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=2&series=N.Y.GDP.PCAP.CD&country=#>
- Banco Mundial. (2018b). *Indicadores Mundiales de Gobernabilidad*. Recuperado el Abril de 2018, de Banco de Datos del Banco Mundial: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=worldwide-governance-indicators>
- Bölük, G., & Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587–95.
- CEPAL. (4 de Marzo de 2018). *América Latina y el Caribe adopta su primer acuerdo regional vinculante para la protección de los derechos de acceso en asuntos ambientales*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de Comunicado de Prensa del la CEPAL: <https://www.cepal.org/es/comunicados/america-latina-caribe-adopta-su-primer-acuerdo-regional-vinculante-la-proteccion>
- Cole, M. A. (2007). Corruption, income and the environment: an empirical analysis. *Ecological Economics*, 62(3-4), 637-647.



- Constante, J. (10 de Septiembre de 2016). Importancia de la energía eléctrica en el cambio de la matriz energética en Ecuador. *El Telégrafo*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/408/1/importancia-de-la-energia-electrica-en-el-cambio-de-la-matriz-energetica-en-ecuador>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Constitución de la República del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Deacon, R., & Mueller, B. (2004). Political Economy and Natural Resource Use. *UC Santa Barbara: Department of Economics Working Paper*.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Fredriksson, P. G., & Millimet, D. L. (2001). Bureaucratic corruption and environmental policy: theory and evidence from the United States. *Unpublished manuscript*.
- Friedrich, J., Ge, M., & Lebling, K. (02 de Abril de 2018). *5 Charts Show How Global Emissions Have Changed Since 1850*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de World Resources Institute: <http://www.wri.org/blog/2018/04/5-charts-show-how-global-emissions-have-changed-1850>
- Global Footprint Network. (11 de Abril de 2018a). *Three Visualizations of Footprint Trends, 1961-2014*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de Global Footprint Network: <https://www.footprintnetwork.org/2018/04/11/three-visualizations-of-footprint-trends-1961-2014/>
- Global Footprint Network. (2018b). *Global Footprint Network*. Recuperado el 14 de Abril de 2018, de <http://data.footprintnetwork.org/#/compareCountries?type=EFCpc&cn=9,21,19,236,40,44,48,58,60,89,138,157,56,234,166,169,170&yr=2005>
- 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. (Mayo de 1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Gudynas, E. (2009). Diez tesis urgentes sobre el nuevo extractivismo. Contextos y demandas bajo el progresismo sudamericano actual. En J. Schuldt, A. Acosta, A. Barandiarán, A. Bebbington, M. Folchi, CEDLA – Bolivia, . . . E. Gudynas, *Extractivismo, política y sociedad* (págs. 187-225). Quito: Centro Andino de Acción Popular (CAAP) y Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES).
- Gudynas, E. (14 de Abril de 2016). *Corrupción, extractivismos y daño ambiental: una íntima asociación*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de



América Latina en Movimiento:

<https://www.alainet.org/es/articulo/176732>

- Ibrahim, M. H., & Law, S. H. (2014). Social capital and CO2 emission—output relations: A panel analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 528-534.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- Martín Mayoral, F. (2010). Convergencia en América Latina. Un análisis dinámico.
- Martín Palmero, F., González Laxe, F., Miguélez Pose, F., Menéndez Pérez, E., & Dopico Castro, J. (2004). *Desarrollo sostenible y huella ecológica. Una aplicación a la economía gallega*. Netbiblo.
- Masron, T. A., & Subramaniam, Y. (2018). The environmental Kuznets curve in the presence of corruption in developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2013). *Balance Energético Nacional 2013*. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). Segunda comunicación nacional sobre cambio climático. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito, Ecuador.
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38, 661-666.
- New York Times ES. (13 de Abril de 2016). *Tras el auge de la última década, ¿aprenderá América Latina a no depender de las materias primas?* Recuperado el 11 de Abril de 2018, de New York Times ES: <https://www.nytimes.com/es/2016/04/13/tras-el-auge-de-la-ultima-decada-aprendera-america-latina-a-no-depender-de-las-materias-primas/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (08 de Septiembre de 2017). *Annual population*. Recuperado el Abril de 2018, de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA>
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225.
- Pesaran, M. H. (2015). *Time series and panel data*. Oxford University Press.



- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621-634.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (Diciembre de 2016). *Boletín América Latina y el Caribe*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA):
https://web.unep.org/americalatinacaribe/sites/unep.org.americalatinacaribe/files/Boletin_diciembre_2016_FINAL.pdf
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010. *Planificación para la Revolución Ciudadana*.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. *Toda una Vida*. Ecuador.
- StataCorp. (2017). *Stata 15 Base Reference Manual*. College Station, Texas: Stata Press.
- United Nations Information Service (UNIS) Vienna. (27 de Noviembre de 2013). *Corrupción y medioambiente*. Obtenido de United Nations Information Service (UNIS) Vienna:
<http://www.unis.unvienna.org/unis/es/pressrels/2013/uniscp731.html>
- Villanueva, I. A. (2012). Introducing Institutional Variables In the Environmental Kuznets Curve (EKC): A Latin American Study. *Annals-Economy Series*, 1, 71-81.
- World Resources Institute. (18 de Agosto de 2016). *Country Greenhouse Gas Emissions Data*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de World Resources Institute: <http://datasets.wri.org/dataset/cait-country>
- Zambrano-Monserrate, M. A., Silva-Zambrano, C. A., Davalos-Penafiel, J. L., Zambrano-Monserrate, A., & Ruano, M. A. (2017). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Peru: The role of renewable electricity, petroleum and dry natural gas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(3), 4170-4178.
- Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067-1075.

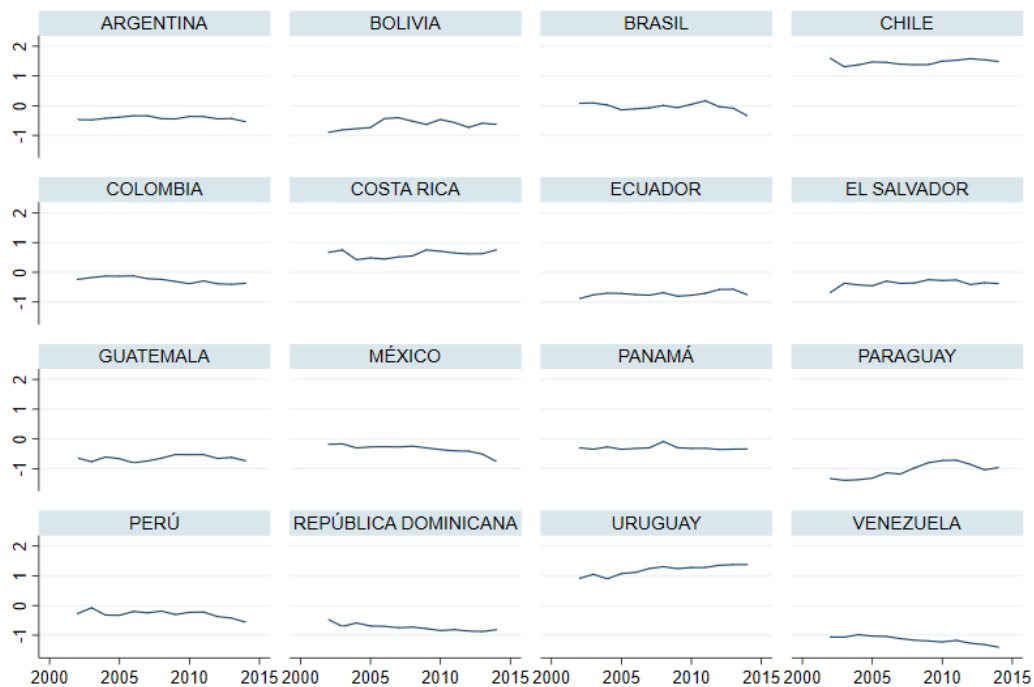
ANEXOS

Tabla Anexo 1: Estadísticos Descriptivos de las Variables del Modelo de Datos de Panel

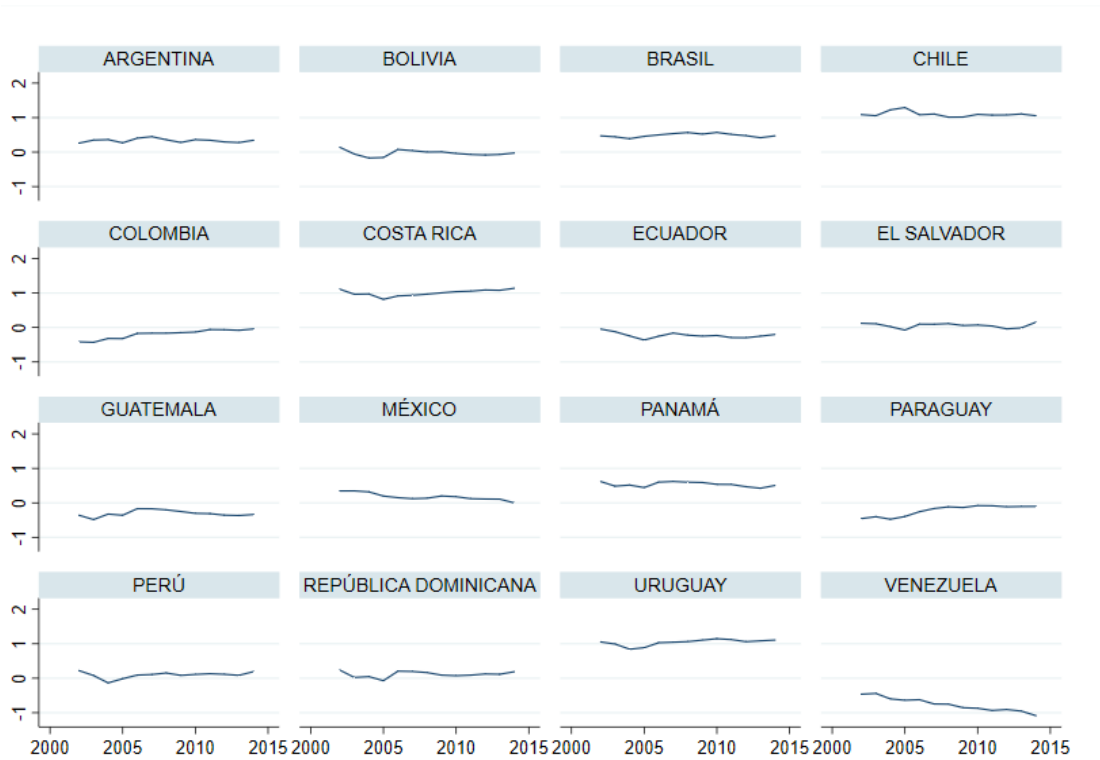
Variable	Observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
LCO2	208	0,707204	0,589521	-0,413690	2,029239
LHE	208	0,938148	0,276195	0,329545	1,468469
CC	208	-0,233322	0,724481	-1,399562	1,592268
VR	208	0,200834	0,520629	-1,083765	1,292521
EP	208	-0,335963	0,703569	-2,374467	1,091703
EG	208	-0,191151	0,576014	-1,226763	1,275488
CR	208	-0,055022	0,690483	-1,815137	1,538509
IL	208	-0,414855	0,712696	-1,916324	1,433140
LPIBR	208	8,697704	0,580059	7,392351	9,595736
POBRT	208	0,267445	0,128429	0,048544	0,521018

Fuente: Banco Mundial (2018a, 2018b), FAO (2017) y Global Footprint Network (2018b).
Elaboración propia

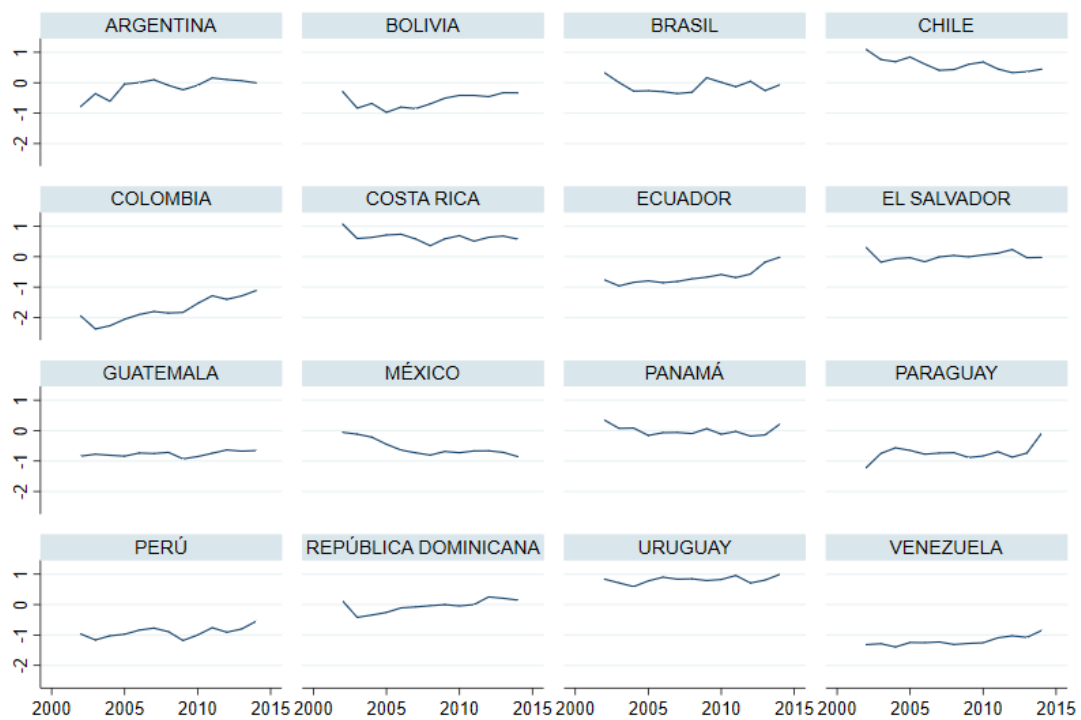
Gráfica Anexos 1: Gráficas de las Variables del Modelo de Datos de Panel



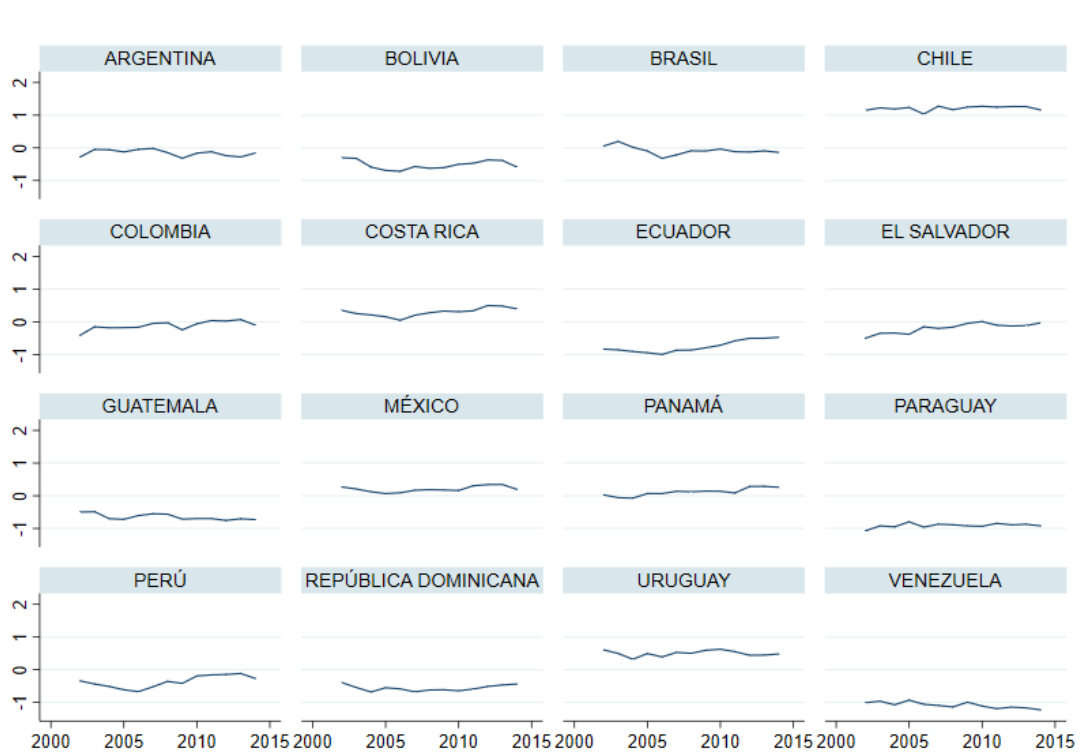
INDICE DE CONTROL DE CORRUPCIÓN (CC)



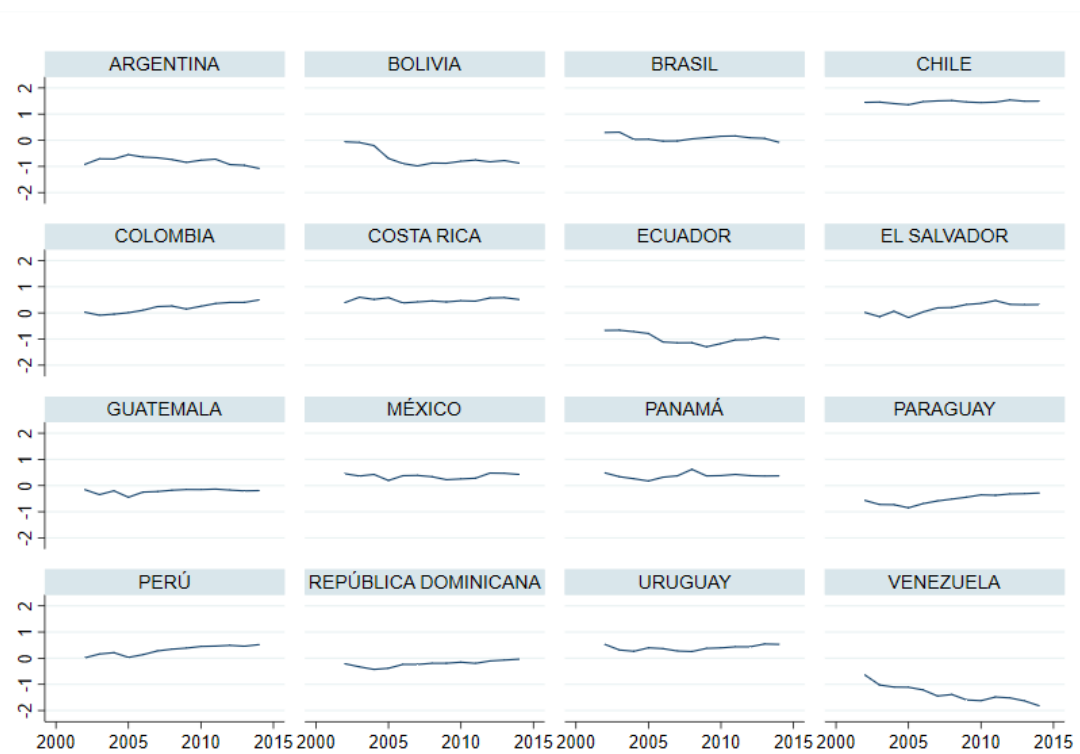
INDICE DE VOZ Y RESPONSABILIDAD (VR)



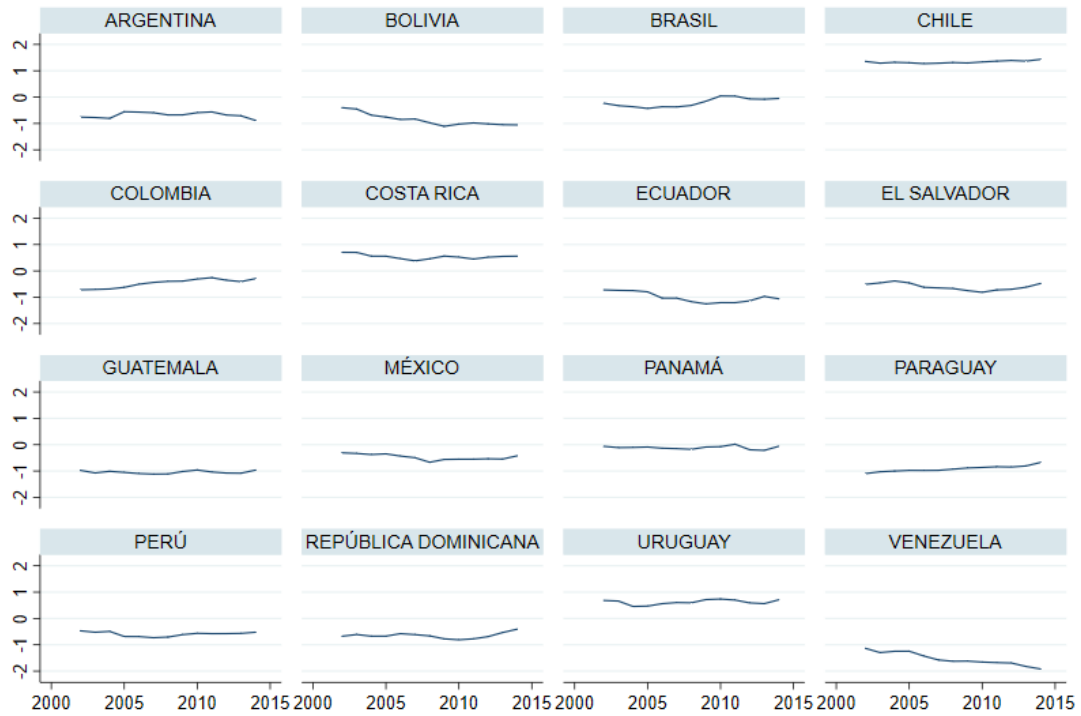
INDICE DE ESTABILIDAD POLÍTICA (EP)



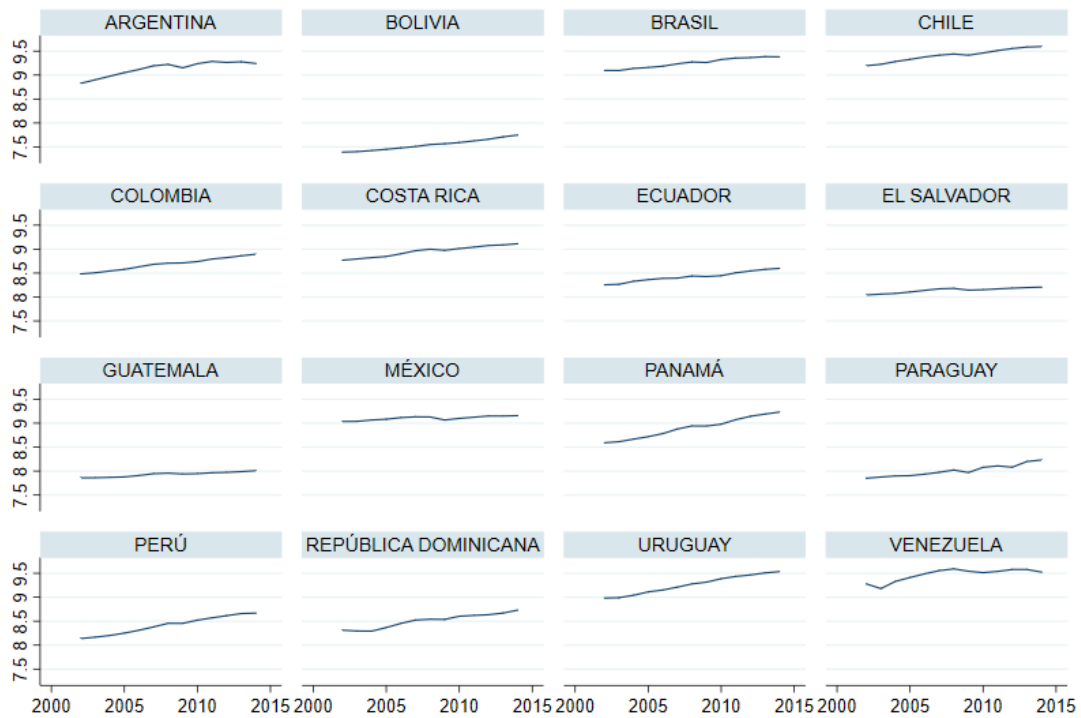
INDICE DE ESTABILIDAD GUBERNAMENTAL (EG)



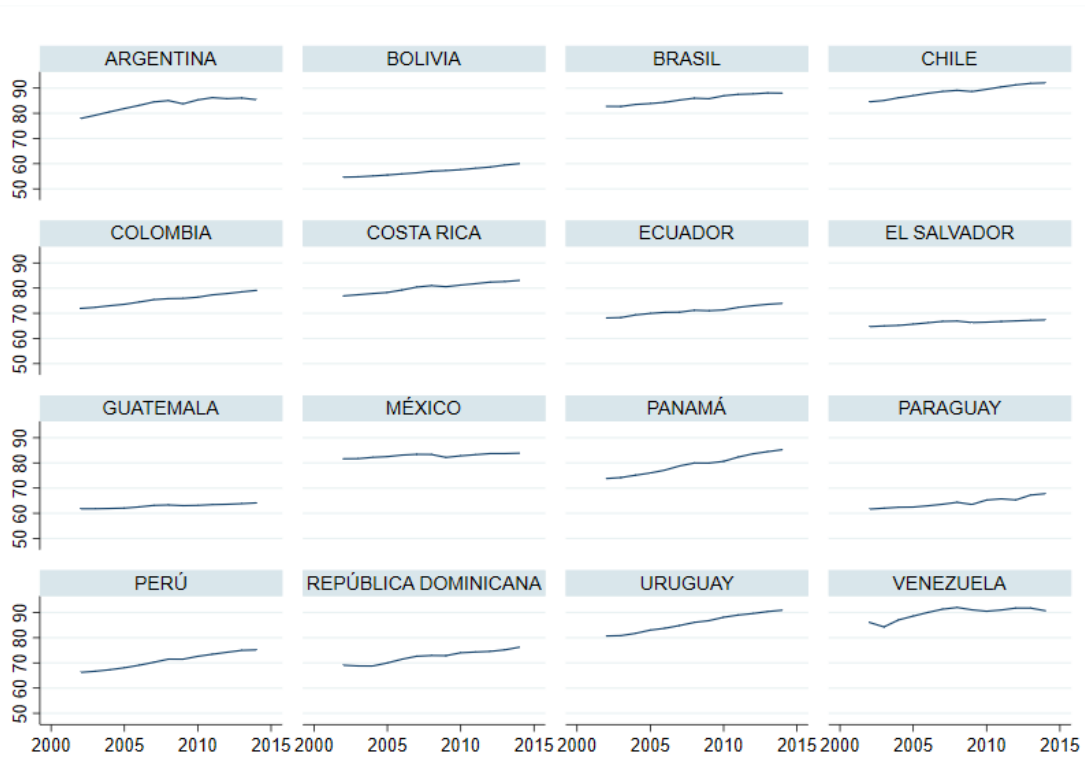
INDICE DE CALIDA REGULATORIA (CR)



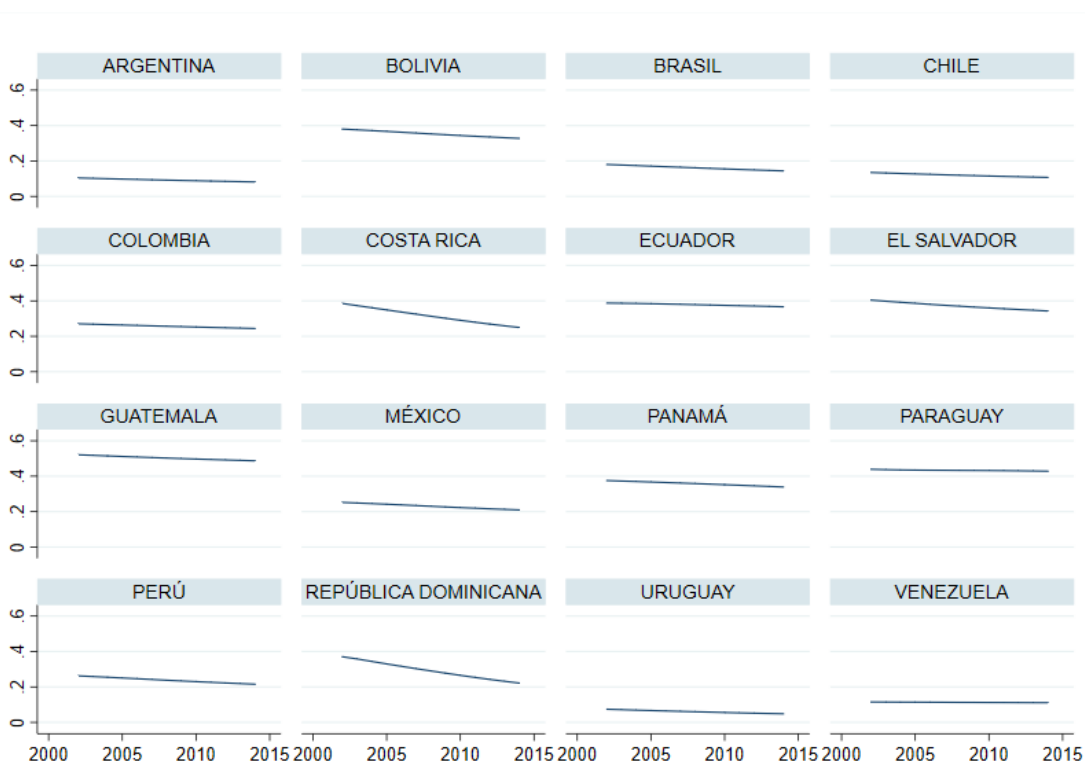
INDICE DE IMPERIO DE LA LEY (IP)



PIB PER CÁPITA REAL en logaritmos (LPIBR)



PIB PER CÁPITA REAL AL CUADRADO en logarítmos (LPIBR2)



POBLACIÓN RURAL COMO PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN TOTAL (LPOBRT)

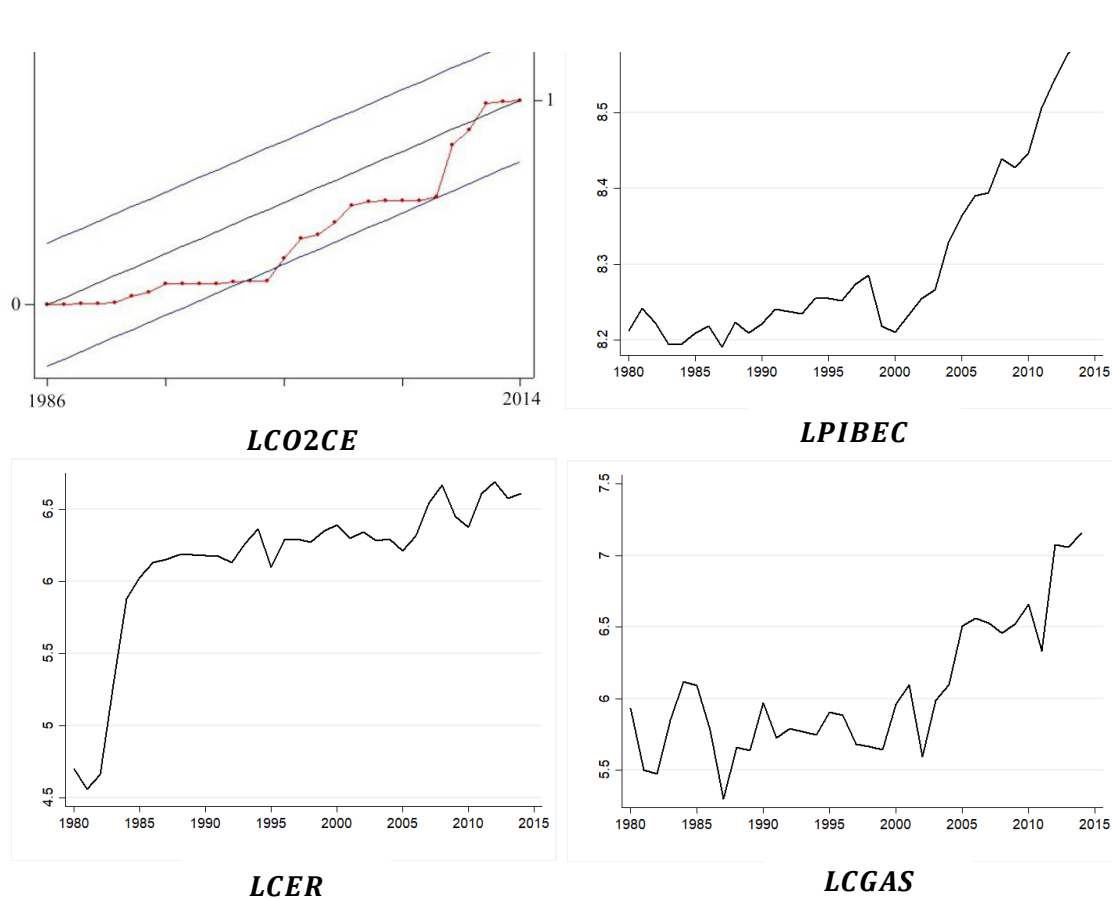
Fuente: Banco Mundial (2018a, 2018b), FAO (2017) y Global Footprint Network (2018b).
Elaboración propia

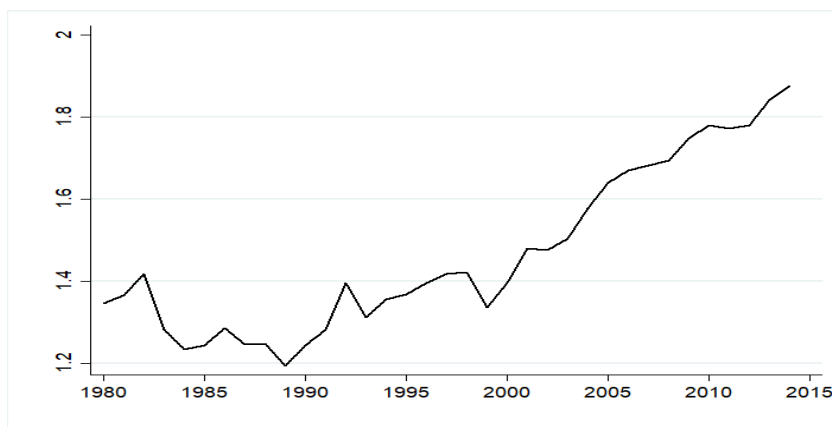
Tabla Anexo 2: Estadísticos Descriptivos de las Variables del Modelo de Series de Tiempo

Variable	Observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
<i>LCO2CE</i>	35	0,5481977	0,1565471	0,2995168	0,9121317
<i>LPIBEC</i>	35	8,301972	0,1182833	8,190783	8,599458
<i>LCER</i>	35	6,140173	0,5283149	4,560219	6,69098
<i>LCGAS</i>	35	6,048319	0,471956	5,29674	7,157437
<i>LCPET</i>	35	1,465749	0,202677	1,193188	1,875426

Fuente: Banco Mundial (2018a) y EIA (2018).
Elaboración propia

Gráfica Anexos 2: Gráficas de las Variables del Modelo de Series de Tiempo





LCPET

Notas:

Las variables están expresadas en logaritmos.

Fuente: Banco Mundial (2018a) y EIA (2018).

Elaboración propia

Tabla Anexo 3: Hipótesis de las Pruebas de Raíz Unitaria

	LLC	BREITUNG	IPS	FISHER	HADRI
H_0	Los paneles tienen raíz unitaria		Todos los paneles tienen raíz unitaria		Todos los paneles son estacionarios
H_1	Los paneles son estacionarios		Algunos paneles son estacionarios	Al menos un panel es estacionario	Algunos paneles contienen raíz unitaria

Elaboración propia.

Tabla Anexo 4: Valores Críticos para el Bound Test - Caso V: Intercepto no Restringido y Tendencia no Restringida

n	k=3		k=4		k=5	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
1%						
30	6,643	8,313	5,856	7,578	5,347	7,242
35	6,38	7,73	5,604	7,172	5,095	5,77
40	6,238	7,74	5,376	7,092	4,885	6,55
5%						
30	4,683	5,98	4,154	5,540	3,818	5,253
35	4,568	5,795	4,036	5,304	3,673	5,002
40	4,51	5,643	3,958	5,226	3,577	4,923
10%						



30	3,868	4,963	3,43	4,624	3,157	4,412
35	3,8	4,888	3,374	4,512	3,087	4,277
40	3,76	4,795	3,334	4,438	3,012	4,213

Fuente: Narayan (2005)
Elaboración propia.

Tabla Anexo 5: Resultados de Pruebas de Raíz Unitaria para Datos de Panel

	LLC	Breitung	IPS	Fisher		Hadri
	t* Ajustado	lambda	W-t bar	adf-chi2 (p)	pp-chi2	z-stat
Nivel						
$LCO2_{i,t}$	-10,15***	-0,05	-3,25***	133,87***	48,52**	6,31***
$LHE_{i,t}$	-8,57***	-1,24	-3,30***	109,73***	51,31**	8,51***
$CC_{i,t}$	-6,97***	-0,82	-1,73**	32,83	75,49***	5,40***
$VR_{i,t}$	-8,49***	-0,37	-3,67***	130,56**	61,64***	5,66***
$EP_{i,t}$	-6,70***	-1,92**	-3,51***	57,88***	81,09***	3,53***
$EG_{i,t}$	-8,61***	-1,05	-3,53***	50,56**	67,50***	6,42***
$CR_{i,t}$	-6,83***	-2,18**	-1,78**	27,55	53,23**	9,57***
$IL_{i,t}$	-4,35***	0,22	-0,39	45,27*	26,37	9,31***
$LPIB_{i,t}$	-4,50***	0,74	0,39	35,58	20,97	11,96***
$LPIB2_{i,t}$	-4,60***	0,76	0,33	37,04	22,03	12,26***
$POBRT_{i,t}$	-2,38***	7,14	3,23	101,68***	63,09***	17,72***
Primera Diferencia						
$D(LCO2_{i,t})$	-10,17***	-4,14***	-5,81***	101,66***	168,25***	-1,21
$D(LHE_{i,t})$	-13,49***	-5,88***	-7,34***	117,50***	229,64***	-2,56
$D(CC_{i,t})$	-11,10***	-3,73***	-6,09***	59,77***	187,98***	-0,46
$D(VR_{i,t})$	-13,77***	-4,64***	-7,93***	134,90**	215,49***	-0,44
$D(EP_{i,t})$	-11,91***	-2,23**	-6,58***	78,44***	173,19***	0,77
$D(EG_{i,t})$	-11,38***	-3,80***	-5,47***	68,26***	145,43***	0,21
$D(CR_{i,t})$	-14,16***	-5,20***	-7,66***	59,94***	210,18***	-0,52
$D(IL_{i,t})$	-9,26***	-2,44***	-4,26***	70,92***	88,86***	1,39*
$D(LPIB_{i,t})$	-10,23***	-3,54***	-6,14***	107,85***	181,78***	-0,68
$D(LPIB2_{i,t})$	-10,14***	-3,50***	-5,94***	98,79***	181,73***	-0,61
$D(POBRT_{i,t})$	-12,20***	-3,70	2,11**	87,55***	105,12***	11,75***

Nota:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*).

Elaboración propia.



Tabla Anexo 6: *Tabla de correlaciones de las variables del Modelo de Datos de Panel (LCO2)*

	<i>LCO2</i>	<i>CC</i>	<i>VR</i>	<i>EP</i>	<i>EG</i>	<i>CR</i>	<i>IL</i>	<i>LPIBR</i>	<i>LPIBR2</i>
<i>LCO2</i>	1,0000								
<i>CC</i>	0,1554	1,0000							
<i>VR</i>	0,1226	0,8857	1,0000						
<i>EP</i>	0,1067	0,6731	0,8295	1,0000					
<i>EG</i>	0,257	0,8973	0,8675	0,6371	1,0000				
<i>CR</i>	-0,0571	0,7745	0,7474	0,4888	0,8568	1,0000			
<i>IL</i>	0,1206	0,9338	0,9276	0,7137	0,9153	0,8548	1,0000		
<i>LPIBR</i>	0,7742	0,4765	0,432	0,3264	0,5084	0,2714	0,4473	1,0000	
<i>LPIBR2</i>	0,7799	0,4782	0,43	0,3275	0,5081	0,266	0,447	0,9995	1,0000

Elaboración propia.

Tabla Anexo 7: *Tabla de correlaciones de las variables del Modelo de Datos de Panel (LHE)*

	<i>LHE</i>	<i>CC</i>	<i>VR</i>	<i>EP</i>	<i>EG</i>	<i>CR</i>	<i>IL</i>	<i>LPIBR</i>	<i>LPIBR2</i>
<i>LHE</i>	1,0000								
<i>CC</i>	0,3796	1,0000							
<i>VR</i>	0,3682	0,8857	1,0000						
<i>EP</i>	0,3283	0,6731	0,8295	1,0000					
<i>EG</i>	0,3845	0,8973	0,8675	0,6371	1,0000				
<i>CR</i>	0,1121	0,7745	0,7474	0,4888	0,8568	1,0000			
<i>IL</i>	0,3610	0,9338	0,9276	0,7137	0,9153	0,8548	1,0000		
<i>LPIBR</i>	0,5037	0,4765	0,4320	0,3264	0,5084	0,2714	0,4473	1,0000	
<i>LPIBR2</i>	0,5200	0,4782	0,4300	0,3275	0,5081	0,2660	0,4470	0,9995	1,0000

Elaboración propia.

Tabla Anexo 8: *Resultados de la estimación GMM*

Variable Dependiente	MODELO 1: $LCO2_{i,t}$		MODELO 2: $LHE_{i,t}$	
	DIFERENCIA GMM	SISTEMA GMM	DIFERENCIA GMM	SISTEMA GMM
CORTO PLAZO				
	$LCO2_{i,t}$	$LCO2_{i,t}$	$LHE_{i,t}$	$LHE_{i,t}$
$LCO2(-1)_{i,t} / LHE(-1)_{i,t}$	0,2787928*** (0,1303262)	0,6054029*** (0,1536475)	0,1328776 (0,1283088)	0,4839129*** (0,1748347)
$CC_{i,t}$	-0,1372224** (0,0641216)	-0,0458956 (0,0498842)		
$VR_{i,t}$	-0,1286299*** (0,0429819)			
$EP_{i,t}$	0,2787928*** (0,1303262)	-0,0586747 (-0,0462744)	-0,0253481 (0,0369704)	-0,0230177 (0,0547866)



$EG_{i,t}$			-0,0363379	-0,0271498
			(0,1003365)	(0,100005)
$CR_{i,t}$			0,0196799	-0,0280085
			(0,0979967)	(0,0979491)
$LPIBR_{i,t}$	3,800441**	-0,2275125	1,006496	-0,1673103
	(1,738467)	(0,931686)	(2,124934)	(2,161035)
$LPIBR2_{i,t}$	-0,1905412*	0,0271098	-0,0434914	0,0217852
	(0,0985689)	(0,0545645)	(0,1239205)	(0,1228515)
CONSTANTE	-18,13833**	0,1778059	-4,653294	0,2933621
	(7,637575)	(4,024555)	(9,013505)	(9,361153)

Pruebas Post-estimación

Test de Arellano Bond				
AR(1)	-2,6025***	-2,7428***	-2,2372**	-2,5278**
AR(2)	-0,31579	-0,11136	-0,36913	0,64837
Test de Sargan	85,55585**	100,193**	112,7101***	135,271***

Notas:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*), Entre paréntesis los errores estándar

En la prueba de Arellano-Bond se muestra el estadístico z, en la prueba de Sargan se indica el Chi-cuadrado

Se estimó un modelo robusto de un paso

Elaboración Propia.

Tabla Anexo 9: Resultados de las Pruebas de Raíz Unitaria de los errores del Modelo PMG

Prueba	Estadístico	Orden de Integración	
LLC	t^* Ajustado	-7,3219***	I(0)
Breitung	λ	1,3207*	I(0)
IPS	$W-t$ bar	-2,5010***	I(0)
FISHER	$adf-chi2$ (p)	108,6309***	I(0)
	$pp-chi2$	75,7537***	I(0)
HADRI	$z-stat$	8,1295***	I(0)

Notas:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*), Entre paréntesis los errores estándar

Elaboración propia.

Tabla Anexo 10: Resultados de las Pruebas de Raíz Unitaria de los errores del Modelo PMG

Variable Dependiente	MODELO 1: $LCO2_{i,t}$		MODELO 2: $LHE_{i,t}$	
	DIFERENCIA GMM		PMG	
	Corto Plazo	Largo Plazo	Corto Plazo	Largo Plazo
$LCO2(-1)_{i,t}$	$LCO2_{i,t}$	$LCO2_{i,t}$	$D(LHE_{i,t})$	$D(LHE_{i,t})$
	0,3045226***			
	(0,1079562)			
$ICI_{i,t}$	-0,5465432**	-0,78585329**		-0,82817***
	(0,2746904)			(0,2222941)
$LPIBR_{i,t}$	3,095237**	4,45052133**		2,65292***
	(1,20882)			(0,7623207)



$LPIBR2_{i,t}$	-0,1537333** (0,0670886)	-0,22104715**		-0,124719*** (0,0434397)
$D(ICI)_{i,t}$			0,4906821** (0,2861161)	
$D(LPIBR)_{i,t}$			47,48782 (42,33098)	
$D(LPIBR2)_{i,t}$			-2,657675 (2,324401)	
$ECT_{i,t}$			-0,6153233*** (0,0907575)	
Constante	-14,47866*** (5,38684)		-7,565505*** (1,112092)	
Pruebas Post-estimación				
Test de Arellano Bond	AR(1)	-2,6541***	AR(2)	-0,49833
Test de Sargan	91,39384**			

Nota:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*), Entre paréntesis los errores estándar
 En la prueba de Arellano-Bond se muestra el estadístico z, en la prueba de Sargan se indica el Chi-cuadrado
 Se estimó un modelo robusto de un paso

Elaboración propia.

Tabla Anexo 11: Resultados de la Prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller Aumentado y Phillips-Perron

Variable	Nivel		Primera Diferencia		Orden de Integración
	Intercepto	Intercepto y tendencia	Intercepto	Intercepto y tendencia	
Dickey-Fuller Aumentado					
$LCO2CE_t$	-0,383	-2,315	-9,527***	-10,253***	I(1)
$LPIBEC_t$	1,972	-0,351	-4,710***	-5,965***	I(1)
$LCER_t$	-3,030**	-2,487	-4,029***	-4,464***	I(1)
$LCGAS_t$	-0,894	-2,855	-7,226***	-7,244***	I(1)
$LCPET_t$	0,614	-2,11	-5,848***	-6,472***	I(1)
Phillips-Perron					
$LCO2CE_t$	0,442	-1,965	-9,394***	-11,648***	I(1)
$LPIBEC_t$	2,298	-0,167	-4,769***	-6,006***	I(1)
$LCER_t$	-3,219**	-2,486	-4,055***	-4,464***	I(1)
$LCGAS_t$	-0,388	-2,815	-7,884***	-8,138***	I(1)
$LCPET_t$	1,101	-1,928	-5,879***	-6,961***	I(1)

Notas:

Nivel de Significancia: 1% (***), 5% (**) y 10% (*).
 El número de rezagos óptimo para Dickey-Fuller Aumentado se basa en el Criterio de Información de Schwarz (SIC).
 El número de rezagos óptimo para Phillips-Perron se basa en Newey- West.

Elaboración propia.



Tabla Anexo 12: *Tabla de criterio de selección del orden de rezagos (VAR)*

Muestra: 1984-2014 N° Observaciones: 31

Rezago	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	147				7,40E-11	-9	-9	-9
1	246	198,68	25	0,000	6,20E-13	-14	-13	-12,5522*
2	269	46,67	25	0,005	7,90E-13	-14	-13	-11
3	313	86	25	0,000	3,60E-13	-15	-14	-11
4	360	95,264*	25	0,000	2,1e-13*	-16,4604*	-14,8772*	-12

Notas:

Endógenas LCO2CE LPIBEC LCER LCGAS LCPET

Exógenas: Constante

Elaboración propia.

Tabla Anexo 13: *Prueba de cointegración de Johansen (VECRANK)*

Tendencia: Constante N° Observaciones: 31
Muestra: 1984-2014 Rezagos: 4

Máximo rango	Parámetros	LL	Eigenvalue	Trace Statistic	Valor crítico 5%
0	80	290,971	.	138,331	68,520
1	89	323,406	0,87663	73,461	47,210
2	96	344,624	0,74561	31,026	29,680
3	101	353,827	0,44774	12,6200*	15,410
4	104	358,002	0,23613	4,270	3,760
5	105	360,137	0,12868		

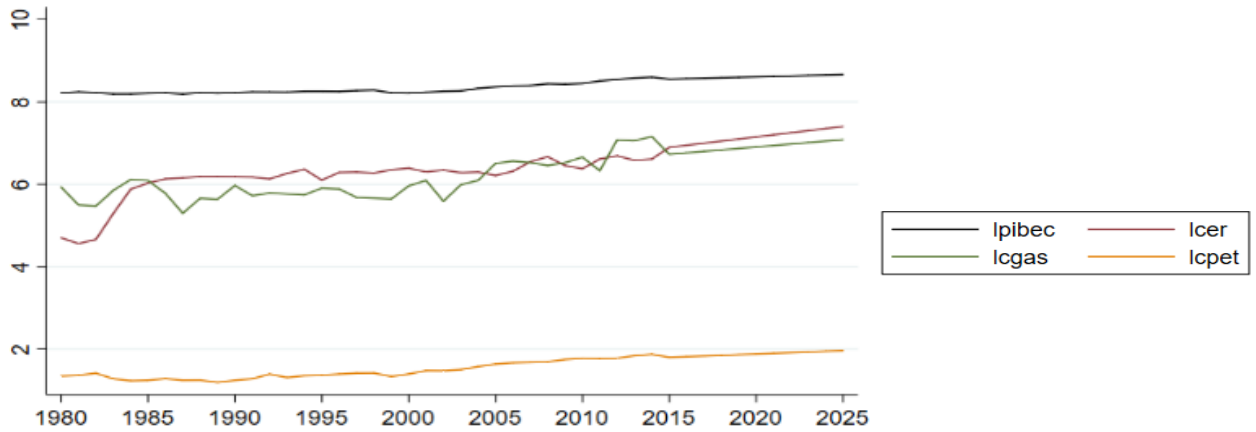
Elaboración propia.

Tabla Anexo 14: *Tabla de proyecciones de las variables independientes*

AÑO	LPIBEC	LCER	LCGAS	LCPET	PIBEC (dólares)	CER (miles de Kwh)	GAS (miles de pies cúbicos)	PET (barriles por año)
2015	8,551	6,896	6,728	1,801	5171,754	988,519	835,097	6,058
2016	8,562	6,947	6,763	1,818	5229,554	1039,869	865,320	6,158
2017	8,573	6,997	6,799	1,834	5287,995	1093,886	896,637	6,260
2018	8,584	7,048	6,834	1,851	5347,095	1150,709	929,087	6,363
2019	8,595	7,099	6,870	1,867	5406,854	1210,484	962,712	6,468
2020	8,607	7,149	6,905	1,883	5467,282	1273,364	997,554	6,575
2021	8,618	7,200	6,941	1,900	5528,380	1339,510	1033,657	6,684
2022	8,629	7,251	6,976	1,916	5590,165	1409,092	1071,066	6,794
2023	8,640	7,301	7,012	1,932	5652,642	1482,289	1109,829	6,907
2024	8,651	7,352	7,048	1,949	5715,816	1559,289	1149,995	7,021
2025	8,662	7,403	7,083	1,965	5779,691	1640,288	1191,615	7,137

Elaboración propia

Gráfica Anexos 3: *Pronóstico CO2CE periodo 2015-2025*



Elaboración propia.



PROTOCOLO



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ECONOMÍA

TEMA: “Incidencia de los factores económicos e institucionales bajo el enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets (EKC): evidencia empírica para el Ecuador y América Latina. “

PROTOCOLO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad: Artículo Académico

AUTORAS: Gabriela Andrade
Diana Ramón

TUTOR: Dr. Diego Roldán

Cuenca – Ecuador
2018



a. Resumen de la propuesta.

La siguiente propuesta busca realizar un estudio empírico que relacione variables económicas e institucionales con la degradación ambiental, a nivel de América Latina y Ecuador. Para el desarrollo de esta investigación se plantean el uso de dos modelos bajo el enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets.

El primer modelo, que será realizado para 16 países de América Latina, utilizará la metodología para datos de panel basado en el enfoque de Cointegración y el Método Generalizado de Momentos (GMM), relacionando variables institucionales (indicadores de gobernabilidad) y económicas, con la degradación ambiental (emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica) durante el periodo 2002 al 2014.

Un segundo modelo será aplicado para Ecuador durante el periodo 1980 al 2014, en el que se busca conocer el impacto de variables económicas relacionadas a la energía, sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, que será realizado con base en la metodología de Cointegración y Rezagos Autorregresivos Distribuidos (ARDL).

b. Razón de ser del trabajo académico (identificación y justificación).

El presente documento propone una investigación empírica de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets, por medio de dos estudios. El primero pretende determinar el impacto de factores institucionales (indicadores de gobernabilidad) y económicos sobre la calidad ambiental, a través de un análisis econométrico de datos de panel, aplicado en América Latina durante el período 2002 al 2014. Asimismo, un segundo estudio busca conocer el impacto de variables vinculadas al ámbito energético, sobre la degradación ambiental en el Ecuador durante el periodo de 1980 al 2014.

La degradación medioambiental es un problema que ha venido tomando fuerza durante las últimas décadas, presentándose como una consecuencia de un inadecuado crecimiento y desarrollo económico, que no ha considerado a la sostenibilidad ambiental como uno de sus ejes prioritarios. De esta manera, muchas investigaciones han centrado su estudio en determinar los antecedentes y efectos de esta problemática.

Zambrano-Monserrate *et al.* (2017) sostienen que las economías desarrolladas son las más afectadas por la contaminación, debido a su alto grado de industrialización, sin embargo, las economías en desarrollo son más vulnerables a los efectos del cambio climático.

De acuerdo con Ozturk y Acaravci (2010), el dióxido de carbono es el responsable de más del 60% de los gases de efecto invernadero (GEI). Este



hecho permite cuantificar el empeoramiento de la calidad medioambiental, por lo que muchas investigaciones académicas han propuesto sus estudios del enfoque de la Curva Medioambiental de Kuznets, utilizando al dióxido de carbono como la variable que mide la degradación medioambiental, tal como se lo muestra en los trabajos recientes de Villanueva (2012), Ahmad *et al.* (2017), Zoundi (2017), Zambrano-Monserrate *et al.* (2017) y Masron y Subramaniam (2018).

Por otra parte, la huella ecológica ha sido también considerada como indicador de degradación medioambiental, puesto que, esta puede revelar el efecto de un país sobre el medioambiente en términos de aire, suelo y agua (Al-Mulali *et al.*, 2015).

En el Informe Brundtland presentado en el año 1987 en Estocolmo, Suecia, se define a Desarrollo Sostenible como aquel que “satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas propias” (Martín Palmero *et al.*, 2004).

La comunidad científica y organismos internacionales se han pronunciado respecto al desarrollo sostenible, a través de distintos programas y acuerdos entre ellos: el surgimiento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1972; la Cumbre de la Tierra en Río en 1992, en el cual se plantean responsabilidades de las naciones para el desarrollo sostenible; las energías renovables fueron tomadas en cuenta en la siguiente cumbre realizada en Johannesburgo en el año 2002 (Martín Palmero *et al.*, 2004)

Por otra parte, los representantes mundiales que integran la ONU han planteado un marco de desarrollo para alcanzar la mejora económica, social y ambiental plasmada en los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2000-2015, como se indica en el objetivo que buscó garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Los objetivos que no fueron cumplidos en este periodo, se retomaron en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030, en el cual se hace hincapié a la protección del medioambiente basado en un trabajo conjunto entre el gobierno, empresas y sociedad civil.

Actualmente, América Latina y el Caribe han dado un paso más hacia la protección medioambiental mediante el primer acuerdo regional sobre acceso a la información, participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales, llevado a cabo en Costa Rica el 4 de marzo del 2018. En el art. 1 de este acuerdo se establece:

[...] garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible (CEPAL, 2018).



El Neoextractivismo aparece a inicios del siglo XXI en América Latina como un nuevo modelo de desarrollo económico, orientado hacia actividades de explotación de la naturaleza, en el cual el Estado ejerce un papel activo. En esta etapa se realiza un proceso de renegociación de contratos, incremento de regalías y tributos, y una mayor participación de empresas estatales (Gudynas, 2009).

Deacon y Mueller (2004) señalan que existe un vínculo entre el sistema político de un país y la utilización de sus recursos naturales. Esto se da cuando las instituciones gubernamentales y el imperio de la ley (rule of law) están débilmente constituidas, de manera que, es posible la presencia de un comportamiento de búsqueda de renta (rent-seeking) por parte de funcionarios de gobierno que gestionan los recursos.

Por otra parte, cuando una nación mantiene un sistema de gobierno democrático los ciudadanos se encuentran mejor informados acerca de problemas medioambientales, de manera que, puedan expresar su preocupación acerca de estos problemas a entidades públicas y hacedores de política, generando presión que permita adquirir un mayor compromiso y medidas de protección ambiental (Payne en: Villanueva, 2012).

Robbins (2000) define la corrupción en la gestión de recursos naturales como el uso excesivo de los recursos naturales de una comunidad con el consentimiento de un funcionario público por parte de quienes no poseen derecho legal.

De esta manera, la corrupción es un importante problema en las regiones extractivistas como en América Latina. En muchas ocasiones se han generado efectos negativos ambientales debido a que, como lo indica Gudynas (2016), la corrupción permite ocultar impactos y consecuencias al medioambiente. Las variables institucionales han sido tomadas en cuenta en varios trabajos empíricos para conocer su impacto en la degradación ambiental. Varios autores investigan la relación entre corrupción y el medioambiente, como Fredriksson y Millimet (2001), Cole (2007), Villanueva (2012) y Masron y Subramaniam (2018).

Es por ello que, la corrupción es un factor importante dentro de la insostenibilidad de los recursos naturales y daño medioambiental. Por cuanto, considerar a las instituciones gubernamentales como uno de los posibles causantes del deterioro medioambiental no debería dejar de tomarse en cuenta.

En el caso ecuatoriano, en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010, se considera, entre una de sus estrategias de cambio, la sustentabilidad del patrimonio natural a través del desarrollo de sistemas de energías renovables o alternativas, bajo el enfoque de sostenibilidad social (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2007).



En el Título II de la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, el Capítulo VII considera los Derechos de la Naturaleza, siendo uno de los primeros países de América Latina en incluirla en su marco normativo. Por otra parte, el art. 313 establece que:

El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Además, en el art. 395 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) se reconocen los principios ambientales, donde el Estado garantizará un desarrollo sustentable que mantenga la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, asegurando las necesidades de las generaciones presentes y futuras; aplicará políticas de gestión ambiental; y fomentará una participación activa de la sociedad en la planificación, ejecución y control de actividades que causen impacto ambiental.

De esta manera, el objetivo 4 del Plan Nacional para el Buen Vivir del año 2009-2013 garantiza los derechos de la naturaleza y promueve un ambiente sano y sustentable (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2009).

Una de las políticas del Objetivo 7 del Plan Nacional para el Buen Vivir del año 2013-2017 se enfocó en promover de manera eficiente y en mayor medida una participación de energías renovables sostenibles, para prevenir la contaminación ambiental (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

En actual Plan Nacional de Desarrollo se promueve la gobernanza sostenible de los recursos naturales no renovables y renovables, e incentiva a la reducción de la contaminación, conservación, mitigación y la adopción de los efectos del cambio climático (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

Uno de los motores de desarrollo económico de un país es el sector energético que contribuye al dinamismo de los sectores productivos encargados cubrir las demandas del sistema socioeconómico. Sin embargo, esta necesidad energética produce efectos negativos ambientales desde su producción hasta el consumo, generando emisiones de gases de efecto invernadero, que a pesar que este sector no es el mayor emisor, contribuye significativamente al cambio climático, y por tanto, requiere ser controlado (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011).



A partir del año 1972, la estructura económica del país y la dinamización de la economía nacional se basó en el sector petrolero, siendo el recurso primordial en la matriz de energía primaria, abasteciendo la demanda interna y generando renta derivada de las exportaciones. Sin embargo, ante la declinación petrolera y conciencia ambiental, Ecuador se encamina hacia una nueva estructura económica basada en el desarrollo sustentable a través de la transformación de la matriz productiva que implica la evolución de la matriz energética, mediante la generación de energía renovable y el uso eficiente final de la misma (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013).

A la par con el auge petrolero, durante el periodo de 1964 a 1976 se desarrolló el primer Plan Maestro de Electrificación en la Cola de San Pablo del proyecto Central Paute Molino, entrando en operación la fase AB en 1982, y la fase C en 1991, abasteciendo energía eléctrica al país. A partir de este proyecto inicial se generaron proyectos subsiguientes importantes como la Central Paute Mazar y la Central Paute Sopladora cuyas construcciones iniciaron en el año 2005 y en el 2010, respectivamente que de igual manera contribuye con el cambio de matriz energética (Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC, s.f.).

Siendo Ecuador un país mega diverso en recursos naturales, debe aprovecharlos eficientemente para contribuir al desarrollo sostenible en armonía con la naturaleza; disminuyendo la producción con recursos no renovables y las emisiones de dióxido de carbono.

Según el Banco Mundial, BM (2017) Ecuador ha experimentado un crecimiento promedio del PIB de 4,3% durante el periodo del 2006 al 2014, impulsado por los altos precios del petróleo. Además, el New York Times (2016) menciona que en la década pasada, América Latina ha presentado una bonanza económica vinculada al auge de las *commodities*. Este tipo de economías, basadas en la extracción de recursos naturales, repercuten en cierta medida en la degradación medioambiental.

Para el cambio de la matriz energética en el Ecuador, se han realizado obras emblemáticas con el fin de reemplazar el consumo de combustibles fósiles por un 51,78% en la producción de energía renovable, disminuyendo la emisión de dióxido de carbono, como lo indica la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONET (2016). Los autores que han considerado a la energía renovable y al consumo de energía en este tipo de estudios son Bölük y Mert (2015), Zambrano-Monserrate *et al.*, (2017).

Uno de los enfoques que estudian la degradación ambiental es la Curva Medioambiental de Kuznets, la cual relaciona el crecimiento económico (medido a través del PIB per cápita) con la calidad del medio ambiente (emisiones de dióxido de carbono, como medida de degradación ambiental). Esta hipótesis indica una relación de forma de U invertida, de tal manera que,



en la primera fase existe una relación directa, en la que, un aumento del crecimiento económico genera mayor degradación ambiental hasta un punto de inflexión, a partir de cual la relación se invierte.

Bajo el contexto analizado, en Latinoamérica, la deficiencia institucional tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente, lo cual será testeado en esta investigación mediante la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets. Con este análisis de América Latina, se propone un segundo estudio para el Ecuador que vincula, de manera indirecta, la institucionalidad previamente testeada con el medio ambiente. Esto es, determinar el impacto que genera el consumo de energía sobre la degradación ambiental, teniendo en cuenta que, la gestión del ámbito energético es responsabilidad del Estado, el cual por mandato constitucional, debe ejecutarse bajo principios de ética y sostenibilidad ambiental.

c. Breve revisión de la literatura y el estado del arte donde se enmarcará el trabajo académico.

Una vez justificada la problemática de estudio, se ha realizado la revisión de trabajos empíricos de distintos autores que dan soporte y solidez a esta investigación.

Fredriksson y Millimet (2001), evaluaron la relación entre corrupción y medioambiente con un panel de datos a nivel estatal en los Estados Unidos, desde 1977 a 1987, en el que se evidenció una relación en forma de U entre la política ambiental y la corrupción.

En el trabajo realizado por Cole (2007) se estimó los impactos directos e indirectos de la corrupción en las emisiones de contaminación del aire, medida a través del dióxido de carbono y el dióxido de azufre para 94 países durante el periodo 1987 al 2000. Los resultados indicaron que el efecto total de la corrupción en las emisiones es negativo para todos los países con ingresos más altos.

Villanueva (2012) introdujo variables de calidad institucional sobre la hipótesis de la EKC basado en un estudio de datos de panel para 18 economías Latinoamericanas en el periodo de 1998 a 2005, utilizando tres modelos diferentes (modelo básico de la EKC, un modelo extendido con variables económicas adicionales y el último donde introdujo variables institucionales al segundo modelo) con los que se verificó la hipótesis EKC.

Otros autores investigaron la hipótesis EKC usando la huella ecológica como una medida de degradación ambiental de 93 países categorizados por sus ingresos. Se corroboró la relación de forma de U invertida entre la huella ecológica y el crecimiento del PIB, bajo las metodologías de efectos fijos y el método generalizado de momentos (GMM), solo para las economías con ingresos medio altos y altos, pero no para ingresos medio bajos y bajos. Esta



verificación ocurre únicamente en una etapa de desarrollo económico en el cual, las tecnologías disponibles de eficiencia energética, ahorro de energía y uso de energías renovables no son accesibles para países de bajos ingresos, dado su alto costo (Al-Mulali *et al.*, 2015).

Estudios recientes utilizan también la metodología de GMM, como Zoundi (2017), en el que además contrasta con un análisis de cointegración de panel y un set de tests robustos que evalúan el impacto de corto y largo plazo de la energía renovable en las emisiones de dióxido de carbono para 25 países africanos en el periodo de 1980 al 2012. Los resultados no validan totalmente la hipótesis EKC, sin embargo, las emisiones de dióxido de carbono incrementan a medida que aumenta el ingreso per cápita.

Finalmente, Masron y Subramaniam (2018) evaluaron el impacto directo e indirecto de la corrupción en el deterioro medioambiental usando un panel de datos de 64 países en desarrollo bajo el enfoque GMM, encontrando evidencia de que la corrupción causa un impacto positivo en la contaminación. Subsecuentemente, se evidencia que el nivel de contaminación tiende a ser mayor en países con alto nivel de corrupción, lo cual invalida la hipótesis EKC.

Se han realizado también estudios de datos de panel, como el trabajo empírico analizado para 43 países en desarrollo, que examinó la hipótesis EKC basado en elasticidades ingreso de corto y largo plazo de manera individual y en paneles agrupados según su ubicación, de tal manera que, si la elasticidad ingreso de largo plazo es menor que la de corto plazo, existe evidencia para afirmar que un país ha reducido las emisiones de dióxido de carbono a medida que su ingreso se ha incrementado. Se verificó la hipótesis EKC para los paneles de Medio Oriente y Asia del Sur; y de manera individual, para 15 países (Narayan & Narayan, 2010).

Un estudio reciente aplicado en Turquía, examinó el potencial de las fuentes energéticas renovables para reducir el impacto de las emisiones de GEI, durante el periodo de 1961 al 2010, mediante la metodología de rezagos autorregresivos distribuidos (ARDL). La hipótesis de la EKC (Environmental Kuznets Curve) se verifica entre las emisiones de GEI con el ingreso y la generación de electricidad de fuentes renovables (Bölük & Mert, 2015).

Ahmad *et al.* (2017), investigaron la existencia de la curva de Kuznets en Croacia para el periodo trimestral de 1992 al 2011, utilizando el enfoque ARDL y el modelo de vectores de corrección de error (VECM). Los resultados indicaron una relación de forma de U invertida entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico en el largo plazo, que valida la Curva Medioambiental de Kuznets. Estos autores aplicaron también la metodología de la descomposición de la varianza e impulso-respuesta, dando consistencia a los resultados.

Un estudio reciente realizado por Zambrano-Monserrate *et al.* (2017), analizaron la relación entre el PIB, las emisiones de dióxido de carbono del



consumo de energía, el total de consumo de electricidad renovable, el consumo del gas natural seco y el consumo total del petróleo, todas las variables en términos per cápita, para Perú en el periodo 1980-2011. Para determinar esta relación, se basaron en la teoría de Narayan y Narayan (2010) para aplicar la metodología ARDL y el modelo VEC. Sin embargo, los resultados de este estudio no siguieron la relación de forma de U invertida.

d. Contexto del problema y preguntas de investigación.

La problemática ambiental trae consigo efectos negativos para la humanidad y la propia naturaleza, siendo un tema que debe ser tomado en cuenta para su análisis dada la importancia que este representa. La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es considerado como una medida de afectación ambiental y actualmente el mundo genera 40 veces más emisiones de GEI a la atmosfera que en 1850 (Friedrich , Ge, & Lebling, 2018).

El dióxido de carbono es el responsable en mayor medida de las emisiones de efecto invernadero. En el año 2012, las emisiones de dióxido de carbono de los países que serán considerados en esta investigación, ascendió a 1664 toneladas métricas, lo cual representa el 4,92% de las emisiones mundiales (World Resources Institute, 2016).

Según el boletín del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016), en los próximos años, las emisiones de GEI se incrementarán exponencialmente a causa del crecimiento demográfico, el aumento de la demanda de transporte y energía.

Otra medida de afectación medioambiental que se considerará en este estudio es la Huella Ecológica. En el 2014, la Huella Ecológica de América Latina y el Caribe fue de 1,70559 billones de hectáreas globales, representando casi una décima parte de biocapacidad que la requerida por Asia (Global Footprint Network, 2018).

En una de las sesiones de la Convención de las Naciones Unidas contra la Corrupción realizada en la Ciudad de Panamá en el año 2013, se enfatizó en el impacto de la corrupción sobre el medioambiente, señalándose desde la malversación de fondos destinados para la protección ambiental, hasta la expedición de licencias y permisos de explotación de recursos de manera ilegal (United Nations Information Service (UNIS) Vienna, 2013).

Gudynas (2016) ilustra algunos casos de corrupción en América Latina que generan impacto ambiental, como es el caso de todas las petroleras estatales sudamericanas; tal es el caso de los sobornos para adquirir contratos en Ecopetrol de Colombia, los contratos de explotación en Petroecuador y la negociación a través de sobornos de una empresa noruega a un directivo estatal petrolero en Perú, entre otros.



Dada la riqueza de recursos naturales que posee América Latina y la baja calidad institucional existente, es relevante un estudio que relacione estos factores en pro de conocer el impacto en la calidad medioambiental.

Las emisiones de GEI en el Ecuador tuvieron un incremento del 54,6% desde 1990 al 2006, donde el sector de la energía fue el que mayor variación presentó (110%) (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011).

En el periodo de 1994 al 2012, la energía representó uno de los sectores de mayor influencia en las emisiones de GEI, generándose un 44,92% de las emisiones de dióxido de carbono, producto de la quema de combustibles. La industria de energía representa el 31,98% de emisiones de GEI del sector de energía, debido a los procesos de combustión en diferentes industrias, como la de refinación de petróleo, generación de electricidad, centros de tratamiento de gas y manufactura de combustibles sólidos. De la misma manera, el consumo en el sector energía representó el 46,63% de las emisiones de GEI en el año 2012 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017).

En la última década, Ecuador se ha interesado mucho en la generación de energía renovable que le permita reducir las emisiones de dióxido de carbono y aprovechar sus recursos naturales eficientemente, a través de un cambio de matriz energética que contempla proyectos referentes a generación hidráulica, eólica y solar.

El Ecuador cuenta con varias fuentes de generación eléctrica, siendo su estructura en el 2014 de: térmica del 49,13%; hidráulica de 45,57%; biomasa de 1,59%; eólica de 0,32% y solar de 0,7% (Constante, 2016).

Frente a esto, es interesante conocer el impacto que genera el uso de energías renovables y no renovables a la degradación ambiental. Una herramienta interesante para este tipo de estudios es la desarrollada por Kuznets en 1955, con una adaptación al medioambiente planteada por Grossman y Krueger en 1991.

Basado en este contexto, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál es el impacto de variables institucionales (indicadores de gobernabilidad) y económicas, sobre la degradación ambiental (emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica) durante el periodo del 2002 al 2014 en 16 países de América Latina, bajo el enfoque de la curva medioambiental de Kuznets?

¿Cuál es el impacto de variables económicas relacionadas a la energía, sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en el Ecuador durante el periodo de 1980 al 2014, bajo el enfoque de la curva medioambiental de Kuznets?



e. Marco Teórico.

La teoría de la Curva de Kuznets es una herramienta que ha sido tomada muy en cuenta al momento de relacionar la calidad medioambiental con crecimiento económico. A partir de la teoría seminal de Kuznets (1955), se han realizado una amplia gama de estudios que contienen adaptaciones que busca determinar el impacto de distintos factores responsables del daño ambiental.

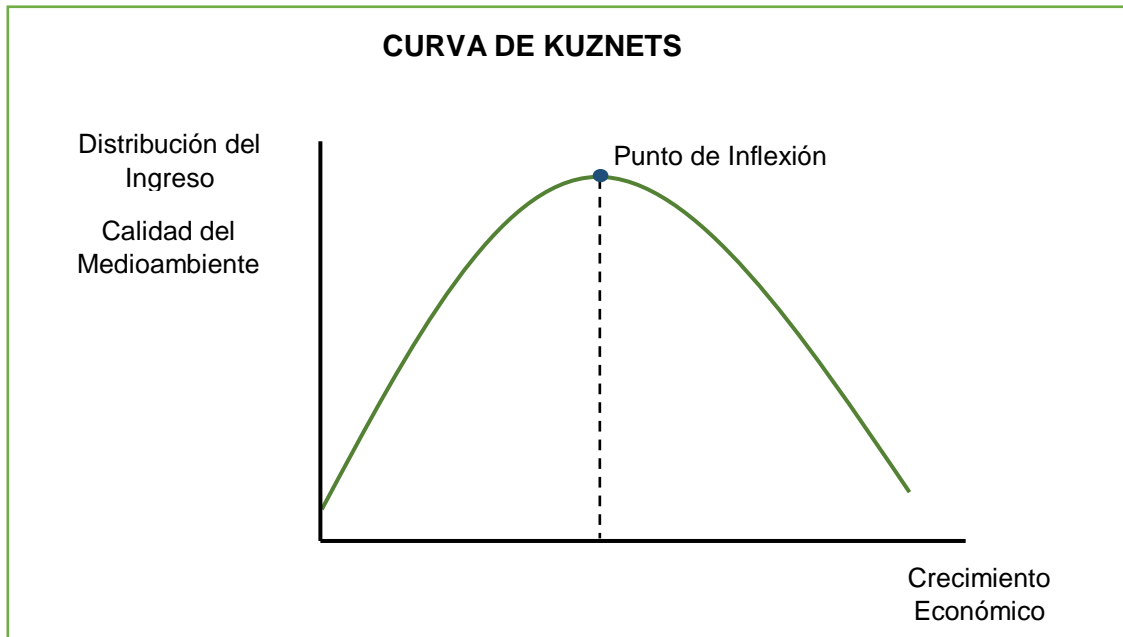
El economista ruso-estadounidense Simon Kuznets (1901-1985), ganador del Nobel de Economía en 1971, planteó un estudio sobre el crecimiento económico cuyo objetivo fue responder la siguiente interrogante: ¿La desigualdad en la distribución del ingreso aumenta o disminuye en el curso del crecimiento económico de un país? (Kuznets, 1955).

Para responder a esta pregunta, el autor realizó un análisis empírico que relaciona al crecimiento económico y la distribución del ingreso para Estados Unidos, en la que demuestra una relación de forma de U invertida entre estas variables, de tal manera que, a medida que se incrementa el PIB per cápita, tomado como variable del crecimiento económico, se genera un incremento en la desigualdad en el ingreso. Esta relación directa se presenta durante una primera etapa hasta llegar a un punto de inflexión, en el cual la relación se invierte, esto es, ante aumentos del PIB per cápita, la desigualdad en el ingreso disminuye.

Con base en este planteamiento teórico, Grossman y Krueger (1991) establecen una investigación dirigida al campo medioambiental, denominada Impactos Ambientales del Acuerdo de Libre Comercio de Norte América, donde estudiaron la relación entre la calidad del aire, medida a través del dióxido de azufre y el esmog, y el crecimiento económico. Sus resultados evidencian la relación de U invertida planteada por Kuznets.

Posteriormente, estos mismos autores, en 1995 plantearon un estudio en el que relacionaron cuatro indicadores de impacto ambiental con el crecimiento económico, en el que no encontraron evidencia de un deterioro constante del ambiente, sino una relación en la que, el crecimiento económico genera una fase inicial de deterioro, seguido por una fase de mejora, cumpliéndose la hipótesis de Kuznets (Grossman & Krueger, 1995).

Ilustración 2: Curva de Kuznets



Elaboración Propia.

f. Objetivos e hipótesis.

Objetivos Generales:

- Determinar el impacto de variables institucionales (indicadores de gobernabilidad) y económicas, sobre la degradación ambiental (emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica) durante el periodo del 2002 al 2014 en 16 países de América Latina, bajo el enfoque de la curva medioambiental de Kuznets.
- Determinar el impacto de variables económicas relacionadas a la energía, sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía en el Ecuador durante el periodo de 1980 al 2014, bajo el enfoque de la curva medioambiental de Kuznets.

Objetivos Específicos:

- Verificar el cumplimiento de la curva medioambiental de Kuznets y la fase en la que se encuentra América Latina y Ecuador.
- Realizar proyecciones hasta el año 2025 para Ecuador con respecto a su calidad medioambiental.

**g. Variables y datos.**

El análisis de datos de panel incluirá los países indicados a continuación:

Cuadro 1: Países para Análisis de Datos de Panel

País	Código
Argentina	AR
Bolivia	BO
Brasil	BR
Chile	CH
Colombia	CO
Costa Rica	CR
El Salvador	SA
Ecuador	EC
Guatemala	GT
México	ME
Panamá	PAN
Paraguay	PAR
Perú	PE
República Dominicana	RD
Uruguay	UR
Venezuela	VE

Fuente: Elaboración Propia.

En este análisis de datos de panel se considerarán las siguientes variables para cada país en el periodo de 2002 al 2014.

Cuadro 2: Variables para el Análisis de Datos de Panel

Variable	Código	Fuente
Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)	CO2	Banco Mundial
Huella Ecológica (gha per cápita)	HE	Global Footprint Network
Control de la Corrupción	CC	Banco Mundial
Voz y Responsabilidad	VR	Banco Mundial
Estabilidad Política y Ausencia de Violencia/Terrorismo	EP	Banco Mundial
Efectividad del Gobierno	EG	Banco Mundial
Calidad Regulatoria	CR	Banco Mundial



Imperio de la Ley	IL	Banco Mundial
Producto Interno Bruto (US\$ a precios constantes de 2010)	PIBR	Banco Mundial
Población Total	POB	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
Población Rural	POBR	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
Población Rural como porcentaje del total de la población	POBRT	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Fuente: Elaboración Propia.

- Emisiones de dióxido de carbono per cápita (CO₂): las emisiones de dióxido de carbono son las provenientes de la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento. Además se incluye el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, y la quema de gas. Esta es una de las variables que mide la degradación ambiental, expresada en toneladas métricas per cápita (Banco Mundial, 2018).
- Huella Ecológica (gha per cápita) (HE): se refiere a la Huella Ecológica total de un país dividida para su población total; está expresado en hectáreas globales por persona. Este indicador ambiental considera que, para vivir dentro de los medios de los recursos del planeta, la huella ecológica del planeta debería ser igual a la biocapacidad disponible por persona en la Tierra, que es de 1,7 hectáreas globales. Por tanto, si la Huella Ecológica de un país es de 6,8 hectáreas globales, implicaría que, los ciudadanos demandan 4 veces más los recursos, generándose un desperdicio para el planeta y evitando que se pueda regenerar. De la misma manera este indicador permite medir el deterioro ambiental (Global Footprint Network, 2018).

Las siguientes variables de calidad institucional son estimaciones que proporciona el puntaje del país en el indicador agregado, en unidades de una distribución normal estándar, de tal forma que va aproximadamente de -2,5 a 2,5.

- Control de Corrupción (CC): Este indicador captura las percepciones de la medida en que se ejerce el poder público para alcanzar beneficios privados, en el que se incluye las distintas formas de corrupción en mayor o menor medida, así como la captura o dominio del estado por parte de las minorías elitistas o intereses privados (Banco Mundial, 2018).



Un coeficiente estimado negativo de control de corrupción que ejerce el poder público sobre las emisiones de dióxido de carbono, indicaría que, ante un eficiente control de la corrupción por parte de los gobiernos, se espera que se reduzcan las emisiones de dióxido de carbono.

- Voz y Responsabilidad (VR): esta variable captura las percepciones de los ciudadanos de un país, referentes hasta qué punto ellos pueden participar en la selección de su gobierno, así como también referente a la libertad de expresión, de asociación y de los medios de comunicación (Banco Mundial, 2018).

Un coeficiente estimado negativo referente a esta variable, indicaría que ante una mejor percepción de gobernanza por parte de los ciudadanos (voz y responsabilidad positiva), se producirá una disminución en las emisiones de dióxido de carbono.

- Estabilidad Política y Ausencia de Violencia/Terrorismo (EP): calcula las percepciones de la probabilidad de inestabilidad política y/o violencia debido a motivos políticos, incluyendo el terrorismo (Banco Mundial, 2018).

Una relación indirecta (coeficiente negativo) de esta variable con las emisiones de dióxido de carbono, indicaría que dado una percepción de estabilidad política, la degradación medioambiental será menor.

- Efectividad del Gobierno (EG): esta variable mide las percepciones de la calidad de los servicios públicos, la calidad del servicio civil y el grado de independencia de las presiones políticas, la calidad de la formulación e implementación de políticas y la credibilidad del compromiso del gobierno con dichas políticas (Banco Mundial, 2018).

Un coeficiente estimado negativo indicaría que, ante una mayor efectividad del gobierno, es posible que se genere una disminución en las emisiones de dióxido de carbono.

- Calidad Regulatoria (CR): esta variable captura la percepción de la capacidad del gobierno para formular e implementar políticas y regulaciones sólidas de tal manera que, sea posible un desarrollo del sector privado (Banco Mundial, 2018).

Una relación negativa de las emisiones de dióxido de carbono con esta variable, podría indicar que, dada una buena calidad regulatoria, es posible disminuir las emisiones de CO₂ debido a la existencia de un mayor control por parte del gobierno sobre la gestión de las empresas públicas.

- Imperio de la Ley (IL): mide las percepciones de hasta qué punto los agentes confían y acatan las reglas de la sociedad, y de manera particular, la calidad de la ejecución de los contratos, los derechos de propiedad, la



policía y los tribunales, así como también, la probabilidad de delincuencia y violencia (Banco Mundial, 2018).

Un coeficiente estimado negativo de esta variable indicaría que, una mejora en la capacidad de cumplimiento de los gobiernos, generará una disminución de las emisiones de dióxido de carbono.

- Producto Interno Bruto (US\$ a precios constantes de 2010) (PIBR): el Banco Mundial (2018) indica que esta variable es el producto interno bruto dividido por la población de mitad de año, la cual es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más cualquier impuesto al producto y menos cualquier subsidio no incluido en el valor de los productos. Esta se calcula sin hacer deducciones por la depreciación de los activos fabricados o por el agotamiento y la degradación de los recursos naturales. Además, los datos de esta variable están en dólares estadounidenses constantes de 2010.

Para un cumplimiento de la hipótesis de Kuznets, se esperaría que la forma lineal de esta variable presente una relación positiva con las emisiones de dióxido de carbono, mientras que, en la variable cuadrática del PIB, se esperaría encontrar una relación negativa con las emisiones, para así, formar una relación de U invertida entre estas dos variables.

- Población Total (POB): indica la población de ambos sexos cada 1000 personas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017).
- Población Rural (POBR): se refiere a la población de hecho que vive en áreas clasificadas como rural según los criterios utilizados por cada área o país, cada 1000 personas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017).
- Población Rural como porcentaje del total de la población (POBRT): porcentaje de la población rural dividida entre la población total.
Una relación negativa entre la tasa de población rural con las emisiones de dióxido de carbono podría indicar que, dado una mayor proporción de habitantes en zonas rurales, el país se enfoca en sus actividades productivas en el sector rural, generando menos uso del factor trabajo en el sector industrial, lo que generará menor contaminación.

Para el análisis de series de tiempo, en el que se tomará únicamente el caso de Ecuador, se pretende utilizar las siguientes variables en el periodo de 1980 al 2014.



Cuadro 3: Variables del Análisis de Series de Tiempo

Variable	Código	Fuente
Emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía per cápita (toneladas métricas)	CO2CE	La Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA)
PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)	PIBEC	Banco Mundial
Consumo total de electricidad renovable (miles Kw hora)	CER	La Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA)
Consumo de gas natural seco (miles de pies cúbicos)	CGAS	La Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA)
Consumo total de petróleo (barriles por año)	CPET	La Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA)
Población total	POBEC	La Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA)

Fuente: Elaboración propia.

- PIB per cápita (PIBEC): Es el Producto interno bruto dividido por la población de mitad de año. Es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más impuestos al producto y menos subsidios no incluidos en el valor de los productos. El cálculo se lo realiza sin hacer deducciones por la depreciación de los activos fabricados o el agotamiento y degradación de los recursos naturales. Esta serie está expresada en dólares estadounidenses constantes del año 2010 (Banco Mundial, 2018).
Para un posible cumplimiento de la hipótesis EKC, el parámetro estimado del PIB deberá ser positivo, mientras que el parámetro estimado de esta variable al cuadrado deberá ser negativo.
- Población Total (POBEC): la serie original de la población del Ecuador está expresada en miles de personas, para el estudio se ha multiplicado por 1000. (La Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2018). Esta variable nos permitirá la construcción de las posteriores variables que se expresarán en términos per cápita.
- Emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía per cápita (CO2CE): Los datos a escala mundial de las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía incluyen las emisiones referentes al consumo de gas natural, petróleo, carbón y la quema de gas natural. Estas emisiones se calculan de manera individual para cada combustible, con algunos refinamientos utilizando coeficientes de emisión de carbono o millones de toneladas métricas de dióxido de carbono emitida por cuatrillón de BTU (una unidad del calor) de combustible consumido. Las



emisiones de carbón y petróleo representan diferencias en los patrones de consumo, a nivel de producto y en los factores de emisión. Por tanto, el cálculo aplica los factores de emisión a los datos de consumo de productos procedentes del petróleo y luego suma para conseguir las emisiones totales de dióxido de carbono del consumo del petróleo. Los datos globales sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía no consideran las emisiones generadas por generación geotérmica, producción de cemento y otros procesos industriales, y combustión de desechos sólidos municipales (La Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2018).

Esta es la variable que mide la degradación ambiental para el análisis de Ecuador, esta es la variable dependiente del modelo de series de tiempo, expresada en toneladas métricas per cápita.

- Consumo total de electricidad renovable per cápita (CER): Esta serie corresponde al consumo neto, excluyendo la energía consumida por las unidades generadoras. Las fuentes renovables corresponden a la hidroeléctrica, geotérmica, solar, mareomotriz, eólica, biomasa y residuos. Está expresado en miles de Kilovatios hora per cápita (La Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2018).
Un impacto negativo en el consumo de electricidad renovable sobre las emisiones de dióxido de carbono por consumo de energía, indicaría que, el uso de energías renovables para el consumo de electricidad contribuye a la reducción de la degradación ambiental.
- Consumo de gas natural seco per cápita (CGAS): este recurso natural no renovable, esta expresado en miles de pies cúbicos per cápita (La Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2018).
Una relación positiva del consumo de gas natural seco sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, indicaría que, ante un mayor consumo de esta variable, se generará un aumento en las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, aunque se espera que sea en menor medida que otros recursos no renovables como el carbón o petróleo.
- Consumo total de petróleo per cápita (CPET): El consumo total de petróleo incluye el consumo interno, el combustible, pérdida de la refinería y el aprovisionamiento de combustible, además la combustión directa de petróleo crudo cuando esté disponible. La categoría de gas licuado también se incluye cuando existe data de gases de petróleo licuado, que es vendido directamente de gas natural para usos de combustible o químicos. También se puede incluir productos como el asfalto, coque, gasolina de aviación, lubricantes, materias primas petroquímicas, aceites y licores blancos. La data está expresada en barriles por año per cápita (La Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2018).



Un coeficiente estimado positivo del consumo de petróleo sobre las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía, implicaría que, ante un aumento en el consumo de petróleo, se incrementarían las emisiones de dióxido de carbono del consumo de energía. Este sería un valor significativo debido a una alta cantidad de emisiones de CO₂ que generan sus diferentes procedimientos como extracción o refinamiento.

h. Descripción de la metodología a utilizar.

❖ Análisis del modelo de datos de panel

Especificación del modelo:

La especificación del modelo se basa en los trabajos empíricos de Villanueva (2012) y Masron y Subramaniam (2018).

Esta parte del estudio utiliza dos modelos diferentes que han sido usados para estimar el efecto del ingreso medido a través del PIB per cápita real, demografía y las variables que miden la calidad institucional de un país sobre la calidad medioambiental, medida a través de las emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica.

En el primer modelo, la ecuación 1 demuestra la relación directa entre el PIB real per cápita, demografía y variables institucionales en las emisiones de dióxido de carbono per cápita. El segundo modelo relaciona la huella ecológica, PIB real per cápita, demografía, y variables institucionales. De manera general los modelos a estimarse tienen la siguiente especificación.

$$\begin{aligned} \ln DA_{i,t} = & \alpha_0 + \beta_1 \ln PIBR_{i,t} + \beta_2 \ln PIBR_{i,t}^2 + \beta_3 \ln POBRT_{i,t} + \beta_4 \ln CC_{i,t} + \beta_5 \ln VR_{i,t} \\ & + \beta_6 \ln EP_{i,t} + \beta_7 \ln EG_{i,t} + \beta_8 \ln CR_{i,t} + \beta_9 \ln IL_{i,t} \\ & + e_{i,t} \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

- *DA* = degradación ambiental (medido a través de emisiones de CO₂ per cápita y la huella ecológica per cápita).
- *PIBR* = producto interno bruto real per cápita.
- *PIBR*² = producto interno bruto real per cápita al cuadrado.
- *POBRT* = población rural como porcentaje del total de la población.
- *CC* = control de la corrupción.
- *VR* = voz y responsabilidad.
- *EP* = estabilidad política y ausencia de violencia y terrorismo.
- *EG* = efectividad del gobierno.
- *CR* = calidad regulatoria.
- *IR* = imperio de la ley.



El término t se refiere a los años e i denota el país, el prefijo “ \ln ” representa el logaritmo natural.

Los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ y β_9 son los coeficientes a estimarse, α_0 representa el intercepto y e es el término de error del modelo. La hipótesis EKC se verifica con el coeficiente β_1 siendo significativamente positivo y β_2 significativamente negativo.

Como se había manifestado, la ecuación (1) asume el impacto directo de las variables institucionales y también el patrón homogéneo de EKC para los 16 países de Latinoamérica. El punto de inflexión (en logaritmo natural) de la ecuación (1) está dado por la siguiente expresión:

$$-\frac{\beta_1}{\beta_2} \quad (2)$$

Descripción de la metodología:

El desarrollo de la metodología está basado en el trabajo presentado por Zoundi (2017).

1. Enfoque de Cointegración de Panel.

La aplicación del análisis de cointegración de panel se justifica por factores como la dimensión y característica de los datos. Cuando T es pequeño y N grande, tal es el caso de un set de datos microeconómicos (encuestas) es adecuado los métodos tradicionales para paneles como el modelo de efectos fijos o efectos aleatorios. Si T es mayor a N se generan resultados espurios, ya que el comportamiento de los datos tiende a ser cercano a series de tiempo. La espuriedad se incrementa cuando se analizan variables macroeconómicas, que generalmente no son estacionarias.

Baltagi propone dos posibles soluciones al problema mencionado. La primera, implica en regresiones heterogéneas para cada individuo (país), con lo cual, se evitaría la homogeneidad de los coeficientes en el caso de realizarse una sola regresión. La segunda alternativa es la aplicación de procesos de series de tiempo a un panel de datos, que permitiría tratar la no estacionariedad y las cointegraciones entre series (como se citó en Zoundi, 2017).

La cointegración de panel es una extensión del análisis de series de tiempo para paneles con T grande y su capacidad para agrupar la información de largo plazo incluida en los paneles al permitir que la dinámica de corto plazo y el efecto fijo sean heterogéneos en todo el panel. El enfoque de cointegración de panel, según Pedroni, proporciona estimaciones en el largo y corto plazo (como se citó en Zoundi, 2017).

Este enfoque consiste en el siguiente proceso:

1. Aplicación del Test de raíz unitaria.
2. Si se constata que una serie está integrada, se verificará la posible cointegración entre las variables, a través de un test de cointegración.
3. Si las variables están cointegradas (relación a largo plazo entre las variables) se estimarían los coeficientes a largo plazo.

2. Raíz Unitaria de Panel.

Levin y otros sugieren el test de raíz unitaria de panel (LLC) como una extensión del Test de Dickey- Fuller Aumentado para estimar el orden de integración de las series de datos de panel (como se citó en Zoundi, 2017). Este se lo representa de la siguiente manera:

$$\Delta y_{it} = \phi_{it}\psi_i + \rho y_{it-1} + \sum_{j=1}^{ni} \varphi_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \xi_{it} \quad (3)$$

Donde:

- ϕ_{it} = incluye componentes individuales determinísticos (efecto fijo, tendencia o una mezcla de efectos fijos y tendencia)
- ρ = coeficiente autorregresivo
- ξ_{it} = término de error
- N = orden de rezago

El test LLC asume ρ constante en todos los paneles, lo que puede generar una pérdida de potencia. Por lo cual, Im, Pesaran y Shin extienden el test LLC, permitiendo que ρ varíe en los paneles, ahora la especificación su test IPS es la siguiente:

$$\Delta y_{it} = \phi_{it}\psi_i + \rho_i y_{it-1} + \sum_{j=1}^{ni} \varphi_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \xi_{it} \quad (4)$$

Breitung sugiere un test que corrige el sesgo generado en la aplicación del test LLC o IPS. El sesgo generado viene de la diferencia entre N y T (LLC es más fuerte cuando T es mayor que N), o de la inclusión de un tendencia determinística individual en los tests (como se citó en Zoundi, 2017).

Asimismo, Choi sugiere los tests de Fisher (ADF y Phillips Perron) de series de tiempo para adaptarlas a datos de panel. Lo que los caracteriza es que las pruebas combinan el p-value de cada serie resultante de sus tests de raíz unitaria, en lugar de promediar los test estadísticos individuales (como se citó en Zoundi, 2017).



El test de raíz unitaria de Hadri se basa en el multiplicador de Lagrange y usa los residuos de la regresión MCO individuales en componentes determinísticos para calcular los estadísticos.

La hipótesis nula en los test de Breitung, LLC, IPS y Fisher es que cada serie no es estacionaria entre los individuo, frente a la hipótesis alternativa de que al menos un individuo en la serie es estacionario.

$$H_0: \rho_i = 0 \text{ (no es estacionaria)}$$

$$H_1: \rho_i < 0$$

Sin embargo en el test de Hadri sucede lo contrario: la hipótesis nula considera que ninguna serie tiene raíz unitaria, frente a la hipótesis alternativa de que todas las series sean no estacionarias.

Los test de Fisher, IPS suponen que el coeficiente autorregresivo es heterogéneo, pero los test de LLC, Breitung y Hadri lo consideran homogéneo.

Los tests de raíz unitaria de paneles que se han mencionado consideran efectos individuales y la tendencia de tiempo determinística. El criterio de Información de Akaike se lo usa para determinar la longitud del rezago específico del país, con 7 rezagos máximos establecidos (Zoundi, 2017).

3. Tests de Cointegración

La existencia de integración de Orden 1, $I(1)$ en las series, requiere analizar la presencia del equilibrio en el largo plazo entre las variables. Para ello, se han considerado los siguientes test: Test de Pedroni: estadísticos de panel y grupo, Test de Kao y el Test de Westerlund, que se sustentan en las siguientes hipótesis:

$$H_0: \text{No integración entre series}$$

$$H_1: \text{Series están cointegradas}$$

- Test de panel y grupo de Pedroni: Se basa en el análisis dentro de la dimensión y los estadísticos se calculan sumando numeradores y denominadores a lo largo de las series, independientemente.

Los estadísticos del panel están conformados por 4 componentes:

1. Estadístico de panel-v: basado en la relación de varianzas, no paramétrico.
2. Estadístico de panel-rho: similar al estadístico de Phillips-Perron (ρ)
3. Estadístico de panel-PP: similar al estadístico t de Phillips-Perron



4. Estadístico de panel ADF: similar al estadístico t de Dickey-Fuller Aumentado en series temporales univariadas

Las estadísticas de grupo se calculan dividiendo el numerador y el denominador antes de sumar en las secciones transversales. Los estadísticos son:

1. Estadístico de grupo-rho: similar al estadístico de Phillips-Perron (ρ)
2. Estadístico de grupo-PP: similar al estadístico t de Phillips-Perron
3. Estadístico de grupo-ADF: similar al estadístico t de Dickey-Fuller Aumentado en series temporales univariadas.

- Estadístico t de Kao: se sustenta en el ADF y asume homogeneidad en los paneles. El estadístico surge del análisis de Mínimos Cuadrados de Variables Dummy.
- Test de Westerlund: Proporciona 4 alternativas, G_t , G_a , P_a , y P_t . Se basa en un modelo de corrección de errores para verificar la existencia de cointegración en todo el panel o paneles individuales. Si se rechaza la H_0 de G_a y G_t , esto significa, la existencia de cointegración en al menos una de las secciones transversales, debido a que utilizan el proceso individual de promedio ponderado, y el estadístico individual, respectivamente. En cambio si se rechaza la H_0 de P_a y P_t , implica la existencia de cointegración entre variables en el panel, como un todo; ya que usan un proceso de agrupamiento sobre la sección transversal.

Si las variables están cointegradas, se procede a estimar la relación.

4. Estimación: Método Generalizado de Momentos

Para la obtención de las estimaciones de corto plazo, el estudio se enfoca en el sistema GMM, el mismo que trata el tema de la endogeneidad al considerar cada variable como endógena e instrumenta las variables por su propio rezago (también existe la posibilidad de agregar instrumentos externos). El estimador es más eficiente cuando $T > N$ (Zoundi, 2017).

Según Ibrahim y Law, los modelos tradicionales para datos de panel como el modelo de regresión de Minimos Cuadrados Ordinarios Pooled, el Modelo de Efectos fijos y de efectos aleatorios no son aplicables en estos tipos de estudios, dada la existencia de un efecto específico del país, la variable dependiente rezagada y la endogeneidad de las variables explicativas. Además consideraron que el término de error no está autocorrelacionado y las estimaciones de los coeficientes de los estimadores de MCO o de MCO con variables dummy son parciales. Dado estos problemas, este estudio



utiliza una metodología reciente denominada método generalizado de momentos de un panel dinámico (GMM) (como se citó en Masron y Subramaniam, 2018).

En 1991, Arellano y Bond sugieren el estimador de método generalizado de momentos (GMM) para abordar los problemas mencionados. Específicamente, esta metodología borra los efectos específicos del país o cualquier variable específica del país invariante en el tiempo. La primera propuesta fue del estimador GMM de primera diferencia que puede tener uno o dos pasos. El estimador de un paso asume independencia del término de error y varianzas de errores homocedásticos en los países y años. Mientras que el estimador de segundo paso usa los residuos de la estimación de primer paso para construir una matriz de varianzas-covarianzas consistentes cuando las suposiciones de independencia y homocedasticidad no se sostienen (como se citó en Ibrahim & Law, 2014).

Sin embargo, surge un problema con este estimador, y es el descuido de la información potencial en la relación de nivel, y en las relaciones entre los niveles y las primeras diferencias.

En 1995, Arellano y Bover plantean la estimación de las regresiones en niveles y primera diferencia como un sistema, lo cual se conoce como el estimador GMM del Sistema. En esta, la regresión de nivel está equipada con variables retrasadas de primera diferencia, mientras que la regresión en primeras diferencias utiliza como instrumentos a las variables de nivel rezagadas (como se citó en Ibrahim & Law, 2014).

Este estimador proporciona una mejora sobre el estimador GMM de primera diferencia, cuando la variable dependiente es altamente persistente en el término autorregresivo cerca de la unidad y el número de períodos de tiempo es pequeño. Por tanto, se utiliza la metodología del Sistema GMM para esta parte del análisis (como se citó en Ibrahim & Law, 2014).

❖ **Análisis del modelo de series de tiempo**

La siguiente especificación del modelo y desarrollo de la metodología se basa en el trabajo presentado por Ahmad *et al.* (2017) y Zambrano-Monserrate *et al.* (2017).

Especificación del modelo:

La relación planteada en la curva medioambiental de Kuznets se indica de la siguiente manera:

$$E = f(Y, Y^2, Z) = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 Y^2 + \beta_3 Z \quad (5)$$

Donde:



- E = indicador de calidad medioambiental.
- Y = indicador de crecimiento económico.
- Y^2 = indicador de crecimiento económico al cuadrado.
- Z = vector que contiene los otros factores que podrían afectar a la calidad medioambiental.

Para esta investigación se considera el logaritmo natural de las variables en el modelo planteado. A continuación se expresa la especificación de largo plazo.

$$\ln CO2CE_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PIBEC_t + \beta_2 \ln PIBEC2_t + \beta_3 \ln CER_t + \beta_4 \ln CGAS_t + \beta_5 \ln CPET_t + u_t \quad (6)$$

Donde:

- $CO2$ = representa las emisiones de dióxido de carbono per cápita del consumo de energía.
- $PIBEC_t$ = representa el PIB per cápita.
- $PIBEC2_t$ = representa el PIB per cápita al cuadrado.
- CER_t = representa el consumo de electricidad de fuentes renovables per cápita.
- $CGAS_t$ = representa el consumo de gas natural seco per cápita.
- $CPET_t$ = representa el consumo de petróleo per cápita.

Los parámetros o elasticidades a ser estimadas son $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ mientras que β_0 es el término de intercepto y u_t es el término de error, bajo el supuesto de que u_t tienen una distribución ruido blanco.

De esta manera, se podría obtener los siguientes resultados:

- $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 > 0 \Rightarrow$ existirá una relación de forma de U.
- $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 < 0 \Rightarrow$ existirá una relación de forma de U invertida, que respalda la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets.

El punto de inflexión se obtiene de:

$$PI = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$$

Determinando $\exp(PI)$ se obtiene el valor monetario que representa el pico de la curva.

Narayan y Narayan (2010) han presentado otro tipo de especificación, en la cual pretenden evitar problemas de multicolinealidad al eliminar el término cuadrático del PIB. En este modelo planteado, los autores proponen testear la existencia de la hipótesis de Kuznets al comparar las elasticidades de los periodos de corto y largo plazo de la variable del PIB. De esta manera, si la elasticidad de largo plazo es mayor a la de corto plazo, no será posible

asegurar la existencia de una relación de forma de U invertida, debido a que en un largo plazo, el crecimiento del PIB indicará un incremento en las emisiones de dióxido de carbono.

Descripción de la metodología:

1. Cointegración y Rezagos Autorregresivos Distribuidos (ARDL).

El enfoque de rezagos autoregresivos distribuidos es una metodología flexible que no requiere que todas las variables estén integradas en el mismo orden, de tal manera que, estas pueden ser I(0) o I(1). Esto es que, las variables pueden estar integradas en diferente orden comparado con otras variables, evitando así algunos problemas relacionados con otras técnicas de cointegración.

La ecuación ARDL se especifica a continuación:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO2_t = & \alpha_0 + \sum_{k=1}^{\pi_1} \alpha_{1k} \Delta \ln CO2_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_2} \alpha_{2k} \Delta \ln PIBEC_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_3} \alpha_{3k} \Delta \ln PIBEC2_{t-k} \\ & + \sum_{k=0}^{\pi_4} \alpha_{4k} \Delta \ln CER_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_5} \alpha_{5k} \Delta \ln CGAS_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_6} \alpha_{6k} \Delta \ln CPET_{t-k} \\ & + \phi_1 \ln CO2_{t-1} + \phi_2 \ln PIBEC_{t-1} + \phi_3 \ln PIBEC2_{t-1} + \phi_4 \ln CER_{t-1} \\ & + \phi_5 \ln CGAS_{t-1} + \phi_6 \ln CPET_{t-1} + e_t \end{aligned} \tag{7}$$

Para determinar el orden óptimo de rezagos, se puede utilizar el criterio de información de Akaike (AIC). El número de rezagos óptimos para cada variable ($\ln CO2_t$, $\ln PIBEC_t$, $\ln PIBEC2_t$, $\ln CER_t$, $\ln CGAS_t$ y $\ln CPET_t$) se indica como $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5$ y π_6 , respectivamente.

Pesaran, Shin y Smith utilizan un enfoque de cointegración basado en el modelo ARDL (como se citó en Zambrano-Monserrate *et. al*, 2017).

De esta manera, se plantea una prueba de integración en la que se deberá testear:

$$H_0: \phi_0 = \phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \phi_4 = \phi_5 = \phi_6 = 0 \text{ (no cointegra)}$$

$$H_1: \text{al menos un } \phi \text{ es diferente de 0 (cointegra)}$$

Para contrastar este test se utiliza la prueba F-Wald y se la compara con los valores críticos tabulados por Pesaran *et al.* (2001). En la tabla presentada por este autor, se presentan valores críticos I(0) e I(1) que representan los límites inferior y superior, obteniéndose tres regiones posibles.

Así, si el estadístico F es menor que el valor límite $I(0)$, no se podrá rechazar la hipótesis nula de no existencia de cointegración. Si F se encuentra entre $I(0)$ e $I(1)$, no es posible obtener una conclusión. Finalmente, si el estadístico F es mayor que $I(1)$, se puede rechazar la hipótesis nula, lo que indicaría que existe una relación de cointegración.

$F < \text{límite inferior } I(0) \Rightarrow \text{No se rechaza la } H_0 \text{ de no cointegración}$

$\text{límite inferior } I(0) < F < \text{límite superior } I(1) \Rightarrow \text{No se obtiene una conclusión}$

$F > \text{límite superior } I(1) \Rightarrow \text{Se rechaza la } H_0 \text{ de no cointegración} \Rightarrow \text{Cointegra}$

La ecuación de corto plazo se deriva de (6), obteniéndose:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO2_t = & \alpha_0 + \sum_{k=1}^{\pi_1} \alpha_{1k} \Delta \ln CO2_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_2} \alpha_{2k} \Delta \ln PIBEC_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_3} \alpha_{3k} \Delta \ln PIBEC2_{t-k} \\ & + \sum_{k=0}^{\pi_4} \alpha_{4k} \Delta \ln CER_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_5} \alpha_{5k} \Delta \ln CGAS_{t-k} + \sum_{k=0}^{\pi_6} \alpha_{6k} \Delta \ln CPET_{t-k} \\ & + \theta ECT_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (8)$$

Donde:

- ECT_{t-1} = es el término de corrección de error rezagado un período.

Para obtener ECT_{t-1} se debe calcular los residuos de (6), de tal forma que $ECT_t = \hat{u}_t$.

Dada la existencia de una relación de largo plazo, ECT_{t-1} indicará qué tan rápido las variables vuelven a sus niveles de equilibrio en el largo plazo a partir del corto plazo. En este sentido, θ deberá ser negativo y altamente significativo. Esta especificación de corto plazo es conocida también como el modelo de corrección de errores (ECM).

Pesaran y Shin en 1998 demuestran que, dadas muestras pequeñas, los parámetros de MCO de corto plazo (que en este caso son los α de la ecuación 8) son consistentes. Por otra parte, los estimadores de largo plazo (que son los β en la ecuación 6) son super consistentes (como se citó en Zambrano-Monserrate *et. al*, 2017).

Se puede testear también la estabilidad de los parámetros mediante la estimación recursiva de las pruebas de CUSUM y CUSUMSQ, las cuales pueden indicar la estabilidad de los parámetros en el largo y corto plazo. Además, se podrá realizar las pruebas de diagnóstico referentes a la heterocedasticidad, la autocorrelación, la normalidad de los residuos y la especificación de Ramsey.

2. Prueba de causalidad de Granger.

En este caso, la prueba de causalidad de Granger es utilizada para conocer la dirección de la causalidad entre las variables de interés, teniendo en cuenta que el enfoque ARDL descrito previamente, no la obtiene. A continuación se muestra la estructura matricial del modelo de vector de corrección de error (VECM):

$$\begin{aligned}
 (1 - L) \begin{bmatrix} \ln\text{CO2}_t \\ \ln\text{PIBEC}_t \\ \ln\text{PIBEC2}_t \\ \ln\text{CER}_t \\ \ln\text{CGAS}_t \\ \ln\text{CPET}_t \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^{\pi} (1 - L) \begin{bmatrix} c_{11i} c_{12i} c_{13i} c_{14i} c_{15i} c_{16i} \\ c_{21i} c_{22i} c_{23i} c_{24i} c_{25i} c_{26i} \\ c_{31i} c_{32i} c_{33i} c_{34i} c_{35i} c_{36i} \\ c_{41i} c_{42i} c_{43i} c_{44i} c_{45i} c_{46i} \\ c_{51i} c_{52i} c_{53i} c_{54i} c_{55i} c_{56i} \\ c_{61i} c_{62i} c_{63i} c_{64i} c_{65i} c_{66i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln\text{CO2}_{t-1} \\ \ln\text{PIBEC}_{t-1} \\ \ln\text{PIBEC2}_{t-1} \\ \ln\text{CER}_{t-1} \\ \ln\text{CGAS}_{t-1} \\ \ln\text{CPET}_{t-1} \end{bmatrix} \quad (9) \\
 &+ \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \gamma_3 \\ \gamma_4 \\ \gamma_5 \\ \gamma_6 \end{bmatrix} [\text{ECT}_{t-1}] + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \\ \epsilon_{3t} \\ \epsilon_{4t} \\ \epsilon_{5t} \\ \epsilon_{6t} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Donde:

- L = representa el operador de rezagos.
- (1 - L) = Δ lo cual presenta el operador de primera diferencia.

Nuevamente, se puede determinar los rezagos óptimos mediante el criterio de Akaike.

Para testear la causalidad de Granger en el corto plazo, se estimarán los coeficientes c, para posteriormente probar la siguiente hipótesis conjunta:

$$H_0: c's = 0 \text{ (no existe causalidad de Granger)}$$

Esta hipótesis nula podrá ser rechazada o no, dependiendo del valor de significación de las estadísticas F.

En el caso de la causalidad de Granger en el largo plazo, se deberá estimar los coeficientes γ, interpretándose de manera similar a la de la estimación del modelo de corrección de errores (ECM), tal que, los coeficientes de γ deberán ser negativos y altamente significativos para considerarse la existencia de una causalidad de Granger entre variables independientes y dependientes en el largo plazo.

i. Explicación del contenido mínimo

Se seguirá el formato IMRAD

- Resumen



- Introducción
 - Marco teórico
 - Estado de arte
- Métodos
 - Datos
 - Metodología
- Resultados
- Discusión
 - Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía

j. Bibliografía inicial

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (23 de Marzo de 2016). Ecuador posee un 51,78% de energía renovable. Recuperado el 16 de Abril de 2018, de Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>
- Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H.-Z., & Hashmi, M. Z. (2017). Modelling the CO2 emissions and economic growth in Croatia: Is there any environmental Kuznets curve?. *Energy*, 123, 164-172.
- Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315-323.
- Banco Mundial. (2017). Ecuador: Panorama General. Recuperado el 11 de Abril de 2018, de Banco Mundial: <http://www.bancomundial.org/es/country/ecuador/overview>
- Banco Mundial. (2018). Indicadores de Desarrollo Mundial. Recuperado el Abril de 2018, de Banco de Datos del Banco Mundial: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=2&series=N.Y.GDP.PCAP.CD&country=#>
- Banco Mundial. (2018). Indicadores Mundiales de Gobernabilidad. Recuperado el 04 de 2018, de Banco de Datos del Banco Mundial: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=worldwide-governance-indicators>
- Bölük, G., & Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587–95.



- CEPAL. (4 de Marzo de 2018). América Latina y el Caribe adopta su primer acuerdo regional vinculante para la protección de los derechos de acceso en asuntos ambientales. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de Comunicado de Prensa del la CEPAL:
<https://www.cepal.org/es/comunicados/america-latina-caribe-adopta-su-primer-acuerdo-regional-vinculante-la-proteccion>
- Cole, M. A. (2007). Corruption, income and the environment: an empirical analysis. *Ecological Economics*, 62(3-4), 637-647.
- Constante, J. (10 de Septiembre de 2016). Importancia de la energía eléctrica en el cambio de la matriz energética en Ecuador. *El Telégrafo*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/408/1/importancia-de-la-energia-electrica-en-el-cambio-de-la-matriz-energetica-en-ecuador>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC. (s.f.). Cronología Paute Integral. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/perfil-corporativo/cronologia.html>
- Deacon, R., & Mueller, B. (2004). Political Economy and Natural Resource Use. UC Santa Barbara: Department of Economics Working Paper.
- Espinosa Armijos, J. M. (2013). Estimación de la curva de Kuznets medioambiental en el Ecuador durante el período 1961-2010. (Bachelor's thesis).
- Fredriksson, P. G., & Millimet, D. L. (2001). Bureaucratic corruption and environmental policy: theory and evidence from the United States. Unpublished manuscript.
- Friedrich, J., Ge, M., & Lebling, K. (02 de Abril de 2018). 5 Charts Show How Global Emissions Have Changed Since 1850. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de World Resources Institute:
<http://www.wri.org/blog/2018/04/5-charts-show-how-global-emissions-have-changed-1850>
- Global Footprint Network. (2018). Compare Countries Ecological Footprint (gha per person). Recuperado el Abril de 2018, de Global Footprint Network:
<http://data.footprintnetwork.org/#/compareCountries?type=EFCpc&cn=9,21,19,236,40,44,48,58,60,89,138,157,56,234,166,169,170&yr=2005>
- Global Footprint Network. (11 de Abril de 2018). Three Visualizations of Footprint Trends, 1961-2014. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de Global Footprint Network:
<https://www.footprintnetwork.org/2018/04/11/three-visualizations-of-footprint-trends-1961-2014/>



- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (Diciembre de 2016). Boletín América Latina y el Caribe. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: https://web.unep.org/americalatinacaribe/sites/unep.org.americalatinacaribe/files/Boletin_diciembre_2016_FINAL.pdf
- Robbins, P. (2000). The rotten institution: corruption in natural resource management. *Political Geography*, 19(4), 423-443.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010. Planificación para la Revolución Ciudadana.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2009). Plan Nacional para el Buen Vivir. Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural. Ecuador.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Todo el Mundo Mejor. Ecuador.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo. Toda una Vida. Ecuador.
- United Nations Information Service (UNIS) Vienna. (27 de Noviembre de 2013). Corrupción y medioambiente. Obtenido de United Nations Information Service (UNIS) Vienna: <http://www.unis.unvienna.org/unis/es/pressrels/2013/uniscp731.html>
- Villanueva, I. A. (2012). Introducing Institutional Variables In the Environmental Kuznets Curve (EKC): A Latin American Study. *Annals-Economy Series*, 1, 71-81.
- World Resources Institute. (18 de Agosto de 2016). Country Greenhouse Gas Emissions Data. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de World Resources Institute: <http://datasets.wri.org/dataset/cait-country>
- Zambrano-Monserrate, M. A., Silva-Zambrano, C. A., Davalos-Penafiel, J. L., Zambrano-Monserrate, A., & Ruano, M. A. (2017). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Peru: The role of renewable electricity, petroleum and dry natural gas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(3), 4170-4178.
- 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. Un cronograma de actividades con fechas coordinadas con el Asesor sobre reuniones, presentación de avances y el envío final del trabajo académico.

Fecha	Actividad
21 de mayo - 25 de mayo/2018	Revisión de metodología a aplicar en el artículo
28 de mayo - 01 de junio/2018	Organización de base de datos y análisis descriptivo
04 de junio - 08 de junio/2018	Aplicación empírica del modelo de series de tiempo
11 de junio - 15 de junio/2018	Aplicación empírica del modelo de series de tiempo
18 de junio - 22 de junio/2018	Aplicación empírica del modelo de datos de panel
25 de junio - 29 de junio/2018	Aplicación empírica del modelo de datos de panel
02 de julio - 06 de julio/2018	Aplicación empírica del modelo de datos de panel
09 de julio - 13 de julio/2018	Redacción del marco teórico y estado de arte
16 de julio - 20 de julio/2018	Redacción de los métodos y variables
23 de julio - 27 de julio/2018	Redacción de los resultados
30 de julio - 03 de agosto/2018	Redacción de los resultados
06 de agosto - 10 de agosto/2018	Redacción de los resultados
13 de agosto - 17 de agosto/2018	Redacción de la discusión
20 de agosto - 24 de agosto/2018	Redacción de la discusión
27 de agosto - 31 de agosto/2018	Revisión y organización del artículo académico
03 de septiembre - 07 de septiembre/2018	Revisión y organización del artículo académico
10 de septiembre - 14 de septiembre/2018	Entrega al tutor, revisiones finales
17 de septiembre - 21 de septiembre/2018	Revisión y corrección
24 de septiembre del 2018	Entrega final del artículo académico a la secretaria de la facultad