



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA ADMINISTRATIVA**

TITULO DE ECONOMISTA

**Relación entre emisiones contaminantes, crecimiento económico y consumo de energía. El caso de Ecuador 1971-2010.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

**AUTOR:** Rentería Tituaña, Víctor Rolando

**DIRECTORA:** Bravo Benavides, Diana Beatriz, Econ

Loja-Ecuador

2015

## APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Economista.

Diana Beatriz Bravo Benavides.

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Relación entre emisiones contaminantes, crecimiento económico y consumo de energía. El caso de Ecuador 1971-2010”** realizado por Rentería Tituaña, Víctor Rolando, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Septiembre de 2015.

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Rentería Tituaña Víctor Rolando, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Relación entre emisiones contaminantes, crecimiento económico y consumo de energía. El caso de Ecuador 1971-2010”**, de la Titulación de Economía, siendo Bravo Benavides, Diana Beatriz directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.....

Rentería Tituaña Víctor Rolando  
1103986012

## DEDICATORIA

Dedicado a toda mi familia, María, Wilson, Katty, Rene y Sra. Rosa que pendientes de mi progreso académico siempre se mostraron interesados en mi superación personal es por eso que de esta manera puedo agradecerles por su apoyo, paciencia y preocupación. Pero de manera especial quiero dedicarle esta tesis a mi querida esposa Elisa que gracias a su colaboración, optimismo y empeño supo cómo dedicarme parte de su paciencia, parte de sus conocimientos y lo más importante su entero amor incondicional para poder llegar hacer realidad esta meta que sin duda se extendió más de lo previsto. No quiero acabar esta dedicatoria sin ates hacer parte de mi alegría y dedicatoria a mis hijos; Martín, que sin su estricto control de vigilancia, no lograría concluir el presente trabajo, además, a mi querida Sophie que aún en su germinado se convirtió en la luz de mi vida y en parte de mi sabiduría.

Dedicado a ti Dios mío y sobre todo gracias por poner a todas estas personas en mi camino.

Víctor Rolando Rentería T.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi directora de tesis a la Economista Diana Bravo Benavides, que además de ser una gran amiga pudo encontrar el equilibrio para poder guiarme en los temas estudiados en la presente investigación, además de agradecer al MSc. Diego Ochoa por el asesoramiento y paciencia brindados a lo largo de la presente tesis. Y sin duda alguna a la Titulación de Economía de la Universidad Técnica Particular de Loja por los conocimientos brindados a lo largo de la carrera.

## INDICE DE CONTENIDOS

|   |     |
|---|-----|
| CARATULA.....   | i   |
| APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....  | ii  |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....  | iii |
| DEDICATORIA .....   | iv  |
| AGRADECIMIENTO .....  | v   |
| INDICE DE CONTENIDOS .....  | vi  |
| RESUMEN.....  | 1   |
| ABSTRACT .....  | 2   |
| INTRODUCCIÓN.....   | 3   |
| CAPÍTULO I.....   | 5   |
| CONCEPCIONES TEÓRICAS.....  | 5   |
| 1.1 Antecedentes. ....  | 6   |
| 1.2 Discusión sobre las relaciones entre crecimiento económico y medio ambiente.....                              | 9   |
| 1.3 Curva ambiental de Kuznets.....   | 11  |
| 1.4 Críticas a la curva de Kuznets ambiental.....   | 13  |
| 1.5 Trabajos discrepantes con la curva medioambiental de Kuznets.....   | 14  |
| 1.6 Relación entre consumo de energía y crecimiento económico. ....   | 15  |
| 1.7 Relaciones entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes: evidencia empírica..... | 17  |
| CAPÍTULO II.....  | 21  |
| ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA .....  | 21  |
| 2.1. Antecedentes y metodología.....  | 22  |

|  |    |
|--|----|
| 2.2. Descripción de las variables.....   | 23 |
| 2.2.1. Emisiones contaminantes (CO2).....  | 23 |
| 2.2.2. Consumo de energía (Ce).....  | 24 |
| 2.2.3. Crecimiento económico (PIB).....  | 25 |
| 2.3. Fuentes estadísticas y modelo.....  | 27 |
| 2.3.1. Obtención de datos.....   | 27 |
| 2.3.2. Estrategia Econométrica.....  | 30 |
| CAPÍTULO 3.....  | 33 |
| RESULTADOS.....  | 33 |
| 3.1. Introducción.....   | 34 |
| 3.2. Presentación de resultados de los modelos.....  | 34 |
| 3.2.1. Pruebas de Estacionaridad.....  | 35 |
| 3.2.2. Modelo de Vectores Autoregresivos (VAR).....  | 37 |
| 3.2.3. Test de Cointegración de Johansen.....  | 37 |
| 3.3. . Discusión de resultados.....  | 39 |
| CONCLUSIONES.....  | 42 |
| RECOMENDACIONES.....   | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA.....  | 46 |
| ANEXOS.....  | 50 |
| Anexo 1. Variables del Modelo Económico.....   | 51 |
| Anexo 2. Gráficas de las series en tasas de crecimiento y logaritmos.....                            | 53 |
| Anexo 3. Matrices de correlación de las variables en niveles, tasas de crecimiento y logaritmos..... | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Anexo 4. Modelo Var y Pruebas Lag Estructure de variables en niveles.....          | 55 |
| Anexo 5. Modelo Var y Pruebas Lag Estructure de variables en logaritmos. ....      | 58 |
| Anexo 6. Resultados Test de Cointegración de Johansen para logaritmos.....         | 60 |
| Anexo 7. Resultados Test de Cointegración de Johansen para variables en niveles .. | 62 |

## RESUMEN

La degradación ambiental constituye una problemática a nivel mundial, siendo la actividad productiva, extractiva y consumista de la sociedad un factor de peso para el agravio del medio ambiente, pero a lo largo del tiempo hemos llegado a recapacitar y a considerar que un ambiente sano es una de las necesidades más importantes de la sociedad. “La relación entre emisiones contaminantes, consumo de energía y crecimiento económico para el Ecuador en el Periodo 1971 – 2010”, busca comprobar si las emisiones contaminantes son el resultado de la injerencia del crecimiento económico en el Ecuador. Para tal propósito se aplicó econometría de series de tiempo las mismas que incluyeron pruebas de estacionaridad, vectores autoregresivos (VAR) y cointegración de Johansen. Los resultados obtenidos permitieron concluir que existe una relación lineal monótona creciente, la cual señala que el PIB está asociado a crecientes niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> a largo plazo; sin embargo con respecto al consumo de energía (CE) se encontró una relación inversa en el largo plazo, cabe mencionar que esta última variable no es estadísticamente significativa para el modelo.

**Palabras Clave:** Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico, Consumo de Energía Curva Ambiental de Kuznets, Cointegración.

## ABSTRACT

Environmental degradation is a worldwide problem; being productive, extractive and consumer activity of society an important factor for the tort environment, but over time have come to reconsider and to consider that living in an environment healthy is one of the most important needs of society. "The relationship between pollutant emissions, energy consumption and economic growth for Ecuador in the period 1971 - 2010", seeks to ascertain whether the emissions are the result of the interference of economic growth and energy consumption in Ecuador. For this purpose time series econometrics them involving testing stationarity, autoregressive vectors (VAR) and Johansen cointegration applied. The results led to the conclusion that there is a monotonically increasing linear relationship, which states that GDP is associated with rising levels of CO2 emissions in the long term; however with respect to energy consumption (EC) is an inverse relationship in the long run it was found, it is noteworthy that this variable is not statistically significant for the model.

**Keywords:** Emissions Pollutants, Economic Growth, Energy Consumption Environmental Kuznets Curve, Cointegración.

## INTRODUCCIÓN

La Economía como ciencia en su concepción más sencilla estudia la forma en que la sociedad maneja sus recursos escasos para satisfacer las necesidades ilimitadas de su población; esta definición ha dado lugar a una mala interpretación, generando una sobreexplotación de recursos naturales que conlleva a una degradación ambiental con el único fin de satisfacer el consumo de la sociedad.

Ante esta problemática, en los últimos años, se han realizados muchos esfuerzos teóricos y empíricos para contrarrestar esta idea equivocada de satisfacer las necesidades de forma ilimitada, sin tener presente los efectos perjudiciales al medio ambiente. En algunos países latinoamericanos, ya forma parte de su plan de gobierno el tema ambiental y sus repercusiones económicas a nivel individual. Sin embargo, los esfuerzos son aún limitados dados los escasos recursos económicos de los que disponen estos países (Correa, M. E., Flynn, S., & Amit, A. 2004), por esto resulta importante y necesario observar la dinámica económica y ambiental en el Ecuador para el periodo 1971-2010.

En consecuencia, el objetivo de esta investigación es analizar la relación existente entre las emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía y el crecimiento económico, para el Ecuador, durante el periodo 1971-2010. Además se plantean como objetivos específicos evaluar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets para el caso ecuatoriano y proponer recomendaciones de política, que permitan sostener el crecimiento económico del Ecuador sin comprometer el medio ambiente.

La hipótesis a verificar señala que; “En el Ecuador, el crecimiento económico y el consumo de energía son consideradas como el principal factor explicativo del deterioro de las condiciones ambientales (medidos a través de las emisiones de CO<sub>2</sub>), y como consecuencia del mayor consumo de energía” la misma que será o no corroborada a través de la metodología propuesta.

La estrategia econométrica aplicada para verificar empíricamente la relación entre las variables incluidas se divide en dos pasos. En primer lugar, se estima varias regresiones de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), con la finalidad de conocer el grado en el que las variables independientes explican a la variable dependiente, así como su relación a través de los signos de los coeficientes; como segundo paso, se utiliza las técnicas de cointegración de Johansen, lo cual permite detectar la relación de largo plazo entre las variables y que esta relación sea estable en el tiempo.

El trabajo de investigación se encuentra estructurado en tres capítulos: en el capítulo I se realiza una revisión de la bibliografía, se presenta los antecedentes de la problemática ambiental, se analiza también las relaciones entre las variables a estudiar, además se realiza un repaso de las principales corrientes del pensamiento económico que han incorporado el medio ambiente como una variable fundamental, la relación existente entre crecimiento económico y medio ambiente, la hipótesis teórica de la CKA con modelos empíricos y evidencia histórica. En el capítulo II se realiza la descripción de la evolución de las variables bajo estudio, se presenta la metodología que se utilizará para la consecución de los objetivos. En el capítulo III se presentan los resultados de la estrategia econométrica utilizada y se realiza la discusión de los resultados para el caso ecuatoriano. Finalmente, se presenta la sección de conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I**

### **CONCEPCIONES TEÓRICAS**

## **1.1 Antecedentes.**

La problemática ambiental actualmente se destaca por llegar a involucrar a todo el planeta, siendo una característica principal el grado permanente de contaminación, que afecta todos los ecosistemas contribuyendo a su deterioro y posterior destrucción. Todo el proceso se encuentra ligado directamente con los seres humanos, su vida y la manera en que desarrollamos nuestras actividades económicas, sociales, políticas y culturales. Sin embargo existen distintas fuentes de contaminación sobre todo en el ambiente técnico que empleamos para explotar nuestros recursos naturales, a veces sin pensar en el bienestar de la vida humana. A todo este sin número de actividades productivas no controladas se lo denomina “efecto invernadero” siendo este el resultado de la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano perjudiciales para nuestro ecosistema (Laszlo, E. 2010).

En la década actual los medios de comunicación llevan informado sobre cambios climáticos importantes, como el aumento en la temperatura global en conjunto con la radiación elevada, sequías, inundaciones, incendios naturales, entre otros. Uno de los determinantes de estos problemas ambientales resultan del uso de combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y gas utilizados en la generación de energía, todo esto debido a su elevada demanda, por tanto son considerados como los principales contribuyentes del deterioro ambiental por la cantidad de gases de efecto invernadero que emiten a la atmósfera provocando el calentamiento global que genera impactos negativos en los seres vivos dejando millones de afectados y llevando a grandes pérdidas económicas (Barros, V. 2006).

El medio ambiente es considerado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente como parte importante del planeta, debido a su inconfundible relación con la vida, por ello su cuidado debe ser un tema de importancia latente del día a día. Debido a estas aseveraciones cada cierto tiempo la ciencia busca la manera de cuidar el medio ambiente, es por eso que desde 1987 la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo impulsan un estudio denominado "Nuestro Futuro Común" o "Informe Brundtland", centrado en los problemas ambientales como el calentamiento global, los peligros que corre la capa de ozono, la desertificación y la declinación de la biodiversidad, dando importancia a ciertos factores tecnológicos pues este tiene la capacidad de mitigar, renovar y reciclar los recursos naturales. En base al informe Brundtland en el año de 1987, se impulsó y realizó estudios globales sobre el medio ambiente por ejemplo; Río, 1992; Kioto, 1997; Buenos Aires, 1998; Marrakech, 2001; y, Johannesburgo, 2002, entre otros, siendo tema principal el cuidado y el control de gases de efecto invernadero, todo esto con el propósito de crear informes para

encontrar medios prácticos del como revertir los problemas ambientales no solo continentalmente sino a nivel local y por núcleo familiar (Cantos, J. O. 2011).

Retomando los antecedentes de tratados de vital importancia para el medio ambiente y el control de gases contaminantes, el protocolo de Kioto, es en sí uno de ellos firmado en 1997 en el Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UFCCC por sus siglas en inglés) creado con el objetivo de reducir los gases de efecto invernadero (GEI) que provoca el cambio climático. El protocolo de Kyoto propone restricciones a países contaminantes requiriendo fechas de cumplimiento de las reducciones de emisiones para estos países desarrollados. Además, el protocolo exige a los países desarrollados o en vías de serlo, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a un 5,2 % durante cierto lapso de tiempo entrando en vigor en el año 2005 pero fue a partir de abril del año 2008 que 178 países firmaron y ratificaron el protocolo Kioto (Naciones Unidas, 1998).

Otro pacto característico ambiental y sobre todo de vital importancia es la “Cumbre de Copenhague”, donde su principal objetivo fue la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> para el 2050 de al menos un 80% y de un 40% para el 2020, siempre buscando compromisos claros y equitativos de los países participantes. Otro compromiso adquirido es el que los países en desarrollo con ayuda de los industrializados deberán reducir sus emisiones entre un 15% y un 30% para 2020 (Banco Mundial, 1994).

Ahora bien dentro de lo que enmarca las investigaciones económicas con objetivos ambientales demuestran que el crecimiento económico puede llegar a convertirse en un factor negativo para el medio ambiente hasta el punto de recrear un crecimiento nulo, contrarrestando estas investigaciones existen trabajos económicos ambientales donde prima el criterio de que un país necesariamente depende del crecimiento económico, llegando a un punto donde se podrá iniciar un revés al daño a la naturaleza y su entorno. Por otra parte, también hay que considerar, que si bien el crecimiento económico estaba contrariado con el medio ambiente, existe evidencia empírica que señala que también ese crecimiento, ha alcanzado un cierto umbral o nivel de renta per-cápita, pudiendo revelar efectos positivos para el medio ambiente (Grossman & Krueger, 1991; Panayotou, 1997). Sin embargo, la mayoría de estudios fueron realizados a nivel mundial y posteriormente se centraron en ámbitos más específicos como regiones (Panayotou, 1993; y Capó, 2009 para la Unión Europea) y países desarrollados (Gallet-List, 1999 para Estados Unidos; Roca-Padilla, 2002 para España; Haisheng-Jia-Yongzhang-Shugong, 2005 y Jiang-Lin-Zhuang, 2008 para China; He-Richard, 2009 para Canadá; Burnett, 2009 para Estados Unidos; Iwata, 2009 para Francia; y, Marín-Mazzanti y Ciriaci-Palma, 2009 para Italia). Más escasos han sido los estudios realizados específicamente para América Latina y el Caribe. En este

sentido cabe mencionar los estudios de Bhattarai-Hammig y Saravia, 2002 para América Latina; Correa-Vasco-Pérez, 2005 para Colombia; y, Lipford-Yandle, 2009 para México (Suárez, 2011).

A inicios de los años noventa aparecen y sobresalen estudios que ponen a prueba la relación entre crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub>, uno de los primeros y más importantes fue publicado por el Banco Mundial llamado “Desarrollo y Medio Ambiente hacia un desarrollo sostenible”, en donde se confirma que al largo plazo el medio ambiente es mantenido por un incremento en el ingreso monetario per-cápita, lo que provocará mayores posibilidades y deseos por aportar para su cuidado y mantenimiento, a su vez en este informe se argumenta que el desarrollo económico y humano por etapas es posible y sostenible con la mejora de las condiciones ambientales, pero esto demandará grandes cambios de las políticas, programas e instituciones (Banco Mundial, 1994).

A simple vista este tema ambiental se ha tornado polémico durante los últimos 50 años, tomando en cuenta que se incrementan los factores que intervienen y los determinantes en su cuidado, por ejemplo, la relación se torna estrecha entre el medio ambiente y el crecimiento económico, ya que precisamos materia prima de la naturaleza para desarrollar los diferentes etapas productivas de la economía (sostén de la población) colocando a su vez riesgos al medio natural puesto que si se aumenta la demanda de materiales (que incluye recursos naturales, renovables y no renovables) obligan a incrementar el nivel de contaminación ambiental. Es por eso que se plantea la necesidad de buscar y aplicar modelos que expliquen la dependencia existente entre las emisiones contaminantes y crecimiento económico, para de alguna manera entender y plantear medidas de acción (Londoño & Pimiento, 1997).

La cantidad de emisiones contaminantes que un país emite a la atmósfera depende principalmente del tamaño de su economía, de su nivel de industrialización y de la eficiencia con que usa la energía. Si bien los países en desarrollo albergan a la mayor parte de la población mundial, su producción industrial y consumo de energía per cápita son relativamente reducidos. En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Ecuador según los datos del Banco Mundial el país emite 1,9 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por habitante, lo que representa un 0,1% de emisiones a nivel mundial (Banco Mundial, 2014). En cuanto a las emisiones de dióxido de carbono han crecido a nivel mundial sostenidamente desde el año 1970 (248% en los países con desarrollo bajo, medio y alto, y 42% en países con desarrollo muy alto). De esta manera se observa la persistencia del fenómeno de degradación (PNUMA, 2010).

A partir de las crisis energéticas en 1973, muchos países como EEUU pusieron en práctica programas que produjeron crecimiento económico pero sin demandar energía en la misma proporción, en los años 80 el consumo de energía crecía en un mismo porcentaje que el PIB (Consejo Mundial de la Energía, 2003).

## **1.2 Discusión sobre las relaciones entre crecimiento económico y medio ambiente.**

Desde sus inicios, el crecimiento económico ha sido analizado en términos monetarios, incluyendo como materia prima esencial al capital. Economistas clásicos como Adam Smith, David Ricardo y Thomas Malthus en los siglos XVIII y XIX, dieron especial énfasis al crecimiento económico, del cual se podría destacar que sus principales aportes fueron rendimientos decrecientes, acumulación de capital físico o humano, división y la especialización del trabajo, además de temas del comercio internacional (Rodríguez, 2003).

Posteriormente Harrod & Domar (1975) (citado por Gerald, 2007). Desarrollaron modelos para explicar el crecimiento económico de manera equilibrada a largo plazo. Usando el principio de Keynes sobre la inversión y su doble función en la economía en donde determina el ingreso y la demanda global. Solow (1974) representantes de la teoría neoclásica del crecimiento usando la teoría de la productividad marginal, introdujeron la sustituibilidad entre los factores de la producción, donde el crecimiento requiere del desarrollo del capital mediante la inversión y un aumento de la población.

El crecimiento económico se ha hecho notorio desde 1985, en donde los lineamientos económicos cuestionan el hecho de que el progreso tecnológico sea un factor externo, más bien señalan que éste es solo resultado del comportamiento económico de los agentes económicos (Randall, 1985). De lo mencionado anteriormente se puede evidenciar que el medio ambiente estuvo al margen de la teoría económica, fue apenas en la década de 1970, cuando se incorpora variables medioambientales a algunos trabajos, los cuales intentaron establecer las relaciones entre crecimiento económico y medioambiente con especial énfasis en los recursos no renovables (Fajnzylber, 1983). En los años setenta la preocupación fundamental era la posibilidad de agotamiento de los recursos naturales, en parte debido al problema planteado en el libro "Los límites del crecimiento", cuya principal conclusión fue la siguiente:

*“si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos*

*naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años” (Meadows, 1972, pag.90).*

Esta conclusión alertaba sobre la posibilidad de que la sobreexplotación de recursos naturales asociada a un fuerte incremento de la población condujera al colapso de la economía y de la propia existencia de la especie. A partir de esta publicación la investigación sobre el tema ambiental se ha incrementado significativamente, en donde se ha abordado acerca de la utilización y adaptación de los diversos modelos de crecimiento, así como la ampliación de los aspectos medioambientales incluidos en dichos modelos. En los años ochenta, la Agencia de Protección del Medio Ambiente en Estados Unidos advertía sobre el efecto invernadero esto como producto de los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, lo que más adelante se conocería como cambio climático. Bajo este análisis la relación entre crecimiento económico y degradación medio ambiental se mostraba de forma directa. En los años noventa la atención se había desplazado desde los recursos naturales a la degradación medioambiental en general y a las emisiones de gases contaminantes en particular. El paso de los modelos de recursos naturales a modelos de contaminación supone algo más que un simple cambio de variables. Se pasa a considerar bienes públicos y aparecen externalidades negativas que dan lugar a fallos de mercado (Castro, 2009).

En conclusión el crecimiento económico es una herramienta indispensable para satisfacer las necesidades básicas de la población y actúa como un alivio para erradicar los problemas relacionados con las demandas de esa población creciente, lamentablemente el exceso de esa demanda es la causante en gran parte del deterioro ambiental, es por eso que el crecimiento económico da lugar a efectos contrarios sobre el medio ambiente. En primer lugar, el aumento en la renta per-cápita da lugar a un mayor consumo de materia primas y energía, por tanto, se generan residuos agudizando los problemas ambientales. Por otro lado, las mejoras tecnológicas y cambios en las preferencias de consumo que acompañan al crecimiento pueden dar lugar a que los impactos ambientales sean cada vez menores (Sánchez, 2014).

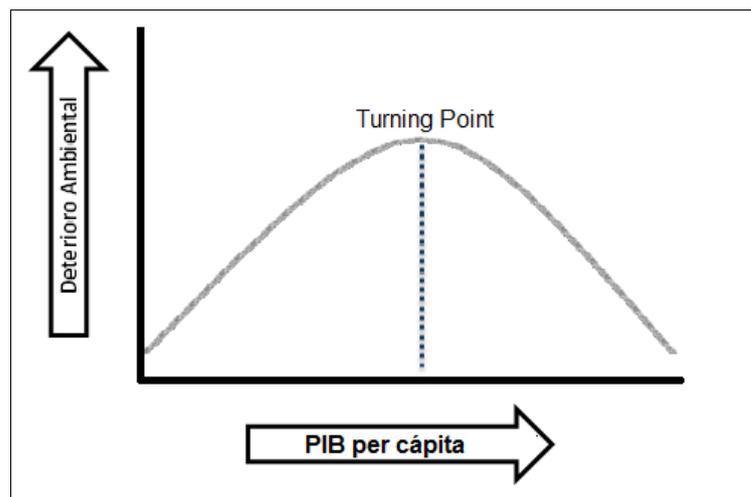
La relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente ha sido estudiada tanto desde el punto de vista teórico como empírico. Desde el primero, el medio ambiente es considerado como un activo escaso del sistema económico, si nuestras técnicas de producción fuesen inalterables y siempre deseásemos consumir más de los mismos bienes, el crecimiento de la economía traería como consecuencia inevitable el agotamiento de los recursos y el deterioro cada vez mayor del medio ambiente (Galindo & Sánchez, 2005).

### 1.3 Curva ambiental de Kuznets.

La relación entre medio ambiente y crecimiento económico se puede analizar también desde el concepto de la Curva de Kuznets, que en un principio muestra una combinación elemental de variables, sin embargo en este trabajo se especula un poco más en cuanto a las formas y elementos con que se es posible trabajar la calidad medioambiental y parámetros que la afectan.

Kuznets (1955), propuso la relación entre crecimiento y distribución, en la cual indica que al inicio del desarrollo económico de un país (medido por el incremento del PIB per cápita), se presenta inequidad en la distribución del ingreso (medido por el Índice de Gini) hasta llegar a un punto de inflexión (nivel crítico de ingreso), llamado *Turning Point*, donde la situación cambia y comienza a disminuir la inequidad en términos de concentración de riqueza, es decir encontró una relación en forma de campana, entre desigualdad y renta per cápita a largo plazo.

Fueron Grossman & Krueger en 1991 quienes realizaron los primeros estudios empíricos utilizando el mecanismo de la curva de Kuznets para explicar la relación entre calidad ambiental y niveles PIB per cápita donde abordaron esta fusión, la denominaron Curva de Kuznets ambiental (CKA) (el término parece haber sido acuñado por Panayotou, (1993) sin embargo la idea fue expuesta un poco antes en los trabajos de Grossman y Krueger en 1991) de la cual supone que en las primeras etapas del desarrollo económico de un país (economía agrícola), ocurre simultáneamente mayor daño ambiental, esta situación continúa hasta alcanzar el punto de inflexión (economía manufacturera), luego del cual el proceso se revertiría (economía de servicios), es decir durante la etapa más avanzada de desarrollo de un país, el incremento del ingreso per cápita lograría que el deterioro ambiental disminuyera, logrando una curva en forma de U invertida; hipótesis planteada econométricamente, como una ecuación reducida que relaciona algún contaminante ambiental con el PIB. La justificación de la CKA vendría dada por la influencia total del ingreso en el deterioro ambiental.



**Figura 1.** Curva de Kuznets Ambiental  
**Fuente.** Piaggio (2008).

En la figura 1 se puede observar que el efecto del deterioro ambiental es producido por diversos factores del crecimiento económico, sosteniendo que la contaminación aumenta con el crecimiento económico. En un inicio se muestra que en el corto plazo el crecimiento económico genera un mayor deterioro ambiental en la consecución de mejoras para el país pero hasta cierto punto, ya que en el largo plazo a medida que una economía se convierte sustentable en su PIB y PIB per cápita, el crecimiento económico es beneficioso para el medio ambiente deteniendo el deterioro ambiental

Por otro lado la explicación de la CKA se complementa con argumentos secundarios, como los niveles de educación ciudadana, el grado de protección de los derechos de propiedad privada y demás acciones que toman los países más avanzados para mejorar su calidad ambiental (Cantos & Balsalobre, 2011). Frente a la relación existente entre degradación ambiental y crecimiento económico, hay que señalar que teórica y empíricamente, existen efectos explicativos de la CKA tanto en el corto, como en el mediano y largo plazo que se detallan a continuación.

**Tabla 1.** Efectos explicativos de la CKA frente a la relación entre degradación ambiental y crecimiento económico

| <b>En el Corto Plazo</b>        |   |
|---------------------------------|---|
| <b>EFFECTOS</b>                 | <b>SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO</b>   |
| <b>Efecto Escala</b>            | Incremento en la escala de producción, sin alterar la estructura de ésta, genera un mayor empleo de materias primas aumentando degradación ambiental  |
| <b>Efecto Ingreso</b>           | Aumento en los niveles de ingreso per cápita llevan a una mayor demanda de recursos naturales y por tanto a una mayor degradación ambiental   |
| <b>Efecto Precio</b>            | PIB per cápita, depende de la variación de los precios internacionales y de la producción, por lo que una disminución en el primero, para contrarrestar una eventual caída del PIB per, puede incidir en un aumento del segundo, causando una sobreexplotación de recursos. |
| <b>En el Largo Plazo</b>        |   |
| <b>Efecto Composición</b>       | En un país que se encuentra en crecimiento económico, se basa primero en el sector primario, luego en el industrial, para después pasar al de servicios, generando un proceso gradual de disminución de emisión de gases contaminantes.                                     |
| <b>Efecto Desplazamiento</b>    | Se refiere a un país que después de alcanzar cierto crecimiento deja de exportar sus recursos primarios y manufacturados, para exportar conocimiento y servicios.   |
| <b>Efecto Tecnológico</b>       | Es la aplicación de la tecnología mediante procesos de producción eficientes genera menor contaminación   |
| <b>Regulaciones Ambientales</b> | Uso de normativa adecuada con bases ambientales y su aplicación generan beneficios en el medio ambiente   |

Fuente. Piaggio, (2008)

#### 1.4 Críticas a la curva de Kuznets ambiental.

El modelo CKA ha presentado un gran avance en la teoría económica, sin dejar de lado la controversia en cuanto a las interpretaciones que para la política económica y la aplicación práctica tendría existencia, eventos creados desde las críticas en estudios publicados a mediados de los años 90.

Stern & Common (2001), hace hincapié al hecho de concentrar la atención en una variable específica para comprobar la evolución de un indicador y explicar la relación de deterioro ambiental, pero existe el riesgo potencial del sesgo por variables omitidas.

La CKA fue estudiada en gran parte por investigaciones econométricas con el uso de variables ambientales indistintas y parciales en temas de medición ambiental, es decir no tomaron en cuenta un indicador integral de los recursos ambientales, por tal razón solo especularon una característica aislada del daño ambiental. Además la Curva de Kuznets Ambiental no plantea solución alguna a procesos irreversibles de degradación ambiental o de desaparición de especies amenazadas (Barquín, 2006).

Es una hipótesis válida en el caso de ciertos contaminantes, en especial los generados en etapas de producción presentando efectos inmediatos en la población. Además, los resultados cambian volviéndose contradictorios al analizar contaminantes que surgen del consumo, o de efectos más globales (Saravia, 2005).

Se debe destacar que la CKA no es una curva universal, ya que los resultados difieren para muestras de países en desarrollo y desarrollados, la gran mayoría de las investigaciones observan un enfoque de países industrializados, en los que el mercado por sí mismo supera las variaciones que se presentan, por lo que se pensó erróneamente que tal situación le sucedería también en los demás países (Saravia, 2002).

La CKA presenta el mismo funcionamiento entre el daño al medio ambiente y crecimiento económico, lo que no es real en ciertos momentos, ya que la hipótesis de la CKA supone explicar automáticamente el *Turning Point*, pero no detalla cómo se llega a tal punto de inflexión ni cómo recortar el tiempo para alcanzarlo (Del Río, 2000).

### **1.5 Trabajos discrepantes con la curva medioambiental de Kuznets.**

En un estudio reciente Piaggio & Padilla (2012), critican el tomar en cuenta únicamente datos de panel para los distintos trabajos empíricos, por lo que su estudio se analiza la homogeneidad funcional, parámetros y puntos de inflexión en la relación entre emisiones de CO<sub>2</sub> y la actividad económica para treinta y un países (28 países de la OCDE y Brasil, China, La India)

Tomar una causalidad unidireccional entre crecimiento y calidad del medio ambiente, es decir la CKA no admite efectos de retroalimentación entre estas variables, cuando en la realidad el efecto va de un lado hacia el otro y en sentido contrario, por lo que puede llegar a conclusiones erróneas (Stern, Common, & Barbier, 1996).

La aseveración de que los cambios en calidad medioambiental están relacionados con el crecimiento, no tienen efecto en tipo de degradación medioambiental, cuando en las últimas décadas el progreso tecnológico se mostró creciente, además, de convivir con los problemas del uso no correcto de los datos en la econometría y sus implicaciones, por lo que se debe volver a revisar las estimaciones que se realizan con los datos disponibles, recomendando plantear modelos estructurales logrando realizar correctas inferencias( Stern et.al, 1996).

Boyce, (1994) prueba una hipótesis de la posible relación entre desigualdades en la distribución del ingreso y daño ambiental, concluyendo que existen diferencias de poder, entre ricos y pobres, con respecto al deterioro ambiental, por tanto establece una relación directa entre poder político y poder económico, lo que contribuiría que las élites degraden el medio ambiente en busca de beneficios a corto plazo.

### **1.6 Relación entre consumo de energía y crecimiento económico.**

Además de la hipótesis de la CKA, el segundo tema más debatido en el marco de la economía ambiental se refiere a la conexión entre el consumo de energía y el crecimiento económico. El consumo de energía juega un papel importante en la vida moderna siempre a la vanguardia del progreso en diversos sectores económicos como el transporte, la industria manufacturera, la minería y sectores de la comunicación en sí.

El consumo de energía es vital para el crecimiento económico de la sociedad a través de la mejora en la calidad de vida, no solo porque fomenta la productividad del capital, trabajo y otros factores de producción, sino también por el aumento de sí misma. En cambio el crecimiento económico está completamente relacionado con el consumo de energía, dado que un mayor consumo de energía produce un mayor nivel de desarrollo económico a través de la mejora de la productividad. Además, el uso de energía eficiente requiere un mayor nivel de desarrollo económico por parte del país o región (Winchester & Szalachman, 2009).

Debido a su gran versatilidad por la diversidad de recursos con las que puede producirse la energía se vuelve el eje clave para continuar hacia un modelo de crecimiento económico sostenible, basado en la seguridad de suministro para futuras épocas. Por tales antecedentes el crecimiento económico y la energía son temas vinculados, relación que fue confirmada con la llegada de la segunda revolución industrial, fomentando el patrón energético mundial alrededor de los combustibles fósiles, con fuerza de dependencia en el petróleo y sus derivados (Romerio, 2006). Haciendo hincapié en la historia económica en

donde el centro del comercio tuvo como principal protagonista a Inglaterra en el siglo XVIII manteniendo una sucesión de aspectos tecnológicos relacionados que han llevado al cambio de la relación a la explotación económica en gran escala de la energía. En ambas fases de la Revolución Industrial se catalogó como el patrón predominante de energía procedía de los combustibles fósiles, que fue un factor determinante del desarrollo industrial, dado el carácter inagotable de estos insumos para las necesidades de dicho período (Pinto, 2007).

El desarrollo industrial de la época, destinado a las grandes unidades de producción mecanizada, habría sido imposible sin la existencia de una fuente de energía más vigorosa e independiente de la proporcionada por la naturaleza. En este sentido, el uso de la maquina vapor, y de su energía inherente, el carbón, ofreció las condiciones ideales para poner los cambios en curso (Maddison, 2005).

Según Calabi (1981), los acontecimientos de finales del siglo XIX hicieron de la civilización del carbón, del ferrocarril y de la máquina de vapor dar lugar a la del petróleo, del motor y de la explosión del coche, cambio que se convertirá en el factor predominante en la composición del perfil actual de energía. A pesar de los cambios ofrecidos lo que distingue la segunda etapa de la industrialización, liderado por los EEUU, de la primera etapa fue que sus innovaciones tecnológicas, especialmente el motor basado en combustibles fluidos y la electricidad, ofrecieron las condiciones necesarias para que el nuevo modelo se ampliase de una forma mucho más pronunciada que la observada en el primer período. Este crecimiento se hizo más claro después de la Segunda Guerra Mundial, cuando el patrón de desarrollo industrial estadounidense, con su dependencia de la energía fósil, fue exportado para los países devastados por la guerra y para los países que empezaran sus industrializaciones de manera tardía (Pinto, 2007).

Volviendo al presente con referencia a la relación entre consumo de energía y crecimiento económico (PIB) autores como: Squalli (2007), Ozturk (2010) y Magazzino (2011), (citados por Robledo & Sarmiento, 2007) sostienen que dicha relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico (PIB) puede dividirse en cuatro hipótesis, las cuales recogen el resultado de la dirección de causalidad entre el consumo de energía y PIB.

- La primera hipótesis es la de neutralidad, que contiene la no existencia de relación entre las dos variables, en ninguna dirección.
- La segunda hipótesis conocida como de conservación de la energía, sostiene que al usar políticas que promueven la conservación de la energía esta tendrá un efecto casi nulo, o nulo sobre el crecimiento económico. Trabajos como Akarca y Long

- (1980), Choi y Yu (1985), encontraron el cumplimiento de esta hipótesis, al presentarse la relación en una sola orientación, del PIB al consumo de energía
- La tercera hipótesis es conocida como la hipótesis de Crecimiento Económico, y sostiene que existe causalidad en la dirección consumo de energía a PIB. Es decir, si esta hipótesis se cumple, entonces a diferencia de la hipótesis de la conservación, las políticas que promueven la conservación de la energía tendrían efectos nefastos sobre el crecimiento económico, ya que en este caso, el país es energía dependiente.
  - La cuarta y última hipótesis habla de la existencia de una retroalimentación entre el consumo de energía y el PIB, es decir, existencia de causalidad bidireccional, del consumo de energía al PIB, y del PIB al consumo de energía.

Muchos investigadores han estudiado la relación entre consumo de energía y PIB, obteniendo diferentes y diversos resultados. Campo & Sarmiento (2011), realizan una presentación de los principales trabajos de investigación relacionados al estudio de la causalidad entre consumo y PIB. Dentro de los trabajos mencionados por dichos autores se tiene por ejemplo Kraft y Kraft (1978), quienes encontraron la existencia de una causalidad unidireccional de Ingreso (PIB) hacia consumo de energía en U.S. para el periodo 1947 – 1974.

Baghestani y Obosedra (1989) probaron los resultados de Kraft y Kraft (1978) empleando pruebas estándares como la de causalidad de Granger. Sin embargo, Akarca y Long (1980) argumentaron que los resultados obtenidos por Kraft y Kraft (1978) son espurios debido a que no encuentran evidencia de causalidad para distintos periodos de prueba. Choi y Yu (1985) encuentran evidencia de que no existe causalidad en ningún sentido empleando varios métodos de análisis.

### **1.7 Relaciones entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes: evidencia empírica.**

La actividad económica genera una demanda creciente de recursos naturales y activos ambientales, por lo cual la producción de bienes y servicios tiene un impacto negativo en la calidad del medio ambiente (Escalante, R., H. Catalán, & L. Galindo, 2005).

La evidencia empírica, desarrollada hasta la actualidad, sobre la relación entre economía, medio ambiente y consumo de energía ha permitido identificar tres líneas de investigación que abordan los temas antes mencionados, en la literatura de la economía ambiental. La primera línea se centra en verificar la CKA, la segunda línea consiste en estudios que

analizan el nexo entre el consumo de energía y el crecimiento económico y la tercera línea es una combinación de las dos primeras líneas (Robledo & Guzmán, 2007). Los estudios de esta tercera línea de investigación pueden ser divididos en dos subgrupos.

El primer grupo consiste en análisis de datos de panel para un grupo de países, los resultados de estos estudios cambian debido a su muestra, intervalos de tiempo y técnicas de estimación. Una corta revisión de la literatura se muestra a continuación.

Bhattacharyya & Ghoshal (2010) muestran que la relación entre el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el desarrollo económico es más significativa para los países con mayor población y altos niveles de emisiones. Estos resultados sugieren que la política pública orientada a reducir las emisiones contaminantes tendría mayor impacto en el producto de los países desarrollados que en los países en desarrollo.

Ozcan (2013), analizan la relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> bajo análisis de panel de raíces unitarias, de cointegración y causalidad para 15 y 12 países de Oriente Medio respectivamente, los resultados obtenidos para el primer caso revelan que no existe una relación causal entre el PIB y el consumo de energía, y entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía en el corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo, hay una causalidad unidireccional que va desde el PIB y las emisiones de CO<sub>2</sub> al consumo de energía. Mientras que en el segundo caso los resultados proporcionan evidencia contraria a la hipótesis de la CKA. Únicamente se encontró evidencia favorable a la CKA para 5 países de Oriente Medio. Para los países restantes no parece que existan vínculos causales entre los ingresos y las emisiones de CO<sub>2</sub> para 4 países.

Para América Latina, los estudios sobre la relación entre el crecimiento económico, el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, sugieren que Argentina, República Dominicana, México y Panamá podrían implementar políticas de conservación sin afectar el crecimiento, mientras que Bolivia, El Salvador, Guatemala y Trinidad y Tobago no podrían considerar esta política ya que el crecimiento disminuirá y los doce países restantes (incluido Ecuador) deben centrarse en el crecimiento económico antes de adoptar cualquier política de conservación (Chang & Soruco, 2011).

El segundo grupo que aborda la relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, incluye análisis de series de tiempo y se enfoca en países individuales, dentro de este se puede mencionar a Azlina A, Hasim N. (2012), quienes analizaron la relación causal entre energía, crecimiento económico y emisiones contaminantes, para el caso de Malasia, para lo cual aplicaron técnicas de cointegración y modelos VEC. Los resultados obtenidos indican que existe una relación de largo plazo entre

el consumo de energía, el crecimiento económico y las emisiones contaminantes. En términos de causalidad existe una relación unidireccional entre las variables analizadas.

Similarmente, otro estudio para este mismo país encuentra dos formas de relación en el largo plazo entre estas variables. Primero, las emisiones de CO<sub>2</sub> están determinadas por el consumo de energía, el ingreso y la apertura comercial. Segundo, el ingreso está determinado por las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía y la apertura comercial y el ingreso es la variable que mejor predice las emisiones de CO<sub>2</sub> (Halicioglu, 2009). En este sentido, tanto los estudios para un grupo de países como para un solo país sugieren una estrecha relación entre el nivel de ingreso y la degradación ambiental.

Zhang, (2009), encuentran que los resultados empíricos para China durante el período 1960-2007 sugieren una causalidad unidireccional en el sentido de Granger, que va desde el PIB al consumo de energía y una causalidad Granger unidireccional que va desde el consumo de energía a las emisiones de carbono en el largo plazo. La evidencia muestra que ni las emisiones de carbono ni el consumo de energía lleva el crecimiento económico. Por lo tanto, el gobierno de China podría proponer una política energética conservadora y de reducción de emisiones de carbono en el largo plazo sin obstaculizar el crecimiento económico

Soytasa, Sarib, y Ewingc, (2007), investigan el efecto del consumo de energía y la producción sobre las emisiones de carbono en los Estados Unidos, además de estas variables se incluye como variables al empleo y a la formación bruta de capital fijo. Los resultados demuestran que en el largo plazo no existe causalidad entre el ingreso y las emisiones de CO<sub>2</sub>, sucede lo contrario con el consumo de energía sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, el crecimiento del ingreso por sí mismo no puede llegar a ser una solución a los problemas ambientales.

Gómez C. (2011) analiza la relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana, se aplica la metodología del análisis de los vectores autoregresivos VAR con las pruebas de causalidad de Granger y las funciones de impulso respuesta. Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis de que existe una relación siempre positiva entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los estudios con respecto a Ecuador se han basado principalmente en comprobar la hipótesis de la CKA, sin considerar el consumo de energía, en este marco se pueden citar los trabajos de Almeida, (2013) y Espinosa, (2013). El primer estudio busca comprobar si en el Ecuador, el crecimiento económico basado en el indicador PIB per cápita influye

positiva o negativamente en la degradación del medio ambiente, basado en el indicador CO<sub>2</sub>, para lo cual utiliza el método de estimación de MCO en series de tiempo con datos anuales. Encontrando que el crecimiento económico tiene una relación monótona creciente con la disminución de la calidad ambiental en el Ecuador durante el período 1970-2010, es decir las emisiones de dióxido de carbono aumentan con el crecimiento económico. Bajo este entorno el Ecuador se encontraría en el tramo creciente de la CKA con un crecimiento económico sustentado en métodos intensivos de producción agrícola, intensificación en la extracción de recursos, en un proceso de industrialización y urbanización que está provocando el deterioro del ambiente y podría pasar décadas antes de acceder al tramo decreciente de la curva. En este sentido, no se puede generalizar que la teoría de la CKA se aplica para cualquier caso.

En el estudio de Espinoza (2013), se analiza la relación entre crecimiento económico y la contaminación ambiental en el Ecuador durante las últimas cinco décadas. Para lo que se utiliza pruebas de cointegración con el objetivo de testear una relación a largo plazo entre dichas variables, con la inclusión de la densidad poblacional como variable explicativa. Como resultado se encuentra que las series presentan raíz unitaria, sin embargo cointegran y los signos de los parámetros son los esperados, encontrando una forma funcional cuadrática cóncava, donde demuestra que actualmente nuestro país se encuentra en la fase creciente de la curva, aunque bastante cerca para alcanzar el Turning Point de la CKA.

De acuerdo con evidencia empírica, las variables crecimiento económico y consumo de energía explican en mayor grado las emisiones de CO<sub>2</sub>. La relación entre estas variables puede variar de acuerdo al país, las técnicas de estimación y el grado de desarrollo de los países.

## **CAPÍTULO II**

### **ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA**

## 2.1. Antecedentes y metodología

Los modelos con características ambientales deben ser construidos de acuerdo con la realidad que se pretende describir, actualmente lo esencial es controlar parte de las externalidades medioambientales por tal motivo se ha dado paso a la incorporación de variables medioambientales en la elaboración de modelos. Bajo esta perspectiva, los modelos ambientales surgen en el momento en que se adquiere conciencia de que la actividad económica genera una demanda creciente de recursos naturales lo que, a su vez, da lugar a efectos negativos sobre el medio ambiente. De este modo, el análisis ambiental se introduce como una herramienta útil para predecir cuándo las políticas medioambientales contribuyen a la mejora del bienestar ambiental y social (León & Marconi, 1999).

En esta sección se presenta el significado, evolución y comportamiento de las variables que son parte del modelo, resaltando los datos atípicos o que sobresalen para determinar el grado de dependencia e implicación de cada una y entre ellas. Para la verificación de la hipótesis y los objetivos establecidos en la presente investigación se presenta la estrategia econométrica utilizada en base a fuentes secundarias, misma que permite validar los resultados obtenidos de acuerdo a la teoría planteada.

Las variables consideradas en los modelos econométricos son: las emisiones contaminantes (CO<sub>2</sub>), consumo de energía (consumo de energía per cápita), crecimiento económico (PIB per-cápita); todas estas variables en niveles, logaritmos y tasas de variación dentro de la economía ecuatoriana, las mismas que juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo tanto económico, social y ambiental. Se incluye además una variable *dummy* que recoge los cambios estructurales por los cuales ha atravesado la economía ecuatoriana. Los datos provienen del Banco Mundial en el periodo 1971-2010. Aclara el número de observaciones, es decir, la base de datos cuenta con 40 observaciones.

En la mayoría de los países el PIB tiene una relación directa con las emisiones de CO<sub>2</sub>, es decir, en términos ambientales el PIB se relaciona con las emisiones derivadas del consumo energético, sobre todo el de origen fósil, debido a que éste es considerado como uno de los más perjudiciales y de mayor impacto en el cambio climático.

El incluir las variables en términos *per cápita* para la construcción de los modelos resulta de gran importancia, puesto que este recoge las consideraciones demográficas en la estimación. La incorporación de estas variables permite tener en cuenta el daño ambiental relativo y no el impacto absoluto que sobre la calidad del medio ambiente ejerce la actividad económica.

## **2.2. Descripción de las variables**

### **2.2.1. Emisiones contaminantes (CO<sub>2</sub>).**

Según el Banco Mundial (2013), las emisiones de dióxido de carbono son aquellas que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas.

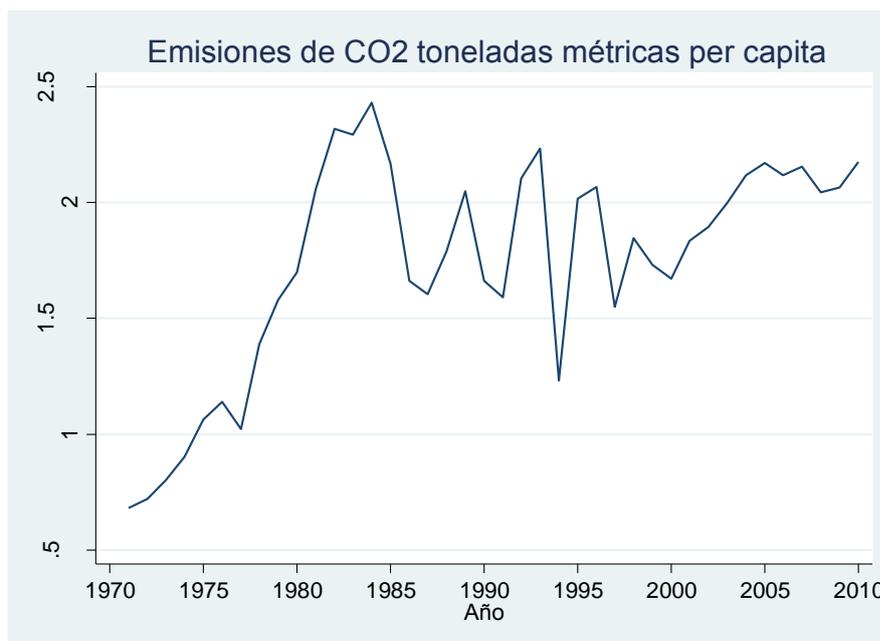
En el Ecuador, las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen una tendencia creciente durante el periodo de análisis, se han emitido un promedio anual de 1,7 toneladas métricas per cápita de CO<sub>2</sub>, es decir un crecimiento en promedio de 1,58%, incluyendo todas las fuentes de contaminación. Cabe destacar que el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> ha disminuido en un 1,47%, de 5,33% en 1971 a 2,16% en el 2009.

En la década de los 70s las emisiones de CO<sub>2</sub> crecieron en un 11,5% en promedio, esto como resultado del inicio de la exploración, extracción y exportación del petróleo para lo cual fue necesario incrementar la producción de energía eléctrica proveniente de centrales térmicas.

La década de los 80s se registra un descenso en promedio del 3,60% considerando que a pesar del auge petrolero y la expansión de sectores económicos no se pudo sentar las bases para un desarrollo armónico y sostenido. En cambio en la década de los 90s registran las menores tasas de crecimiento del 2,7% respectivamente, sin embargo las emisiones no tenían una tendencia estable porque en esos años se instalaron varias plantas tanto térmicas como hidroeléctricas que provocaron aumentos y reducciones de las emisiones respectivamente, según su porcentaje de generación.

En el año 2000, existe variación de las emisiones en promedio vuelve a aumentar en un 1,97%, debido a fuertes sequias que obligaron a cortes programados de electricidad e importaciones de electricidad desde Colombia y Perú. Sin embargo en los años 2005 a 2009 existen tasas de crecimiento muy bajas y negativas debido a la incorporación de varias centrales de recursos renovables como: biomasa, hidroeléctricas, eólicas y solares.

La figura 2 con mayor claridad presenta la tendencia de ascensos y descensos de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); en toneladas métricas per cápita.



**Figura 2:** Toneladas métricas per cápita de emisiones de CO2 en Ecuador (1971- 2010)

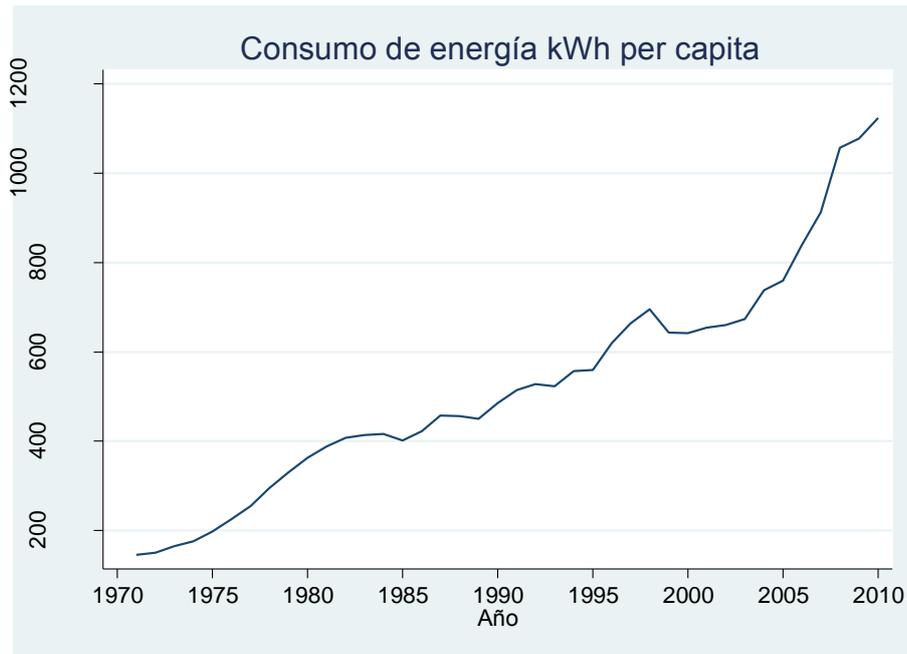
**Fuente:** Banco Mundial,2015

Frente a este escenario, en la actualidad se ha impulsado recientemente la adopción de varias medidas de eficiencia energética y sobre todo la promoción de fuentes energéticas renovables, en especial, en los subsectores eólico y solar.

### 2.2.2. Consumo de energía (Ce).

El consumo de energía eléctrica como proxy del consumo de energía mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración Banco Mundial (2015). En el Ecuador, el consumo de energía eléctrica per cápita creció en promedio en un 5,6% anual entre 1970 y 2010. A nivel comparativo, con respecto a América Latina y el resto del mundo para el período de estudio, el Ecuador tuvo un crecimiento de la demanda de energía de 2,74%; mayor al promedio mundial (1,6%) y al de la región (2%) (Castro M, 2011).

En la figura 3, que se presenta a continuación se puede observar la evolución de esta variable durante el periodo de estudio.

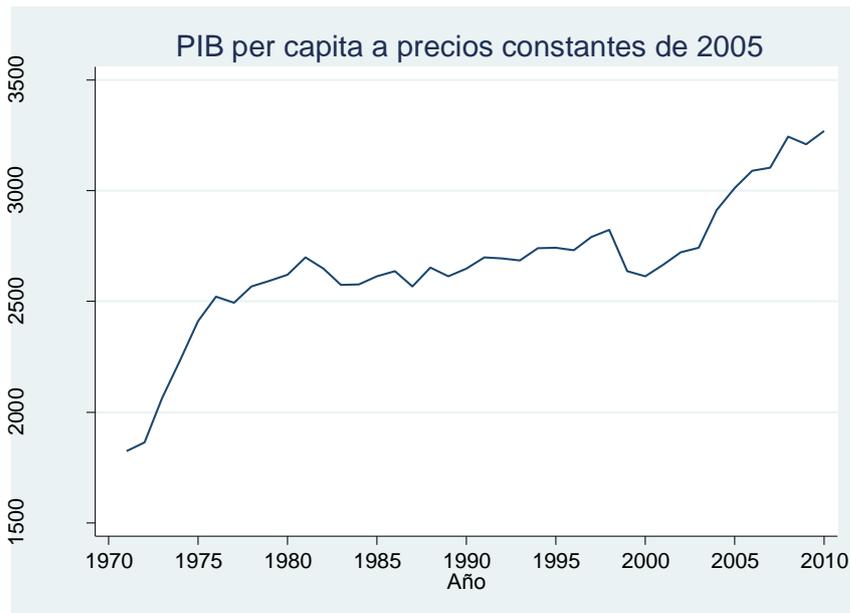


**Figura 3.** Consumo de energía eléctrica (KW per cápita) en Ecuador (1971-2010)  
**Fuente:** Banco Mundial.

Según esta gráfica, el consumo de energía en el Ecuador tiene una tendencia creciente, misma que se relaciona con el incremento del PIB, este crecimiento es muy importante para satisfacer las necesidades que demandan las diferentes actividades de la población, la igual que las industrias, el comercio, la urbanización, entre otros sectores de consumo.

### 2.2.3. Crecimiento económico (PIB)

El PIB per cápita es el producto interno bruto dividido por la población a mitad de año. El PIB es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales (Banco Mundial, 2015). Los datos se expresan en dólares de los Estados Unidos a precios constantes del 2005.



**Figura 4.** PIB real per cápita (a precios constantes de 2005)  
**Fuente:** Banco Mundial.

El PIB per cápita de Ecuador, sufrió una serie de evoluciones y transformaciones que hicieron que su comportamiento sea volátil. Shocks como: crisis internacionales, variaciones del precio del petróleo, fenómenos naturales, débil institucionalidad, entre otros, impactaron directamente en su crecimiento y marcaron quiebres en esta variable.

En los años 70s, Ecuador tuvo un crecimiento sostenible debido al auge del petróleo y del protagonismo que este tenía dentro del pago de las deudas adquiridas en ese entonces. En 1973 se registra el mayor crecimiento de la década debido a que el precio del petróleo en el mercado internacional aumentó considerablemente.

Las décadas de los 80s y 90s son consideradas décadas perdidas en las cuales las tasas de crecimiento del PIB per cápita en promedio son negativas, esto debido a varios acontecimientos que se dieron a lo largo de las décadas como: elevada deuda, disminución de los precios del petróleo, desequilibrio fiscal, presiones inflacionarias, caídas en la producción provocadas por fenómenos naturales y shocks externos como el aumento en las tasas de interés internacionales y deterioro de las relaciones con la comunidad financiera internacional. La gran caída que tuvo el PIB per cápita en 1999 fue producto de la crisis financiera que ocasionó el cierre del 70% del cierre de las instituciones financieras del país.

A partir del año 2000 la economía ecuatoriana se ha logrado consolidar en gran medida, apoyada fuertemente por condiciones externas favorables, como el precio del petróleo, las remesas en divisas por parte de los emigrantes y, en su momento por la construcción del Oleoducto de Crudos Pesados, OCP. El año 2004 fue el de mayor crecimiento del período,

esto se debió al incremento significativo del valor agregado petrolero, VAP, a partir de la entrada en operación del OCP. Sin embargo, la carencia de nuevos proyectos de gran escala se tradujo en una reducción del nivel de crecimiento. A pesar de ello, el año 2008 fue de gran actividad económica debido al incremento del precio del petróleo exportado y a una política de fuerte inversión pública. La economía ecuatoriana ha presentado un robusto y continuado crecimiento en los últimos años, cultivando y aprovechando su riqueza en recursos gracias a su privilegiada ubicación y a los grandes esfuerzos que se han realizado para pasar de una economía extractivista a una economía del conocimiento y valor agregado.

## 2.3. Fuentes estadísticas y modelo

### 2.3.1. Obtención de datos

El presente estudio utiliza información de la base de datos World Development Indicators compiladas por el Banco Mundial (2015), institución que cuenta con toda la información estadística necesaria para la presente investigación. La tabla 2 resume las variables que se incluyeron en las estimaciones econométricas:

**Tabla 2.** Variables del modelo

| Variable                             | Medición                           | Símbolo | Fuente        |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------------|
| <b>Emisiones de CO2*</b>             | Toneladas Métricas Per Cápita      | CO2     | Banco Mundial |
| <b>Consumo de Energía Eléctrica*</b> | KW Per Cápita                      | CE      | Banco Mundial |
| <b>PIB Per Cápita*</b>               | US\$ a precios constantes del 2005 | PIB     | Banco Mundial |
| <b>PIB Per Cápita al cuadrado*</b>   | US\$ a precios constantes del 2005 | PIB2    |               |
| <b>DUMMY</b>                         | Variable dicotómica (0 y 1)        | DUM     |               |

\*Estas variables están expresadas en niveles, logaritmos y tasas de crecimiento

**Fuente.** Indicadores del Banco Mundial 2015.

El periodo de análisis es a partir del año 1971 hasta el año 2010, se seleccionó este periodo dada la disponibilidad de información para cada variable. Todas las series están medidas en valores *per cápita*, en el *anexo 1* se presenta la base de datos con las variables

consideradas en el modelo, mientras que en el *anexo 2* se presenta las gráficas de las series en tasas de crecimiento y logaritmos.

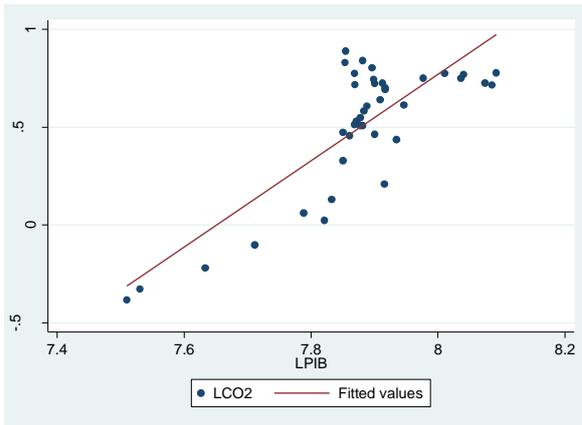
Las variables independientes están asociadas con la actividad económica. La primera está relacionada con el nivel de producción; PIB real per cápita y el PIB al cuadrado, esta última con la finalidad de comprobar la hipótesis de la CKA. En función de la literatura empírica, se incluye el consumo de energía eléctrica per cápita, y una variable dummy que recoge los cambios estructurales por los cuales ha atravesado el país, (se asigna un valor de 1 en los años en los que se han dado cambios significativos en la economía del país)). La Tabla 3 reporta las estadísticas descriptivas de todas las variables incorporadas en las estimaciones econométricas.

**Tabla 3.** Estadísticas descriptivas de las variables

| <b>Variable</b> | <b>Obs</b> | <b>Mean</b> | <b>Std. Dev.</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|-----------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|
| CO2             | 40         | 1.74        | 0.47             | 0.68       | 2.43       |
| CE              | 40         | 526.07      | 251.17           | 145.67     | 1122.98    |
| PIB             | 40         | 2664.03     | 307.38           | 1825.26    | 3268.81    |
| PIB2            | 40         | 7189200     | 1594829          | 3331594    | 1.07e+07   |
| TCO2            | 40         | 4.32        | 17.57            | -44.83     | 63.72      |
| TCE             | 40         | 5.44        | 5.34             | -7.57      | 15.78      |
| TPIB            | 40         | 1.59        | 3.15             | -6.63      | 10.81      |
| TPIB2           | 40         | 12.25       | 23.34            | 0.01       | 116.78     |
| LCO2            | 40         | 0.50        | 0.33             | -0.38      | 0.88       |
| LCE             | 40         | 6.13        | 0.53             | 4.98       | 7.02       |
| LPIB            | 40         | 7.88        | 0.12             | 7.51       | 8.09       |

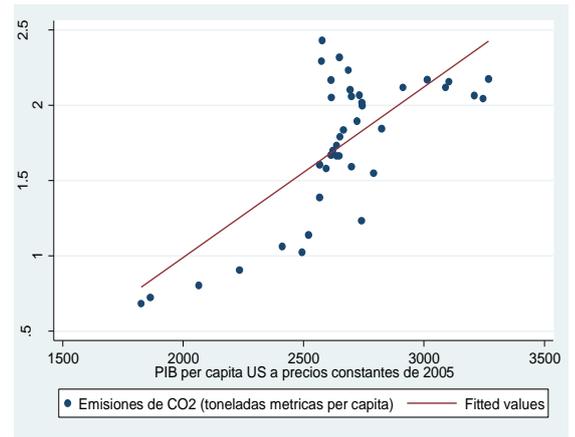
**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos compilados por Banco Mundial, 2015

Una vez definidas las variables a utilizar en los modelos econométricos, resulta importante analizar gráficamente la relación que existe entre la degradación ambiental (explicado por las emisiones de CO<sub>2</sub>) y el crecimiento económico (medido por el PIB), para el caso ecuatoriano durante el periodo de estudio, las figuras que se presentan a continuación reportan la relación antes mencionada.



**Figura 5.** Relación LCO2 -LPIB

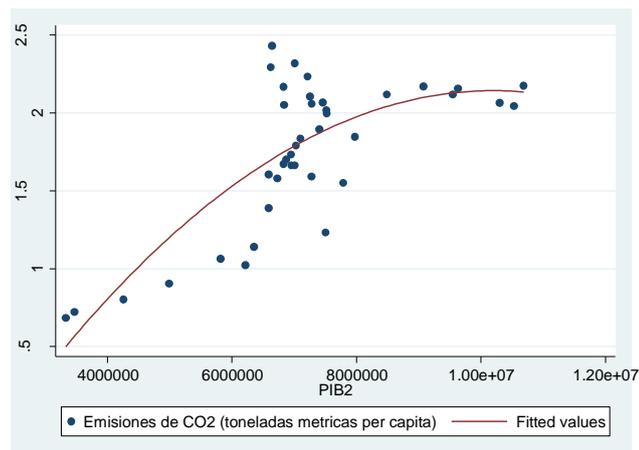
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 6.** Relación CO2 –PIB

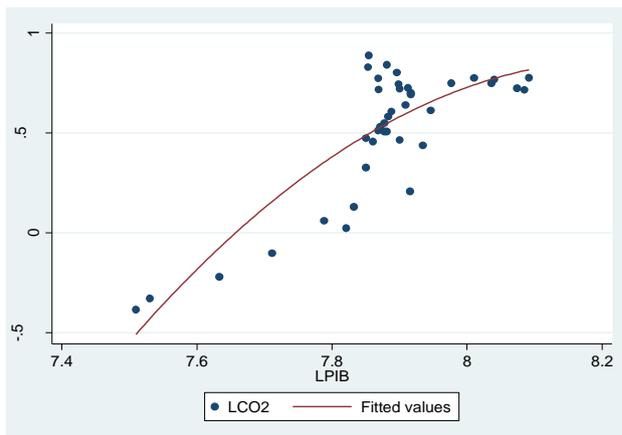
**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 5 y 6 al graficar la relación lineal se observa que las variables emisiones de CO2 y PIB (ambas en términos per-cápita) en logaritmos y niveles presentan una relación directa positiva o relación lineal monótona creciente, lo cual indica que el PIB está asociado a crecientes niveles de emisiones de CO2, es decir a medida que aumenta el PIB aumentan las emisiones de CO2, donde se demuestra lo sustentado en la teoría. Estas gráficas dan la pauta para suponer que existe una relación cuadrática entre las variables mencionadas, permitiendo a *a priori* verificar la hipótesis de la CKA lo cual se comprobará empíricamente más adelante con la estrategia econométrica planteada.



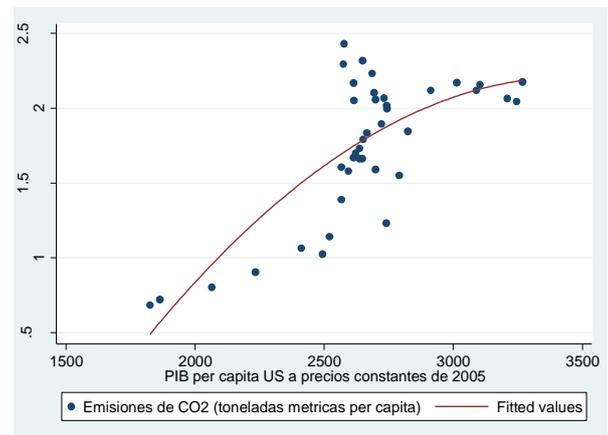
**Figura 7.** Relación CO2 –PIB2

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 8. Relación LCO2-LPIB**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9. Relación CO2-PIB**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7, 8 Y 9 al graficar las variables en su forma cuadrática, se observa que la relación entre emisiones de CO2 y PIB es positiva, lo que concuerda con la relación lineal antes presentada; cabe mencionar que la línea de tendencia indica que el Ecuador se encuentra en una fase creciente de la CKA es decir que el crecimiento económico del país se sostiene aún de actividades primarias-extractivistas implicando un deterioro del medio ambiente.

### 2.3.2. Estrategia Econométrica

La estrategia econométrica aplicada para verificar empíricamente la relación entre las emisiones contaminantes, el crecimiento económico y el consumo de energía se divide en dos pasos. En primer lugar, se estima varias regresiones MCO. Estas regresiones constituyen el punto de partida para analizar la relación entre las variables incluidas de acuerdo a la especificación teórica y empírica. La relación entre estas variables se expresa por medio de las siguientes ecuaciones:

$$(CO_2) = \alpha_0 + \alpha_1(CE_t) + \alpha_2(PIB_t) + \alpha_3(PIB_t^2) + \alpha_4DUM + \mu_t \quad (1).$$

$$(TCO_2) = \beta_0 + \beta_1(TCE_t) + \beta_2(TPIB_t) + \beta_3(TPIB_t^2) + \beta_4DUM + \varphi_t \quad (2).$$

$$\log(CO_2) = \delta_0 + \delta_1 \log(CE_t) + \delta_2 \log(PIB_t) + \delta_3 DUM + \omega_t \quad (3).$$

La ecuación (1), representa la relación entre las emisiones de ( $CO_2$ ) y las variables consumo de energía ( $CE_t$ ), PIB per cápita ( $PIB_t$ ) y PIB al cuadrado ( $PIB_t^2$ ) para el Ecuador

en el periodo t en niveles. La inclusión de la variable  $(PIB_t^2)$  se basa en la hipótesis de la CKA.

En la ecuación (2) – al igual que en la ecuación anterior- se analiza la misma relación de las variables incluidas en el modelo, la diferencia radica en que estas variables están especificadas como tasas de crecimiento  $(TCO_2), (TCE_t), (TPIB_t)$  y  $(TPIB_t^2)$ .

Finalmente, en la ecuación (3), se trabaja con las series en logaritmos y se excluye del análisis a la variable  $\log(PIB_t^2)$ , debido a la presencia de perfecta correlación y multicolinealidad con la serie  $\log(PIB_t)$  (ver anexo 3).

En las tres ecuaciones se incluye una variable dummy (*DUM*), con la finalidad de recoger los cambios estructurales de la economía durante el periodo de estudio, los términos  $\mu_t, \varphi_t, \omega_t$  son los términos de error estocástico del periodo t, para cada una de las estimaciones.

Como segundo paso, se utiliza las técnicas de cointegración de Johansen (1988), lo cual permite detectar el rango de la matriz de cointegración, que resulta la mejor opción para modelar el sistema cuando se verifica cointegración. La estimación del mismo determinará la relación de largo plazo que se verifica entre las variables y asimismo permitirá obtener información sobre la velocidad de ajuste a la senda de equilibrio tras una perturbación verificada en el corto plazo (Zilio, 2010). Teniendo como base el marco teórico revisado y los trabajos empíricos de Gómez (2011), Shahbazet, (2011), Mei y Ping (2009) y Sari y Soytaş, (2007) dentro del presente trabajo de investigación se planteó las ecuaciones 4-6 del modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)<sup>1</sup>:

$$\log CO2_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^a \beta_1 \log CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_2 \log PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_3 \log CE_{t-i} + \mu_1 \quad (4)$$

$$\log CE_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^a \beta_1 \log CE_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_2 \log CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_3 \log PIB_{t-i} + \mu_1 \quad (5)$$

$$\log PIB_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^a \beta_1 \log PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_2 \log CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_3 \log CE_{t-i} + \mu_1 \quad (6)$$

---

<sup>1</sup> Se presenta únicamente el VAR de las series en logaritmos, excluyendo el  $PIB^2$ , dado que en esta estimación se cumple la condición de estabilidad (ver anexo 3)

El estudio de la condición de estabilidad de la estructura de retardos del VAR permite determinar si el modelo propuesto es estable y estacionario.

## **CAPÍTULO 3**

### **RESULTADOS**

### 3.1. Introducción

En este capítulo se verifica la hipótesis propuesta inicialmente la cual establecía que para el Ecuador el crecimiento económico es el principal factor explicativo del deterioro de las condiciones ambientales (medidos a través de las emisiones de CO<sub>2</sub>), como consecuencia del mayor consumo de energía. Con el desarrollo del tercer capítulo se trata de responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué relación existe, entre las emisiones de dióxido el crecimiento económico y el consumo de energía y de carbono para el caso ecuatoriano durante el periodo de 1971-2010? Para verificar la hipótesis y responder la pregunta planteada a continuación se presentan los resultados de la estrategia econométrica propuesta en el capítulo anterior.

### 3.2. Presentación de resultados de los modelos

Para verificar la relación existente entre las variables incluidas en los modelos econométricos se procedió aplicar el método econométrico de Mínimos Cuadrados Ordinarios, la tabla 3 reporta los resultados de las estimaciones econométricas formalizadas en las ecuaciones (1), (2) y (3), previo a la presentación en el capítulo 2.

**Tabla 4:** Resultados de la regresión de línea de base

|                         | [1]                       | [2]                | [3]                  |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|
| CE                      | 0.000433<br>(0.82)        |                    |                      |
| PIB                     | 0.00471***<br>(4.07)      |                    |                      |
| PIB2                    | -0.000000758**<br>(-2.91) |                    |                      |
| TCE                     |                           | -0.191<br>(-0.33)  |                      |
| TPIB                    |                           | 0.883<br>(1.12)    |                      |
| TPIB2                   |                           | 0.000353<br>(0.00) |                      |
| LCE                     |                           |                    | 0.179<br>(1.51)      |
| LPIB                    |                           |                    | 1.455**<br>(3.05)    |
| DUM                     | 0.183<br>(1.43)           | 3.535<br>(0.69)    | 0.133<br>(1.73)      |
| Constant                | -5.617***<br>(-4.04)      | 3.415<br>(0.66)    | -12.08***<br>(-3.88) |
| Observations            | 40                        | 40                 | 40                   |
| Adjusted R <sup>2</sup> | 0.576                     | -0.092             | 0.670                |

Note: t statistics in parentheses \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a las variables en niveles, los resultados presentados en la columna 1

muestran que únicamente los coeficientes de las variables PIB y PIB2 son estadísticamente significativos, mientras que las variables CE y DUM no son representativas para el modelo. Asimismo, se tiene que el R-cuadrado es de 0.576 lo que significa que el 57% de las variaciones en las emisiones de CO2 están explicadas por las variaciones de las variables independientes. Cabe resaltar que los signos positivo y negativo de los coeficientes de las variables PIB y PIB2 respectivamente se ajustan en primera instancia a la hipótesis planteada en la CKA dando una pauta para verificar la relación de equilibrio en el largo plazo de las variables mediante las pruebas de cointegración.

En la columna (2) se presentan los resultados de la aplicación de MCO para las variables en tasas, en donde ninguna de las variables incluidas en el modelo son estadísticamente significativas, lo cual además se corrobora con un R- cuadrado de -0.092, es decir, las variaciones en las tasas de crecimiento de las emisiones de CO2 no son explicadas por las variaciones de las tasas de crecimiento del consumo de energía y del PIB.

Finalmente, los resultados para las variables en logaritmos muestran que solo la variable LPIB es estadísticamente significativa, indicando una relación directa entre ésta y las emisiones de CO2, es decir a medida que aumenta la producción per-cápita aumentan las emisiones de CO2 per-cápita en el Ecuador. Por otro lado los coeficientes de las variables LCE y DUM no son estadísticamente significativas en ningún porcentaje, además, de presentar un R-cuadrado de 0.670 lo que significa que el 67% de las variaciones en las emisiones de CO2 (en logaritmos) están explicadas por las variaciones de las variables independientes.

### **3.2.1. Pruebas de Estacionariedad.**

La existencia de una relación de largo plazo como la planteada por la CKA, requiere que las series de CO2 per cápita y PIB per cápita y sus potencias así como las variables de control incluidas (CE) se encuentren vinculadas en una relación de cointegración lo que significa que comparten una tendencia estocástica común y por ende la relación entre estas series sea estadística y económicamente significativa (Galeotti, Manera y Lanza, 2009).

En el campo econométrico, esto se traduce en el desarrollo de pruebas de raíz unitaria para verificar no estacionariedad como condición necesaria para llevar adelante el análisis de cointegración propiamente dicho que garantice la existencia de una relación de largo plazo entre emisiones de CO2, PIB y CE. El análisis de cointegración se desarrolla en tres etapas: en la primera, se establecen las propiedades temporales de las series en niveles, tasas de crecimiento y logaritmos a través de test de raíz unitaria para analizar estacionariedad y determinar el grado de integración. En la segunda etapa se busca establecer la existencia

de una relación de cointegración entre las variables involucradas en las estimaciones econométricas. Sobre estos resultados, se presentan las ecuaciones de cointegración de largo plazo en los casos que sean posibles.

El análisis de las variables en niveles, tasas de crecimiento y logaritmos se realizó a través de dos test Dickey Fuller Aumentada –ADF (1979) y Phillips y Perron- PP (1988), en niveles y en primeras diferencias, con intercepto y con intercepto y tendencia, basado en Halicioglu (2009) y Saboori & Soleymani, (2011). En ambos test se prueba la hipótesis nula de que una serie tiene raíz unitaria frente a la alternativa de estacionariedad en las series. La Tabla 4 resume los resultados de las pruebas ADF y PP para las variables en niveles, tasa de crecimiento y logaritmos, así como, sus primeras diferencias en caso de que aplique.

**Tabla 5: Pruebas de Raíces Unitarias**

|       | Augmented Dickey Fuller Test |                   | Philips-Perron Test |                   |               | Augmented Dickey Fuller Test |                   | Philips-Perron Test |                   |
|-------|------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------|------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|       | Level                        |                   |                     |                   |               | First Difference             |                   |                     |                   |
|       | Intercept                    | Intercept & Trend | Intercept           | Intercept & Trend |               | Intercept                    | Intercept & Trend | Intercept           | Intercept & Trend |
| CO2   | -2,66*                       | -2,62             | -2,54               | -2,87             | $\Delta$ CO2  | -7,62***                     | -7,63***          | -8,03***            | -8,14***          |
| CE    | 2,05                         | -0,59             | -1,54               | -0,037            | $\Delta$ CE   | -4,31***                     | -4,58***          | -4,35***            | -4,62***          |
| PIB   | -2,13                        | -3,30*            | -2,05               | -2,62             | $\Delta$ PIB  | -4,62***                     | -4,63***          | -4,68***            | -4,72***          |
| PIB2  | -1,18                        | -2,34             | -1,28               | -1,97             | $\Delta$ PIB2 | -5,06***                     | -4,99***          | -5,13***            | -5,08***          |
| TCO2  | -7,84***                     | -7,72***          | -8,12***            | -8,19***          |               |                              |                   |                     |                   |
| TCE   | -3,80***                     | -2,85             | -3,82***            | -3,88**           |               |                              |                   |                     |                   |
| TPIB  | -4,17***                     | -2,99             | -4,19***            | -4,24**           |               |                              |                   |                     |                   |
| TPIB2 | -3,88***                     | -3,19             | -3,93***            | -4,15**           |               |                              |                   |                     |                   |
| LCO2  | -2,87*                       | -2,73             | -2,97**             | -2,79             | $\Delta$ LCO2 | -7,69***                     | -7,87***          | -7,97***            | -8,02***          |
| LCE   | -2,12                        | -2,16             | -1,75               | -2,16             | $\Delta$ LCE  | -3,79***                     | -3,97**           | -3,82***            | -3,94***          |
| LPIB  | -3,24**                      | -3,42*            | -2,91*              | -3,34*            | $\Delta$ LPIB | -4,15***                     | -4,27***          | -4,17***            | -4,25***          |

Donde \* denota un nivel de significancia al 10%, \*\* al 5% y \*\*\* al 1%, respectivamente

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de los test de raíz unitaria de las variables indican que las series; CO2 per cápita, consumo de energía eléctrica per-cápita, PIB y PIB2 per-cápita (en niveles) son no estacionarias por lo cual es necesario aplicar las primeras diferencias a las variables con lo cual todos resultan ser de orden I (1)<sup>2</sup>. En lo que respecta a las variables en tasas de crecimiento, se rechaza la hipótesis nula de presencia de raíces unitarias por lo cual las variables no cointegran en el largo plazo es decir son de orden I (0). Finalmente en cuanto a las variables en logaritmos existe la presencia de raíces unitarias por lo que resulta

<sup>2</sup> Orden de integración: el número de veces que debe aplicarse la diferencia para que la serie sea estacionaria.

indispensable aplicar primeras diferencias a las variables con el fin de volverlas de orden I (1).

### **3.2.2 Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR).**

Una vez comprobado que las series de emisiones de CO<sub>2</sub> per-cápita, CE per-cápita y PIB per-cápita en niveles y logaritmos resultan ser integradas del mismo orden, el método de Johansen propone estimar un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) para estos dos grupos según lo especificado en las ecuaciones (4), (5) y (6) mencionadas en el capítulo 2. El estudio de la condición de estabilidad de la estructura de retardos del VAR permite determinar si el modelo propuesto es estable y estacionario, de manera que la relación de cointegración hallada converja a un equilibrio de largo plazo.

Partimos de la estimación individual de las regresiones que integran el sistema de ecuaciones, con la finalidad de determinar el rezago óptimo del modelo de vectores autorregresivos, se determina como óptimo 2 rezagos tanto para las variables en niveles y logaritmos, procediendo a estimar el VAR incluyendo todas las variables involucradas en el análisis (considerando las variables exógenas).

Para corroborar el número de rezagos óptimo para el primer sistema de ecuaciones de las variables en niveles, CO<sub>2</sub>, CE, PIB, PIB<sub>2</sub> (todas en niveles per-cápita) se realizan las pruebas “lag structure” determinando que el modelo no satisface las condiciones de estabilidad, cabe destacar que se realizó la prueba con distintos rezagos sin embargo los resultados no son estables (ver anexo 4). De esta manera, se puede concluir *a priori* que la CKA no se cumple para el caso de Ecuador, dado que a pesar de llegar a encontrarse evidencia clara a favor de una relación de largo plazo estadísticamente significativa entre las variables incluidas en la regresión (a través del método de cointegración Johansen), el modelo VAR no satisface la condición de estabilidad, para este caso.

Con respecto a las variables en logaritmos las pruebas “lag structure” confirman como óptimo 2 rezagos satisfaciendo las condiciones de estabilidad del sistema de ecuaciones (ver anexo 5), por lo cual se procede a aplicar el método de cointegración de Johansen.

### **3.2.3 Test de Cointegración de Johansen**

Como se mencionó anteriormente, y dado que los resultados para las variables en niveles y tasas no cumplen con las condiciones de estabilidad a largo plazo y las condiciones de cointegración respectivamente, por tanto se procede aplicar el método de cointegración de

Johansen para las variables en logaritmos. Cabe indicar que para las variables en niveles se procedió a eliminar de la regresión el PIB2 con la finalidad que el modelo cumpla con la condición de estabilidad especificada en el VAR.

Como parte del test de cointegración de Johansen se presentan los resultados del test de la traza, el cual detecta la presencia de algún vector de cointegración, y confronta la hipótesis nula de que no existe cointegración contra la hipótesis alternativa de que existe algún vector de cointegración. Además se presentan los resultados del test del valor máximo, que por su parte, arroja resultados más precisos, ya que permite conocer, si existe cointegración y el número de vectores presentes en el sistema (Zilio, 2010).

Para el caso de las variables CO2, CE y PIB así como de estas mismas variables expresadas en logaritmos, los resultados del test de la traza y del máximo Eigenvalue indican la existencia de una ecuación de cointegración con un nivel de significancia del 5% para ambos casos, presentados en la columna 1 y 2, de tabla 6 que se presenta a continuación<sup>3</sup>.

**Tabla 6:** Ecuaciones de Cointegración

|              | [1]                  | [2]               |
|--------------|----------------------|-------------------|
| PIB          | 0.010<br>(0.00151)   |                   |
| CE           | - 0.006<br>(0.00138) |                   |
| LPIB         |                      | 13.03<br>(1.733)  |
| LCE          |                      | -2.10<br>(0.344)  |
| Constant     | -21,87<br>(3,35)     | -88.78<br>(11.61) |
| Observations | 37                   | 37                |

**Fuente:** Elaboración propia.

Los errores estándar se presentan entre paréntesis. De esta manera, se verifica una relación estable de largo plazo entre las emisiones de CO2, el consumo de energía y el Producto Interno Bruto (todas en términos per cápita) expresadas en niveles y logaritmos, esta relación se ajusta a un patrón lineal. Cabe destacar además que de acuerdo a los signos presentados en el coeficiente del PIB, se verifica la relación tal y como se postuló en

<sup>3</sup> Ver anexo 6 y 7

la teoría presentada en el capítulo 1, en donde, se sostiene que a medida que aumenta el producto, la degradación ambiental (medida por las emisiones de CO<sub>2</sub>) también aumentan. Sin embargo, la relación entre el consumo de energía CE y las emisiones de CO<sub>2</sub> no es la esperada, puesto que en el largo plazo a medida que aumenta el consumo de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen. Esto podría explicarse debido a que en el largo plazo el país contaría con tecnologías limpias que permitan sostener o incrementar un nivel de producción óptimo para el desarrollo del país y a su vez permitan mitigar el impacto del uso de la energía proveniente de combustibles fósiles.

### **3.3 . Discusión de resultados**

La relación entre las emisiones contaminantes (medido a través de las emisiones de CO<sub>2</sub>), el producto interno bruto y el consumo de energía ha sido ampliamente desarrollada a través de la literatura empírica. Los resultados varían de acuerdo a la estrategia econométrica utilizada y al tipo de país o región de estudio, con respecto a este último la literatura ha encontrado resultados tanto para los países desarrollados como en desarrollo.

Para el caso de Ecuador, a través de la econometría de series de tiempo aplicada, los resultados indican que existe una relación de largo plazo estadísticamente significativa entre el logaritmo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el PIB y el consumo de energía, resultados que corroboran lo mencionado por Bhattacharyya y Ghoshal (2010), que muestran que la relación entre el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el desarrollo económico y el consumo de energía es más significativa para los países con mayor población, por su parte Ozcan (2013), demuestra a través del análisis de panel de raíces unitarias, de cointegración y causalidad que existe relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> para 15 y 12 países de Oriente Medio respectivamente.

Otro de los trabajos que coinciden, con los obtenidos en esta investigación, respecto a la relación emisiones de CO<sub>2</sub>, PIB y CE, es el de Halicioglu (2009), determina que la relación de largo plazo de las emisiones de carbono son determinados por el consumo de energía, los ingresos y una variable exógena como el comercio exterior, para Turquía. Además de Campo & Olivares (2013), quien evalúa la relación que existe entre las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), el consumo de energía y el PIB, para el grupo de países conocido como los CIVETS (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica), en el período 1985-2007. Para comprobar dichas relaciones se utiliza la metodología de datos de panel no estacionarios, acompañada de pruebas de raíces unitarias y de cointegración. Se concluye que, en el largo plazo, el crecimiento económico y

el consumo de energía son determinantes del calentamiento global a través del incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub> para los CIVETS.

Cabe mencionar, que uno de los objetivos de la presente investigación fue comprobar la hipótesis de la CKA, la cual sostiene que el incremento del PIB aumenta la contaminación hasta cierto nivel de ingreso per cápita, a partir del cual comienza a reducirse la contaminación, esta relación gráficamente se traduce en una U invertida (Campo & Olivares, 2013). Para el caso de Ecuador esta relación no se cumple, puesto que la inclusión del PIB<sup>2</sup> en niveles y logaritmos resulta en multicolinealidad a través de MCO, y en el largo plazo no satisface las condiciones de estabilidad por lo cual los resultados del test cointegración no son significativos, estos resultados concuerdan con los encontrados por Zilio (2008), quien analiza la validez empírica de la hipótesis de la CKA, para una muestra de países de la región de América Latina y el Caribe durante el período 1970-2008 a través de un análisis de panel e individual. En el caso específico de Ecuador pese a que se encuentra una relación de largo plazo entre las emisiones de CO<sub>2</sub>, el PIB<sup>2</sup> y PIB<sup>3</sup>, la relación no satisface la condición de estabilidad, con lo cual se corrobora lo mencionado por Saravia (2002) quien expone que la CKA no es válida para países en desarrollo.

Otro de los estudios que concuerdan con los resultados obtenidos, respecto al rechazo de la hipótesis de la CKA es el estudio de Narayan & Narayan (2009) quienes testean la hipótesis para una muestra compuesta por cuarenta y tres países en desarrollo, llevando adelante el análisis a nivel individual, a nivel panel y para varias sub-muestras. En lugar de plantear la tradicional estimación polinómica, y con el objetivo de evitar el problema de colinealidad –como es el caso de esta investigación con respecto al logaritmo del PIB<sup>2</sup>– entre los regresores, los autores avanzan en el análisis de cointegración para las series de emisiones de CO<sub>2</sub> y PIB ambas en su forma logarítmica. Sus resultados indican que sólo para quince de los cuarenta y tres países –entre los que se encuentran Argentina y Venezuela- la elasticidad ingreso de las emisiones de CO<sub>2</sub> es mayor en el largo que en el corto plazo.

En el caso de Ecuador los resultados de esta investigación presentan una similitud con los resultados obtenidos por Almeida (2013), quien señala que el crecimiento económico tiene una relación monótona creciente con la disminución de la calidad ambiental en el país, es decir, las emisiones de dióxido de carbono aumentan con el crecimiento económico, bajo este análisis el país tendría que pasar décadas antes de acceder al tramo decreciente de la curva. De manera contradictoria a los resultados expuestos anteriormente para el caso ecuatoriano se presenta el estudio realizado por Espinoza (2013) quien afirma que se cumple la hipótesis de la CKA en forma de U invertida, además, de asegurar que el Ecuador

se encuentra en una fase creciente de la CKA y estaría próximo a alcanzar su Turning Point.

Finalmente, cabe mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos, la relación entre las variables incluidas no es muy significativa, ante esta situación y dado el contexto económico-ambiental del país, algunos autores sugieren utilizar otras variables proxy para poder explicar la degradación ambiental, cuyo análisis no se centre únicamente en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Algunos autores como Bhattarai & Hammig, (2001); Stern & Common (2001), sugieren estudiar la relación medio ambiente-economía utilizando variables ambientales como la deforestación y como variables económicas el ingreso. De igual manera, Poudel, Paudel & Bhattarai (2009) testean la CKA para un panel de quince países latinoamericanos durante el periodo 1980-2000, utilizando técnicas paramétricas y semi-paramétricas, hallando una forma funcional pare de N entre las emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de quema de combustibles fósiles y la renta per cápita. Los autores incorporan asimismo la densidad poblacional, forestación per cápita y tasa de alfabetización a la especificación tradicional. Los resultados también señalan que es más probable que los países más empobrecidos de la región, que cuentan con mayor cobertura forestal, se encuentren en la porción ascendente de la curva, mientras que las naciones con mayor ingreso de la región exhiben el mencionado patrón en forma de N entre emisiones de CO<sub>2</sub> y producto.

## CONCLUSIONES

La presente investigación se planteó con el objetivo de analizar la relación existente entre las emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía y el crecimiento económico, para el Ecuador, durante el periodo 1971-2010. A través de la estrategia econométrica aplicada se pudo concluir que existe una relación estable de largo plazo entre el logaritmo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CE y el PIB.

En el largo plazo, la relación entre el logaritmo de las emisiones de CO<sub>2</sub> y PIB es positiva, es decir, a medida que aumenta el ingreso del país, las emisiones de CO<sub>2</sub> también aumentan. Con respecto a la relación emisiones de CO<sub>2</sub> y CE en el largo plazo se evidencia una relación inversa, esto se podría explicar debido a que en el largo plazo el país ha podido mejorar el acceso a tecnologías limpias que permitan disminuir el uso de energía proveniente de combustibles fósiles.

En cuanto a la hipótesis establecida al inicio de esta investigación, se acepta para la relación emisiones de CO<sub>2</sub> y PIB puesto que en el Ecuador, el crecimiento económico es uno de los principales factores explicativos del deterioro de las condiciones ambientales, lo cual se corrobora a través del método de MCO y cointegración de Johansen. Sin embargo, en cuanto al consumo de energía se rechaza la hipótesis de una relación significativa existente con las emisiones de CO<sub>2</sub>, dado el coeficiente de la variable en MCO no es estadísticamente significativa, aunque el signo es el esperado, es decir, a medida que aumenta el consumo de energía aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Si bien es cierto, el PIB es una variable de gran impacto para analizar el efecto de la actividad económica sobre el medio ambiente, la variable emisiones de CO<sub>2</sub> podría reemplazarse por otra que recoja la realidad ambiental de países como Ecuador, una variable que se aproxime a esta realidad es la deforestación como resultado de las actividades primarias-extractiva, y dada la escasa actividad industrial.

De manera específica, con respecto a la evaluación de la CKA en forma de U invertida para el Ecuador, se concluye que ésta no se ajusta para el caso ecuatoriano, dado que los resultados de la inclusión del PIB y sus potencias ocasionan problemas econométricos que hacen que los resultados no sean estadísticamente significativos, se observa únicamente una relación lineal monótona creciente, la cual señala que el ingreso está asociado a crecientes niveles de emisiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la relación emisiones de CO<sub>2</sub> y PIB, se puede concluir que el Ecuador se encontraría en el tramo creciente de la CKA, con un crecimiento

económico basado en métodos intensivos de la actividad agrícola, intensificación en la extracción de recursos; además de un creciente (aunque aún no significativo) proceso de industrialización y urbanización, los cuales están provocando el deterioro del ambiente y podría pasar décadas antes de acceder al tramo decreciente de la curva.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados presentados en esta investigación y dada la realidad del Ecuador, es necesaria la sugerencia de recomendaciones de política que permitan alcanzar un equilibrio entre lo económico y ambiental, lo cual se sobrepone a la idea de “esperar y crecer”.

Dada la relación entre degradación ambiental y producto para el caso ecuatoriano y tomando en consideración la evidencia empírica desarrollada nuestro país deberá buscar mecanismos que ayuden a sostener su proceso de crecimiento económico sin comprometer el medio ambiente, en términos de Grossman & Krueger (1995), “con un mayor conocimiento de los riesgos ambientales y el desarrollo reciente de nuevas tecnologías más limpias, debemos aspirar a ver cómo los países de menores ingresos dirigen su atención a la preservación del medio ambiente en estadios más tempranos de lo que se ha hecho previamente”.

Tomando como antecedente lo mencionado por Grossman y Krueger, el país deberá ir cambiando su modelo extractivista por un modelo conservacionista, optando por otras formas de creación de riqueza que tome en cuenta objetivos de sustentabilidad y que ayuden a reducir la progresiva destrucción, degradación o transformación de los recursos naturales.

A nivel general en el país, se evidencia que durante la última década se ha dado especial énfasis a la problemática ambiental, mediante cuestiones legislativas; a través de la Constitución Nacional del año 2008 y como parte de ésta el Plan Nacional del Buen Vivir, donde se impulsa una armonía entre la naturaleza y el ser humano, a través de proyectos dirigidos tanto al sector productivo como de consumo del país. Dentro del sector productivo se busca mitigar la dependencia de la energía proveniente de combustibles fósiles y optar por tecnologías limpias.

Finalmente, en términos investigativos, se recomienda utilizar otras variables ambientales que sirvan para explicar la degradación ambiental y que se ajusten a la realidad del país, una alternativa es la tasa de deforestación, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de los sectores transporte y cambio de uso de suelos, que son los sectores que tienen mayor aporte a este indicador. La inclusión de nuevas variables permitirá determinar cuál es la razón de la relación creciente entre ambiente- economía, pues puede atribuirse a las

transformaciones en la eficiencia energética o las dinámicas de cambio estructural de la economía ecuatoriana.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akarca y Long (1980). "On the relationship between energy y GNP: A reexamination", *Journal of Energy Development*, Vol 5, pp. 326 - 331.
- Almeida Quinteros, D. A. (2013). *Crecimiento Económico y Medio Ambiente: La Curva Ambiental de Kuznets para el Ecuador en el Periodo 1970–2010*. Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Barros, V. (2006). *Cambio climático global*. Libros del Zorzal.
- Barquín, R. (2006). Una visión escéptica sobre la curva medioambiental de Kuznets. El caso de dióxido de azufre (traducido). *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 13, 1-33.
- Bhattarai, M. y Hammig, M., 2001. Institutions and the Environmental Kuznets Curve for deforestation: a cross-country analysis for Latin America, Asia and Africa. *World development*, Vol 29. N° 6, pp. 995-1010.
- Capó, Javier (2009). *Curva de Kuznets Ambiental: Evidencia para Europa*. Islas Baleares: Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de les Illes Balears.
- Cantos, J. O. (2011). *Prevención de riesgos: cambio climático, sequías e inundaciones*. CIUDS-MDM AMBIENTE. *Sevilha: Fundación Nueva Cultura del Agua*.
- Calabi, A. (1983) *Energía en la economía brasileira*. São Paulo: Pioneira/Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 1983.
- Castro, L. (2009) *Crecimiento Económico y Medioambiente*. *Economía y Medio Ambiente* N° 847.
- Campo, J. & Olivares, W. (2013). *Relación entre las Emisiones de Co2 El consumo de energía y el PIB: el caso de los civets*.
- Cantos, J. Balsalobré, D. (2011). *Las energías renovables en la Curva de Kuznets Ambiental: Una aplicación para España*. Universidad de Castilla la Mancha. España.
- Correa, M. E., Flynn, S., & Amit, A. (2004). *Responsabilidad social corporativa en América Latina: una visión empresarial* (Vol. 85). United Nations Publications.
- Correa, Francisco, Andrés Vasco y Catalina Pérez (2005). *La Curva Medioambiental de kuznets: Evidencia Empírica para Colombia*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Del Río, P. Universidad de Castilla de la Mancha. Recuperado el 23 de febrero de 2013, (diciembre de 2000).

Dickey, D. & Fuller, W. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 74(366a), pp. 427-431.

Escalante, R., H. Catalán, y L. Galindo, 2005, "Evolución del producto de sector agropecuario mexicano, 1960-2002: algunas regularidades empíricas", Cuadernos Desarrollo Rural, núm. 54, México.

Espinosa Armijos, J. M. (2013). Estimación de la curva de Kuznets medioambiental en el Ecuador durante el período 1961-2010. Universidad de Cuenca, Cuenca , Ecuador.

Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca de América Latina*. Centro de Economía Transnacional.

Franco, Y. G. (2005). *El comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea: efectos sobre el crecimiento económico y la calidad ambiental*. Univ. Complutense.

Galindo, L. M., & Sánchez, L. (2005). El consumo de energía y la economía mexicana: un análisis empírico con VAR. *México: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.

Galeotti, m., manera, m. Y lanza, A., 2009. On the Robustness of Robustness Checks of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Environmental and Resource Economics* 42 (4), pp. 30-49.

Gerald, A. (2007). Introducción a los modelos de crecimiento económico exógeno y endógeno. Recuperado el 13 de enero de 2013, de EUMED

Grossman, G. & Krueger, A. (1991). Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research, Cambridge, working paper 3914*.

Grossman, G. & Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110, 353–357.

Halicioglu, F. (2009) "An Econometric Study of CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", *Energy Policy*, Vol.37, No.3, pp.1156-1164.

Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review*. Vol. 45.

Kraft, J. y Kraft, A. (1978). "On the relationship between energy y GNP". *Journal of Energy y Development*, No. 3 (2), pp. 401 – 403.

Laszlo, E. (2010). *Tú puedes cambiar el mundo*. Ediciones Nowtilus SL

León, P., Marconi, S., Falconí, F. G., & Mochón, C. G. F. (1999). *La Contabilidad Nacional, teoría y método*. Abya Yala.

Londoño, L. G. P., & Pimiento, e. V. (1997). Desarrollo Económico Sostenible, Relaciones Económicas Internacionales y Recursos Minero-Energéticos en Colombia

Maddison, A. (2005). La economía de occidente y la del resto del mundo: una perspectiva.

Magazzino, C. (2011). "Energy Consumption y Aggregate Income in Italy: Cointegration y Causality Analysis". Munich Personal RePEc Archive (MPRA), No. 28494.

Meadows, D. L., (1972). Los límites del crecimiento. *México. CE.*

Narayan, P. K., Narayan, S.,( 2009). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy* 38, pp. 661–666

Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. Ginebra: International Labor Office. Technology and Employment Programme Working Paper.

Panayotou, T. (1997, 1993). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and development economics*, 2(04), 465-484.

PNUMA. (diciembre de 2010). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe, GEO ALC 3*. Recuperado el 18 de febrero de 2014, de <http://www.pnuma.org/http://www.pnuma.org/geo/geoalc3/Doc%20COMPLETO/GEO%20ALC%203%20WEB%20VERSION%20C.pdf>.

Piaggio, M., & Padilla, R. Emisiones de co2 y actividad económica: Heterogeneidad entre países y series no estacionarias (febrero de 2012).

Piaggio, M. (2008). Relación entre la contaminación atmosférica y la calidad del aire con el crecimiento económico y otros determinantes. Uruguay a lo largo del siglo XX. *Revista de Administración, Contabilidad y Economía*, 35-54.

Phillips, P. C. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*. Vol. 75(2), pp. 335-346.

Poudel B., Paudel K., Bhattarai, K., 2009. Searching for an Environmental Kuznets Curve in Carbon Dioxide Pollutant in Latin American Countries. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(1), pp. 13–27.

Pinto JR, H.Q. (2007) *Economia da Energia: Fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

Programa Para las Naciones Unidas, (2012). *Medio Ambiente para el Futuro que queremos*. Recuperado [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_es.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_es.pdf).

Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Las disposiciones de la Convención, R., & en la Convención, P. (1997).

Randall, A. (1985). Economía de los recursos naturales y política ambiental. *Editorial Limusa*.

Rodríguez Caballero, J. C. (2003). La economía laboral en el período clásico de la historia del pensamiento económico.

Romerio, F. (2006). La energía como fuente de crecimiento y desarrollo.

Robledo, J. C., & Guzmán, V. S. Relación consumo de energía eléctrica y PIB: Evidencia desde un Panel Cointegrado de 10 países de América Latina entre 1971-2007.

Saboori, B. & Soleymani, A. (2011). CO2 emissions, economic growth and energy consumption in Iran: A co-integration approach. *International Journal of Environmental Sciences*, 2(1), 44.

Sánchez-Juárez, I. L. (2014). Reflexiones sobre sociedad y desarrollo en México.

Saravia, A. (2002). La Curva Medio Ambiental de Kuznets Para América Latina y el Caribe. *Documentos de Reflexión Académica*, 23.

Saravia, A. (2005). Evidencias de la relación medio ambiente-economía en el caso latinoamericano. En A. Saravia, *La Economía Mundial y América Latina* (págs. 259-280). Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.

Stern, D., Common, M., & Barbier, E. (1996). Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development. *World Development*, 24, 1155-1156.

Squalli, J. (2007). "Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC countries". *Energy Economics*, vol. 29, pp. 1192 – 1205.

Suárez, G. D. L. Á. (2011). *Generación de energía eléctrica y las emisiones de CO2: una aplicación para Ecuador periodo 1971-2011* (Doctoral dissertation).

Winchester, L., & Szlachman, R. (2009). The Urban Poor's Vulnerability to Climate Change in Latin America and the Caribbean. *AND CLIMATE CHANGE*, 727.

Yu, E.S.H., Choi, J.Y., (1985). "The causal relationship between energy y GNP: an international comparision", *Journal of Energy y Development*, 10, pp. 249 – 272

ZILIO, M., 2008. Emisiones de dióxido de carbono en América Latina: un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y Sociedad*, Vol. XIV, Núm. 22, pp. 133-161.

ZILIO, M. y RECALDE, M., 2010. Energy-environmental Kuznets curve: empirical evidence for Latin American and Caribbean countries.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Variables del Modelo Econométrico

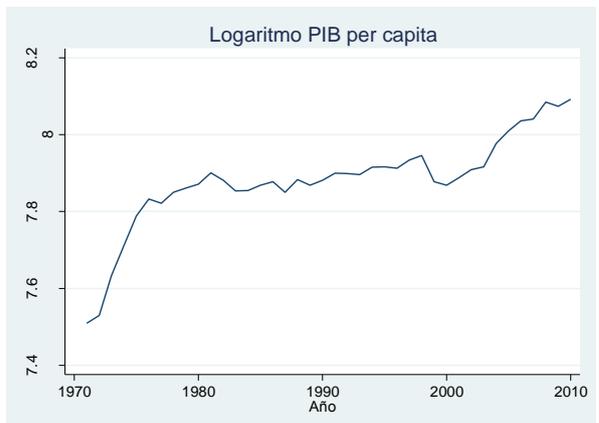
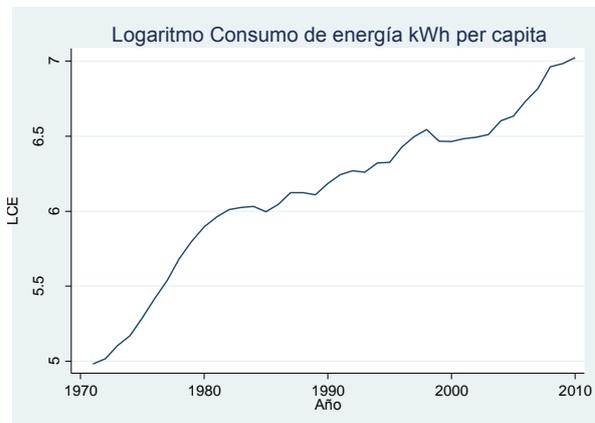
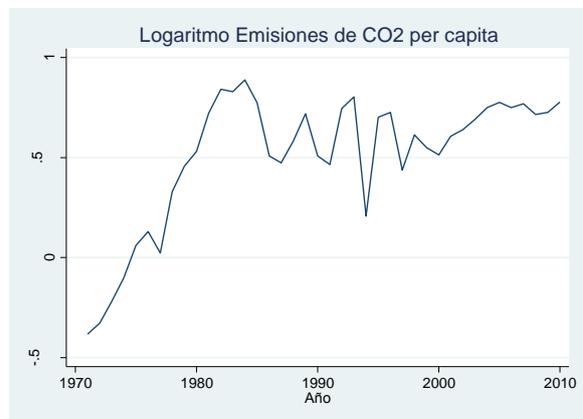
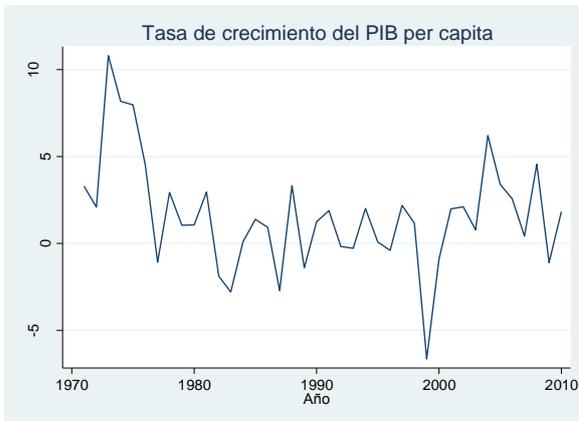
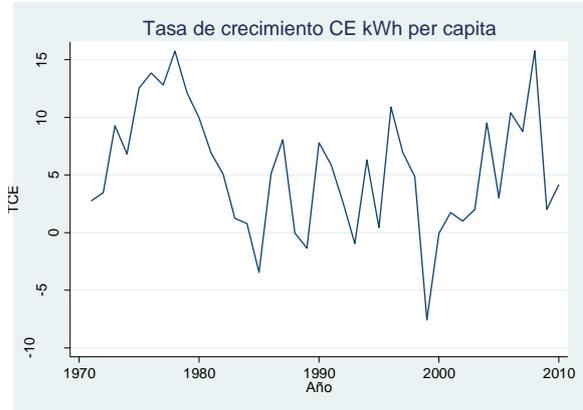
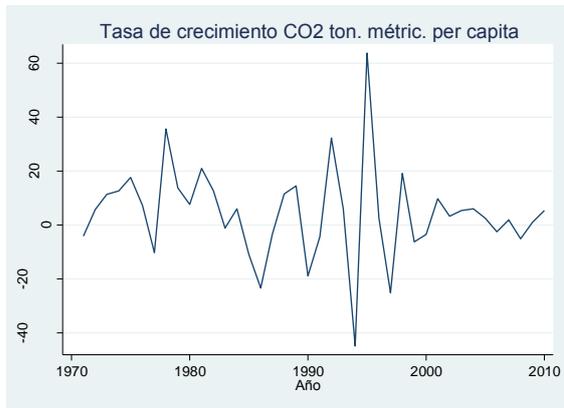
| Año  | Emisiones de CO2 (ton. Per-cápita) | Consumo de energía CE (Kwh per-cápita) | PIB per-cápita a precios constantes del 2005 | Tasa de crecimiento del PIB per-cápita (2005) | DUM | Tasa de crecimiento del CO2 (ton. Per-cápita) | Tasa de crecimiento del CE (Kwh per-cápita) |
|------|------------------------------------|--|--|---|-----|---|---|
| 1971 | 0,68                               | 145,67                                 | 1825,27                                      | 3,31  | 0   | -4,14   | 2,75  |
| 1972 | 0,72                               | 150,71                                 | 1863,48                                      | 2,09  | 0   | 5,74  | 3,46  |
| 1973 | 0,80                               | 164,70                                 | 2064,86                                      | 10,81   | 0   | 11,37   | 9,28  |
| 1974 | 0,90                               | 175,93                                 | 2233,57                                      | 8,17  | 0   | 12,59   | 6,81  |
| 1975 | 1,06                               | 198,02                                 | 2411,64                                      | 7,97  | 0   | 17,62   | 12,56                                       |
| 1976 | 1,14                               | 225,45                                 | 2520,77                                      | 4,52  | 0   | 7,21  | 13,85                                       |
| 1977 | 1,02                               | 254,36                                 | 2493,46                                      | -1,08   | 0   | -10,17  | 12,82                                       |
| 1978 | 1,39                               | 294,45                                 | 2566,84                                      | 2,94  | 0   | 35,65   | 15,76                                       |
| 1979 | 1,58                               | 330,31                                 | 2593,94                                      | 1,06  | 0   | 13,69   | 12,18                                       |
| 1980 | 1,70                               | 363,24                                 | 2621,59                                      | 1,07  | 0   | 7,67  | 9,97  |
| 1981 | 2,06                               | 388,38                                 | 2699,20                                      | 2,96  | 0   | 21,05   | 6,92  |
| 1982 | 2,32                               | 408,08                                 | 2648,50                                      | -1,88   | 0   | 12,69   | 5,07  |
| 1983 | 2,29                               | 413,19                                 | 2574,76                                      | -2,78   | 1   | -1,10   | 1,25  |
| 1984 | 2,43                               | 416,46                                 | 2577,69                                      | 0,11  | 0   | 6,04  | 0,79  |
| 1985 | 2,17                               | 402,14                                 | 2613,56                                      | 1,39  | 0   | -10,83  | -3,44                                       |
| 1986 | 1,66                               | 422,77                                 | 2637,91                                      | 0,93  | 0   | -23,31  | 5,13  |
| 1987 | 1,61                               | 456,94                                 | 2566,80                                      | -2,70   | 0   | -3,47   | 8,08  |
| 1988 | 1,79                               | 456,74                                 | 2652,13                                      | 3,32  | 0   | 11,50   | -0,04                                       |
| 1989 | 2,05                               | 450,60                                 | 2614,87                                      | -1,40   | 1   | 14,55   | -1,35                                       |
| 1990 | 1,66                               | 485,80                                 | 2647,70                                      | 1,26  | 0   | -18,88  | 7,81  |
| 1991 | 1,59                               | 514,45                                 | 2698,15                                      | 1,91  | 0   | -4,31   | 5,90  |
| 1992 | 2,10                               | 528,30                                 | 2693,44                                      | -0,17   | 0   | 32,24   | 2,69  |
| 1993 | 2,23                               | 523,33                                 | 2686,23                                      | -0,27   | 0   | 6,07  | -0,94                                       |
| 1994 | 1,23                               | 556,46                                 | 2740,15                                      | 2,01  | 0   | -44,83  | 6,33  |
| 1995 | 2,02                               | 558,95                                 | 2742,36                                      | 0,08  | 0   | 63,72   | 0,45  |
| 1996 | 2,07                               | 619,88                                 | 2731,59                                      | -0,39   | 1   | 2,54  | 10,90                                       |
| 1997 | 1,55                               | 663,18                                 | 2791,33                                      | 2,19  | 0   | -25,07  | 6,99  |
| 1998 | 1,85                               | 695,46                                 | 2824,30                                      | 1,18  | 1   | 19,17   | 4,87  |
| 1999 | 1,73                               | 642,79                                 | 2636,90                                      | -6,64   | 1   | -6,21   | -7,57                                       |
| 2000 | 1,67                               | 642,38                                 | 2613,35                                      | -0,89   | 0   | -3,48   | -0,06                                       |
| 2001 | 1,83                               | 653,63                                 | 2665,59                                      | 2,00  | 0   | 9,79  | 1,75  |
| 2002 | 1,89                               | 660,17                                 | 2721,73                                      | 2,11  | 0   | 3,29  | 1,00  |
| 2003 | 2,00                               | 673,50                                 | 2743,26                                      | 0,79  | 0   | 5,41  | 2,02  |
| 2004 | 2,12                               | 737,60                                 | 2913,81                                      | 6,22  | 1   | 6,06  | 9,52  |
| 2005 | 2,17                               | 759,88                                 | 3012,75                                      | 3,40  | 0   | 2,48  | 3,02  |
| 2006 | 2,12                               | 838,95                                 | 3090,16                                      | 2,57  | 0   | -2,48   | 10,41                                       |
| 2007 | 2,16                               | 912,65                                 | 3103,64                                      | 0,44  | 0   | 1,83  | 8,78  |
| 2008 | 2,04                               | 1056,68                                | 3245,44                                      | 4,57  | 0   | -5,16   | 15,78                                       |

|      |      |         |         |       |   |      |      |
|------|------|---------|---------|-------|---|------|------|
| 2009 | 2,07 | 1078,04 | 3209,85 | -1,10 | 0 | 1,01 | 2,02 |
| 2010 | 2,18 | 1122,99 | 3268,81 | 1,84  | 0 | 5,35 | 4,17 |

**Fuente:** Indicadores del Banco Mundial.

**Elaboración:** Propia.

## Anexo 2. Gráficas de las series en tasas de crecimiento y logaritmos



**Anexo 3.** Matrices de correlación de las variables en niveles, tasas de crecimiento y logaritmos

|             | <b>CO2</b> | <b>CE</b> | <b>PIB</b> | <b>PIB2</b> | <b>DUM</b> |
|-------------|------------|-----------|------------|-------------|------------|
| <b>CO2</b>  | 1.0000     |           |            |             |            |
| <b>CE</b>   | 0.6378     | 1.0000    |            |             |            |
| <b>PIB</b>  | 0.7346     | 0.9013    | 1.0000     |             |            |
| <b>PIB2</b> | 0.7077     | 0.9256    | 0.9946     | 1.0000      |            |
| <b>DUM</b>  | 0.2478     | 0.1138    | 0.0720     | 0.0540      | 1.0000     |

|              | <b>TCO2</b> | <b>TCE</b> | <b>TPIB</b> | <b>TPIB2</b> | <b>DUM</b> |
|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|------------|
| <b>TCO2</b>  | 1.0000      |            |             |              |            |
| <b>TCE</b>   | 0.0037      | 1.0000     |             |              |            |
| <b>TPIB</b>  | 0.1090      | 0.4807     | 1.0000      |              |            |
| <b>TPIB2</b> | 0.0969      | 0.1881     | 0.6485      | 1.0000       |            |
| <b>DUM</b>   | 0.0366      | -0.1994    | -0.3013     | 0.0621       | 1.0000     |

|              | <b>LCO2</b> | <b>LCE</b> | <b>LPIB</b> | <b>LPIB2</b> | <b>DUM</b> |
|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|------------|
| <b>LCO2</b>  | 1.0000      |            |             |              |            |
| <b>LCE</b>   | 0.8004      | 1.0000     |             |              |            |
| <b>LPIB</b>  | 0.8082      | 0.9161     | 1.0000      |              |            |
| <b>LPIB2</b> | 0.8082      | 0.9161     | 1.0000      | 1.0000       |            |
| <b>DUM</b>   | 0.2423      | 0.1772     | 0.0882      | 0.0882       | 1.0000     |

#### Anexo 4. Modelo Var y Pruebas Lag Estructure de variables en niveles

Vector Autoregression Estimates

Date: 08/26/15 Time: 19:22

Sample (adjusted): 1973 2010

Included observations: 38 after adjustments

Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

|          | CO2                                  | CE                                   | PIB                                  | PIB2                                 |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| CO2(-1)  | 0.393997<br>(0.19432)<br>[ 2.02756]  | 0.114008<br>(21.4487)<br>[ 0.00532]  | 14.84918<br>(47.0308)<br>[ 0.31573]  | 83235.12<br>(263531.)<br>[ 0.31585]  |
| CO2(-2)  | 0.036732<br>(0.17986)<br>[ 0.20422]  | -5.539465<br>(19.8528)<br>[-0.27903] | -3.064143<br>(43.5314)<br>[-0.07039] | -13543.00<br>(243923.)<br>[-0.05552] |
| CE(-1)   | -4.41E-05<br>(0.00276)<br>[-0.01596] | 0.947405<br>(0.30518)<br>[ 3.10445]  | 0.499447<br>(0.66916)<br>[ 0.74637]  | 2506.343<br>(3749.58)<br>[ 0.66843]  |
| CE(-2)   | -1.09E-05<br>(0.00255)<br>[-0.00426] | -0.034378<br>(0.28125)<br>[-0.12224] | -0.281340<br>(0.61669)<br>[-0.45621] | -1404.749<br>(3455.55)<br>[-0.40652] |
| PIB(-1)  | -0.002596<br>(0.00718)<br>[-0.36138] | 0.213896<br>(0.79305)<br>[ 0.26971]  | 2.104992<br>(1.73894)<br>[ 1.21050]  | 8191.653<br>(9743.95)<br>[ 0.84069]  |
| PIB(-2)  | 0.004322<br>(0.00625)<br>[ 0.69195]  | -0.523499<br>(0.68951)<br>[-0.75924] | -1.685715<br>(1.51189)<br>[-1.11497] | -10006.57<br>(8471.69)<br>[-1.18118] |
| PIB2(-1) | 5.60E-07<br>(1.4E-06)<br>[ 0.40063]  | -2.32E-05<br>(0.00015)<br>[-0.15015] | -0.000230<br>(0.00034)<br>[-0.67858] | -0.622396<br>(1.89524)<br>[-0.32840] |
| PIB2(-2) | -8.00E-07<br>(1.2E-06)<br>[-0.65408] | 0.000108<br>(0.00013)<br>[ 0.80149]  | 0.000294<br>(0.00030)<br>[ 0.99237]  | 1.773087<br>(1.65838)<br>[ 1.06917]  |
| C        | -1.821825<br>(3.13781)<br>[-0.58060] | 295.9781<br>(346.344)<br>[ 0.85458]  | 984.9110<br>(759.434)<br>[ 1.29690]  | 3226011.<br>(4255393)<br>[ 0.75810]  |
| DUM      | 0.126394<br>(0.13316)<br>[ 0.94921]  | -7.627488<br>(14.6975)<br>[-0.51897] | -51.34798<br>(32.2274)<br>[-1.59330] | -283870.4<br>(180582.)<br>[-1.57197] |

|                |          |           |           |           |
|----------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| R-squared      | 0.664998 | 0.987671  | 0.943594  | 0.941732  |
| Adj. R-squared | 0.557319 | 0.983708  | 0.925463  | 0.923003  |
| Sum sq. resids | 2.185723 | 26629.17  | 128033.0  | 4.02E+12  |
| S.E. equation  | 0.279395 | 30.83896  | 67.62105  | 378906.2  |
| F-statistic    | 6.175732 | 249.2291  | 52.04416  | 50.28215  |
| Log likelihood | 0.337485 | -178.4110 | -208.2463 | -536.2291 |
| Akaike AIC     | 0.508553 | 9.916369  | 11.48665  | 28.74890  |
| Schwarz SC     | 0.939497 | 10.34731  | 11.91759  | 29.17984  |
| Mean dependent | 1.796053 | 545.9692  | 2707.174  | 7388526.  |
| S.D. dependent | 0.419926 | 241.6092  | 247.6828  | 1365511.  |

---

|   |           |
|---|-----------|
| Determinant resid covariance (dof adj.) | 5.63E+13  |
| Determinant resid covariance            | 1.66E+13  |
| Log likelihood                          | -794.0366 |
| Akaike information criterion            | 43.89667  |
| Schwarz criterion                       | 45.62044  |

---

#### Roots of Characteristic Polynomial

Endogenous variables: CO2 CE PIB PIB2

Exogenous variables: C DUM

Lag specification: 1 2

Date: 08/26/15 Time: 19:23

---

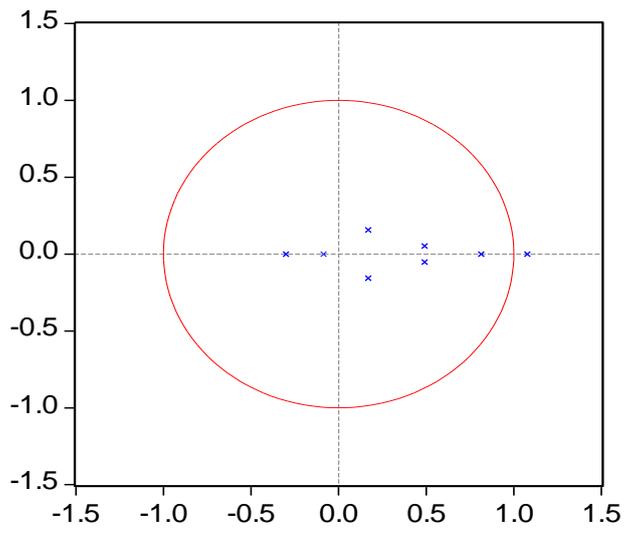
| Root                 | Modulus  |
|----------------------|----------|
| 1.077028             | 1.077028 |
| 0.813900             | 0.813900 |
| 0.490791 - 0.052980i | 0.493643 |
| 0.490791 + 0.052980i | 0.493643 |
| -0.300082            | 0.300082 |
| 0.168837 - 0.156547i | 0.230246 |
| 0.168837 + 0.156547i | 0.230246 |
| -0.086105            | 0.086105 |

---

Warning: At least one root outside the unit circle.

VAR does not satisfy the stability condition.

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



**Anexo 5.** Modelo Var y Pruebas Lag Estructure de variables en logaritmos.

Vector Autoregression Estimates

Date: 08/26/15 Time: 19:26

Sample (adjusted): 1973 2010

Included observations: 38 after adjustments

Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

|                | LCO2                                 | LCE                                  | LPIB                                 |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| LCO2(-1)       | 0.400656<br>(0.19136)<br>[ 2.09377]  | -0.035091<br>(0.05397)<br>[-0.65014] | -0.005053<br>(0.03028)<br>[-0.16687] |
| LCO2(-2)       | 0.126845<br>(0.17038)<br>[ 0.74447]  | -0.058971<br>(0.04806)<br>[-1.22709] | -0.018359<br>(0.02696)<br>[-0.68083] |
| LCE(-1)        | 0.395407<br>(0.85560)<br>[ 0.46214]  | 0.935686<br>(0.24133)<br>[ 3.87725]  | 0.109366<br>(0.13541)<br>[ 0.80768]  |
| LCE(-2)        | -0.372809<br>(0.76868)<br>[-0.48500] | -0.024765<br>(0.21681)<br>[-0.11422] | -0.053576<br>(0.12165)<br>[-0.44040] |
| LPIB(-1)       | 0.003438<br>(1.26145)<br>[ 0.00273]  | 0.374660<br>(0.35580)<br>[ 1.05301]  | 0.929593<br>(0.19964)<br>[ 4.65638]  |
| LPIB(-2)       | 0.602303<br>(1.06694)<br>[ 0.56452]  | 0.143016<br>(0.30094)<br>[ 0.47523]  | -0.245669<br>(0.16886)<br>[-1.45490] |
| C              | -4.659452<br>(5.81896)<br>[-0.80074] | -3.429816<br>(1.64128)<br>[-2.08972] | 2.173002<br>(0.92092)<br>[ 2.35960]  |
| DUM            | 0.088494<br>(0.07480)<br>[ 1.18301]  | -0.020464<br>(0.02110)<br>[-0.96988] | -0.023391<br>(0.01184)<br>[-1.97588] |
| R-squared      | 0.728924                             | 0.992888                             | 0.938496                             |
| Adj. R-squared | 0.665673                             | 0.991229                             | 0.924145                             |
| Sum sq. resids | 0.758672                             | 0.060357                             | 0.019002                             |
| S.E. equation  | 0.159025                             | 0.044854                             | 0.025168                             |
| F-statistic    | 11.52428                             | 598.3347                             | 65.39582                             |
| Log likelihood | 20.44200                             | 68.53647                             | 90.49519                             |
| Akaike AIC     | -0.654842                            | -3.186130                            | -4.341852                            |
| Schwarz SC     | -0.310087                            | -2.841375                            | -3.997097                            |

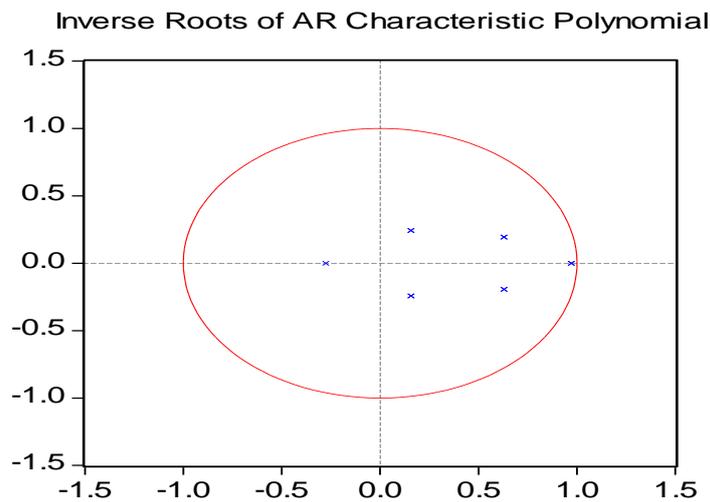
|                |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|
| Mean dependent | 0.552752 | 6.199536 | 7.899602 |
| S.D. dependent | 0.275030 | 0.478933 | 0.091380 |

|   |           |
|---|-----------|
| Determinant resid covariance (dof adj.) | 1.52E-08  |
| Determinant resid covariance            | 7.48E-09  |
| Log likelihood                          | 193.7417  |
| Akaike information criterion            | -8.933775 |
| Schwarz criterion                       | -7.899510 |

Roots of Characteristic Polynomial  
 Endogenous variables: LCO2 LCE LPIB  
 Exogenous variables: C DUM  
 Lag specification: 1 2  
 Date: 08/26/15 Time: 19:28

| Root                 | Modulus  |
|----------------------|----------|
| 0.970665             | 0.970665 |
| 0.629542 - 0.193771i | 0.658689 |
| 0.629542 + 0.193771i | 0.658689 |
| 0.156539 - 0.243163i | 0.289193 |
| 0.156539 + 0.243163i | 0.289193 |
| -0.276893            | 0.276893 |

No root lies outside the unit circle.  
 VAR satisfies the stability condition.



## Anexo 6. Resultados Test de Cointegración de Johansen para logaritmos

Date: 09/06/15 Time: 22:34

Sample (adjusted): 1974 2010

Included observations: 37 after adjustments

Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)

Series: LCO2 LPIB LCE

Exogenous series: DUM

Warning: Critical values assume no exogenous series

Lags interval (in first differences): 1 to 2

### Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

| Hypothesized<br>No. of CE(s) | Eigenvalue | Trace<br>Statistic | 0.05<br>Critical Value | Prob.** |
|------------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| None *                       | 0.536010   | 46.01989           | 35.19275               | 0.0024  |
| At most 1                    | 0.233914   | 17.60786           | 20.26184               | 0.1114  |
| At most 2                    | 0.188951   | 7.748791           | 9.164546               | 0.0922  |

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

### Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

| Hypothesized<br>No. of CE(s) | Eigenvalue | Max-Eigen<br>Statistic | 0.05<br>Critical Value | Prob.** |
|------------------------------|------------|------------------------|------------------------|---------|
| None *                       | 0.536010   | 28.41203               | 22.29962               | 0.0062  |
| At most 1                    | 0.233914   | 9.859073               | 15.89210               | 0.3474  |
| At most 2                    | 0.188951   | 7.748791               | 9.164546               | 0.0922  |

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

### Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b\*S11\*b=I):

| LCO2      | LPIB      | LCE       | C         |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 4.215579  | -54.93043 | 8.882709  | 374.2777  |
| -6.158722 | 9.344364  | -0.881117 | -63.49544 |
| -2.182836 | 7.348094  | -1.274778 | -50.04193 |

### Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

|         |           |          |           |
|---------|-----------|----------|-----------|
| D(LCO2) | 0.025370  | 0.043533 | 0.044616  |
| D(LPIB) | 0.009478  | 0.007859 | -0.006160 |
| D(LCE)  | -0.013982 | 0.013348 | -0.011744 |

1 Cointegrating Equation(s):      Log likelihood      189.9139

---

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

| LCO2     | LPIB      | LCE       | C         |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.000000 | -13.03034 | 2.107115  | 88.78443  |
|          | (1.73347) | (0.34447) | (11.6197) |

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

|         |           |
|---------|-----------|
| D(LCO2) | 0.106948  |
|         | (0.10845) |
| D(LPIB) | 0.039957  |
|         | (0.01824) |
| D(LCE)  | -0.058942 |
|         | (0.03190) |

---

2 Cointegrating Equation(s):      Log likelihood      194.8434

---

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

| LCO2     | LPIB     | LCE       | C         |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 1.000000 | 0.000000 | -0.115765 | -0.031969 |
|          |          | (0.15777) | (1.00028) |
| 0.000000 | 1.000000 | -0.170593 | -6.816122 |
|          |          | (0.01508) | (0.09564) |

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

|         |           |           |
|---------|-----------|-----------|
| D(LCO2) | -0.161158 | -0.986785 |
|         | (0.18228) | (1.36086) |
| D(LPIB) | -0.008442 | -0.447221 |
|         | (0.03039) | (0.22689) |
| D(LCE)  | -0.141152 | 0.892770  |
|         | (0.05337) | (0.39842) |

---

## Anexo 7. Resultados Test de Cointegración de Johansen para variables en niveles

Date: 09/09/15 Time: 11:01  
 Sample (adjusted): 1974 2010  
 Included observations: 37 after adjustments  
 Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)  
 Series: CO2 CE PIB  
 Exogenous series: DUM  
 Warning: Critical values assume no exogenous series  
 Lags interval (in first differences): 1 to 2

### Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

| Hypothesized<br>No. of CE(s) | Eigenvalue | Trace<br>Statistic | 0.05<br>Critical Value | Prob.** |
|------------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| None *                       | 0.534740   | 45.01117           | 35.19275               | 0.0032  |
| At most 1                    | 0.245726   | 16.70027           | 20.26184               | 0.1441  |
| At most 2                    | 0.155794   | 6.266288           | 9.164546               | 0.1711  |

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

### Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

| Hypothesized<br>No. of CE(s) | Eigenvalue | Max-Eigen<br>Statistic | 0.05<br>Critical Value | Prob.** |
|------------------------------|------------|------------------------|------------------------|---------|
| None *                       | 0.534740   | 28.31090               | 22.29962               | 0.0064  |
| At most 1                    | 0.245726   | 10.43398               | 15.89210               | 0.2965  |
| At most 2                    | 0.155794   | 6.266288               | 9.164546               | 0.1711  |

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

### Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b\*S11\*b=l):

| CO2       | CE        | PIB       | C         |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.541917  | 0.010312  | -0.015916 | 33.72425  |
| -3.531496 | -0.004028 | 0.004999  | -4.944794 |
| -1.661051 | 0.001375  | 0.003125  | -4.329828 |

### Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

|        |           |           |          |
|--------|-----------|-----------|----------|
| D(CO2) | -0.005868 | 0.127012  | 0.015375 |
| D(CE)  | -4.612290 | -4.459376 | 10.67153 |
| D(PIB) | 31.05668  | -0.788650 | 21.19881 |

---

---

1 Cointegrating Equation(s):      Log likelihood      -365.0133

---

---

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

| CO2      | CE        | PIB       | C         |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.000000 | 0.006688  | -0.010322 | 21.87164  |
|          | (0.00138) | (0.00151) | (3.35944) |

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

|        |           |
|--------|-----------|
| D(CO2) | -0.009048 |
|        | (0.07422) |
| D(CE)  | -7.111768 |
|        | (8.25104) |
| D(PIB) | 47.88683  |
|        | (17.4782) |

---

---

2 Cointegrating Equation(s):      Log likelihood      -359.7963

---

---

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

| CO2      | CE       | PIB       | C         |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 1.000000 | 0.000000 | 0.000416  | -2.808986 |
|          |          | (0.00077) | (1.98347) |
| 0.000000 | 1.000000 | -1.605565 | 3690.323  |
|          |          | (0.17824) | (457.894) |

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

|        |           |           |
|--------|-----------|-----------|
| D(CO2) | -0.457592 | -0.000572 |
|        | (0.16170) | (0.00046) |
| D(CE)  | 8.636502  | -0.029601 |
|        | (20.3719) | (0.05853) |
| D(PIB) | 50.67195  | 0.323441  |
|        | (43.6765) | (0.12548) |

---

---