



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Escuela de Economía

**Relación entre el aumento de las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂)
y el crecimiento del PIB per cápita en EEUU y Brasil (1960-2014) basado
en la Curva de Kuznets Ambiental**

Tutor:

Rojas-Matute, Gustavo

Autores:

Briceño Scremin, Hugo

Díaz Clavo, Gabriela

Caracas, octubre 2019

DEDICATORIA

A mi familia, a mis hermanos, a Gabriela, a todos los que creyeron y dudaron de mi, esto es para ustedes.

Hugo Briceño Scremin.

A mi familia, por ser mi pilar y enseñarme que aún en los entornos mas complejos siempre hay espacios para ser optimistas; a Hugo, por apoyarme y no desistir.

Gabriela Díaz Clavo.

AGRADECIMIENTOS

A mis viejos, mis padrinos y abuelitos; a mi tutor, a los profesores Óscar y Noris y a todos los que generaron valor en la evolución de este largo camino.

Hugo Briceño Scremin.

A la Universidad y docentes, por permitirme crecer y formarme en esta casa de estudio. A mi tutor, por brindarme su apoyo. A los profesores Óscar y Noris, a mi familia y seres queridos, a ustedes, gracias.

Gabriela Díaz Clavo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS	6
GRÁFICOS	6
TABLAS	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I	11
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Hipótesis	14
1.3. Objetivos de la investigación.....	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. Justificación de la investigación.....	15
1.5. Limitación.....	16
1.6. Delimitación	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Evidencias empíricas sobre la existencia de la Curva de Kuznets Ambiental	18
2.2. Modelo de la Curva de Kuznets Ambiental.....	21
2.3. Aspectos ambientales	28
CAPÍTULO III	32
MARCO METODOLÓGICO	32
3.1. Tipo de investigación	32
3.2. Diseño de la investigación.....	33
3.3. Técnicas y recolección de datos	33
3.4. Procedimiento	34

3.4.1. Modelo de regresión suavización localmente ponderada	35
3.4.2. Datos panel	38
3.4.3. Cointegración de series de tiempo.....	40
3.4.4. Modelo de regresiones aparentemente no relacionadas	41
CAPITULO IV.....	46
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	46
4.1. Evolución del PIB per cápita para Brasil y EEUU	46
4.2. Evolución de las emisiones de CO2 para Brasil y EEUU	49
4.3. Relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO2.....	52
4.4. Método no paramétrico. Regresión localmente ponderada.	53
4.5. Método paramétrico. Datos de panel por promedio de grupos agrupados (PMG).....	56
4.6. Método Paramétrico. Cointegración de series de tiempo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)	61
4.7. Método paramétrico. Modelo de regresiones aparentemente no relacionadas mediante Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG).....	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	71
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	84
A. Salidas econométricas de regresión con Data Panel.....	84
B. Salidas econométricas pruebas de cointegración de series de tiempo.....	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

Gráficos

Gráfico 1: CKA forma de U invertida	23
Gráfico 2: Formas funcionales que toma la CKA	27
Gráfico 3: PIB Real Per Cápita América (Expresado en miles de USD)	47
Gráfico 4: Comparación del PIB per cápita por País	48
Gráfico 5: Comparación de proporción de PIB per cápita por país	48
Gráfico 6: Comparación de las Emisiones de CO2 por País	50
Gráfico 7: Proporción de emisiones de CO2 por país	51
Gráfico 8: Relación entre Crecimiento Económico y Emisiones de CO2 (Expresado en toneladas métricas/USD).....	53
Gráfico 9: Curva de Kuznets Ambiental para Brasil.....	54
Gráfico 10: Curva de Kuznets Ambiental para EEUU.....	55
Gráfico 11: Curva de Kuznets Ambiental por región para Brasil y EEUU.....	57
Gráfico 12: Curva de Kuznets Región para China-India-Sudáfrica y Canadá-Dinamarca-Suecia	75

Tablas

Tabla 1: Resumen de las pruebas de raíz unitaria para datos panel.....	59
Tabla 2: Regresión paramétrica data panel BRASIL-EEUU	60
Tabla 3: Resumen prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada.....	62
Tabla 4: Resumen prueba de Phillips-Perron.....	62
Tabla 5: Resumen prueba Dickey-Fuller Aumentada Residual	63
Tabla 6: Resumen prueba Phillips-Perron Residual.....	63
Tabla 7: Comparación entre Brasil-EEUU y OECD-BRICS.....	74

RESUMEN

El foco de esta investigación consiste en demostrar mediante evidencia empírica, la existencia de una Curva de Kuznets Ambiental donde el crecimiento y las emisiones de CO2 están estrechamente relacionadas, para las economías de Brasil y Estados Unidos en el período 1960-2014. Este estudio realizado a través de datos de panel permite establecer que los incrementos en el PIB per cápita incrementan las emisiones de CO2 hasta llegar a un máximo, donde a partir de este las emisiones disminuyen.

Palabras clave: Emisiones de CO2, Crecimiento Económico, Curva de Kuznets Ambiental.

ABSTRACT

The focus of this research is to demonstrate through empirical evidence, the existence of an Environmental Kuznets Curve where GDP and CO2 emissions are closely related, for the economies of Brazil and United States in the period 1960-2014. This study estimated through data panel allow us to establish that increases in GDP per capita increase the CO2 emissions as well until a maximum level, where the emissions begin to decrease.

Keywords: Pollutant emissions, Economic growth, Environmental Kuznets Curve.

INTRODUCCIÓN

Posterior a la Segunda Guerra Mundial y hasta después de los años 70, las economías capitalistas experimentaban un conjunto de transformaciones económicas en cuanto a expansión y estructura productiva. El crecimiento de la industria automotriz, de consumo de bienes duraderos y el aumento en el sector de combustibles fósiles, fueron los protagonistas en los países europeos, en Japón y en EEUU. Para el caso de Brasil el patrón de expansión y consumo vino acompañado del impulso del auge capitalista a través de la unión entre el Estado, empresas transnacionales y capitales privados nacionales, dándole fuerza a la industrialización¹ que a su vez estaba causando impacto en el medioambiente (Revista nro. 47 de la CEPAL, 1992).

Desde finales del Siglo XX y durante la evolución del Siglo XXI según lo exponen Larraín y Sachs (2002), los temas de manejo macroeconómico de corto plazo y crecimiento económico a largo plazo han cobrado mayor importancia desde que suponen una nueva formación de tópicos que implican nuevos enfoques. El primero de ellos sería la relación que ha surgido entre el crecimiento económico y el medioambiente; por otra parte, el segundo enfoque tiene que ver con el desarrollo humano: la relación entre la ciencia y el desarrollo económico.

En la década de los años noventa, el enfoque de la correlación entre el crecimiento y los indicadores ambientales se intensificó por la manera en que se comportan los mercados globalizados. Estos, demandan una cantidad de productos -que en su mayoría-proviene de la extracción de materias primas, causando un alto impacto ambiental relacionado con el consumo energético asociado a este proceso de extracción, la degradación y erosión de las

¹ “(...) expansión de los sectores productivos de la rama química-petroquímica, metal-mecánica, industria de material de transporte, industria maderera, maderera, el papel y la celulosa y los minerales no metálicos” (p.53) Revista nro. 47 de la CEPAL, 1992.

tierras, las emisiones de gases contaminantes, las emisiones de gases de efecto invernadero y los contaminantes hídricos o del suelo.

En un estudio realizado por Robledo y Olivares (2013), esclarecen que las emisiones de CO₂ son consideradas las principales responsables del calentamiento global, por lo que los autores miden a través de las emisiones del gas contaminante, el deterioro del ambiente.

Mediante la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental, los autores procuran demostrar que el incremento de los niveles de PIB per cápita, es capaz de elevar los niveles de deterioro medioambiental (medido a través de las emisiones de CO₂) hasta un máximo, a partir del cuál el deterioro debería empezar a reducirse.

El propósito del estudio pretende entender cómo las acciones cotidianas tienen un impacto en la naturaleza, por lo que se ha propuesto desarrollar en el primer capítulo las generalidades de la tesis, en las cuáles se incluyen el problema que se pretende resolver, los objetivos a desarrollar, cuáles métodos serán utilizados para el cumplimiento o no de los mismos y las características de la información que se necesita abordar y obtener.

No obstante, el desarrollo del segundo capítulo tiene sentido en la recopilación de una serie de referencias bibliográficas, que aportan evidencia empírica de estudios previos que le dan sustento a la hipótesis antes mencionada. Siguiendo con lo anterior, se señalan los aspectos teóricos generales que inciden directamente en la investigación.

El objetivo subyacente del estudio se centra en comprobar la relación entre las variables PIB per cápita y emisiones de CO₂, que tendrá lugar y desarrollo en el tercer capítulo a través de las metodologías econométricas de regresiones localmente ponderadas, data panel, cointegración de series de tiempo y ecuaciones simultáneas, previamente definidas en el capítulo segundo.

Una vez realizadas las metodologías econométricas y a medida que avance el cuarto capítulo, se procede a presentar los resultados obtenidos y el cumplimiento o no, de los objetivos establecidos previamente. Así pues, se presenta una visión completa y empírica de las estimaciones, que permiten el desarrollo y la exposición de las conclusiones encontradas.

Del mismo modo, se presentan las recomendaciones propuestas. Para darle finalidad al ensayo, los autores deciden considerar una sección llamada información complementaria, donde es posible apreciar los desafíos que implican mayores esfuerzos a realizar a partir de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo las economías del mundo han buscado acumular una cierta cantidad de factores² con el objetivo de alcanzar una expansión económica, bien sea de manera “extensiva” o de manera “intensiva”. La primera de ellas, recurre a la utilización de recursos como el capital físico, capital humano o recursos naturales, mientras que la segunda utiliza la misma cantidad de recursos con una mayor eficiencia o de forma más productiva. Esto es lo que se conoce como crecimiento económico (Castillo, 2011).

Si bien es cierto que el crecimiento económico está determinado por una serie de variables macroeconómicas³ que toman valores y se ajustan a una tendencia ascendente, también es un hecho que en la historia no siempre el PIB per cápita se vio acompañado de mejoras en términos de bienestar de la población o mejora en la calidad de vida.

Como lo establece Larraín y Sachs (2002), posterior a la Gran Depresión, el economista John Maynard Keynes y otros desarrollaron el concepto de manejo de demanda agregada buscando responder al colapso económico de esa década. La convicción de que una nación para crecer debía industrializarse estuvo presente desde los inicios de la Revolución Industrial y se mantuvo posterior a la Segunda Guerra Mundial, donde el concepto de desarrollo tomó protagonismo a partir de los efectos del desajuste económico causado por la misma y al proceso de descolonización en el tercer mundo en donde nuevos estados soberanos procuraban un rápido crecimiento económico. En los años cincuenta y sesenta la atención estaba centrada en el manejo de demanda en las economías que operaban

² Tierra, Trabajo y Capital

³ Véase “Macroeconomía en la economía global” Pearson Nro. 5, Larraín y Sachs, 2002.

cerca del pleno empleo. Durante los años setenta el protagonismo lo encabezó la perenne inflación aunado al alza del precio mundial del petróleo (shock en la oferta). En la década de los años ochenta y noventa los países se encargaron de llevar a cabo las reformas económicas a medida que se iba acelerando el auge de la economía global.

Las prioridades de la macroeconomía han ido evolucionando a lo largo del tiempo en la medida que se van exhibiendo obstáculos para las autoridades; interpretando a Larraín y Sachs (2002), el aumento de la población junto al crecimiento económico ha llevado al límite los recursos naturales. Los organismos que conforman la sociedad incluyendo naciones, instituciones, persiguen la búsqueda exhaustiva del crecimiento a través de actividades económicas como la explotación de recursos naturales, deforestación, industrialización sin tomar en cuenta el bienestar o la calidad de vida de la población que implica paradójicamente la destrucción o el deterioro del medio ambiente.

La economía de Brasil, según la Revista nro. 47 de la CEPAL (1992), en la década de los años sesenta, sufrió grandes reformas fiscales y financieras que permitieron que la nación superara la grave crisis fiscal acompañada de una reducción de inflación. Durante la década de los setenta donde las importaciones se sustituyen por una expansión de exportaciones industriales, es cuando la industria da un giro fenomenal en los sectores metalúrgico y químico. El proceso de expansión⁴ condujo al país a un status de crecimiento de eje metropolitano que conectó las ciudades de São Paulo y Rio de Janeiro en una gran zona industrial, lo que trajo como consecuencia la migración de población a estas ciudades, elevando la mano de obra disponible y trayendo consigo un incremento del desempleo y el subempleo para ciertas obras. Es así como en el entorno agrario/económico-social prevalecieron altos niveles de pobreza, mientras que por otro lado existieron grandes crecimientos en expansión de tierras y tesoro público, por consiguiente la industrialización cosechó elevados niveles de desigualdad socioeconómica (Guimarães, 1992).

⁴ Guimarães, 1992, explica que “(...) en el período de mayor crecimiento, entre 1960 y 1980, el sector del 10% más rico de la fuerza de trabajo consiguió elevar su participación en el ingreso de 40 a 50%, mientras que el 50% más pobre vio bajar su participación de un modesto 17% a apenas el 12% en 1980.” (p. 52)

Por otra parte, EEUU experimentó elevados niveles de crecimiento producto de la industrialización para los años sesenta y setenta, exponen Bernanke y Frank (2007) “(...) entre 1947 y 1973 la productividad de trabajo creció un 2,8% al año. Sin embargo, entre 1973 y 1995, su crecimiento se redujo a la mitad: 1,4% al año”⁵ (p. 103). A pesar de los esfuerzos por mantener en ascenso el nivel de crecimiento, existieron razones que imposibilitaron el cumplimiento del objetivo. Dicho lo anterior, la forma en que están relacionados los seres humanos y la forma en como está organizada la sociedad, provienen de distorsiones o desigualdades estructurales de la economía. Según los investigadores, existe una reiterada creencia que el PIB real implica bienestar económico, esto sobrepasó a las diversidades naturales y culturales por lo que la maximización del crecimiento no siempre es el objetivo que deben perseguir los hacedores de política económica.

Tal como lo expone Suarez (2011) existe evidencia empírica⁶ que indica que a determinado nivel de crecimiento o nivel de renta per cápita una nación puede experimentar efectos positivos en el medioambiente, comprobada por los diversos autores a través de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) que a su vez sondea, según Panayotou (s.f), que la relación existente entre la renta per cápita y la degradación ambiental puede representarse a través de una U invertida, afirmando así, que en presencia de deterioro ambiental el incremento del PIB real aumenta la contaminación hasta determinado nivel de ingreso per cápita, a partir del cual comienza a reducirse la contaminación. Por lo que un país con mucho crecimiento y un uso racional de recursos, debería ubicarse en la parte descendente de la curva. Mientras un país esté creciendo económicamente, va a tender a generar mayor consumo de combustibles fósiles⁷ a medida que se vaya intensificando la expansión económica (Larraín y Sachs, 2002).

⁵ Los datos pueden encontrarse en: <https://www.bls.gov/cgi-bin/dsrv> y hacen referencia al crecimiento de la productividad en el sector empresarial no agrícola.

⁶ Véase: Grossman-Krueger, 1991; Shafik, 1994; Selden-Song, 1994; Grossman-Krueger, 1995; Panayotou, 1997. Referencias Bibliográficas.

⁷ Petróleo, gas y carbón.

Tomando en cuenta lo anterior y partiendo de que el crecimiento no es un factor determinante para el desarrollo sino que es un medio para lograrlo como lo exponen Bernanke y Frank (2007), el desafío reside en balancear la protección de la naturaleza con los objetivos del desarrollo económico. Dicho esto, resulta coherente plantearse la siguiente interrogante ¿Cómo influye el crecimiento del PIB per cápita en el deterioro del medio ambiente, medido a través de las emisiones de CO₂ y sustentado en el modelo de la CKA en el período 1960-2014 para las economías de Brasil y EEUU?

1.2. Hipótesis

El eje de la investigación consiste en comprobar que el crecimiento económico medido a través del PIB per cápita, influye en la degradación ambiental medido a través de las emisiones de CO₂ y sustentado en el modelo de la CKA para las economías de Brasil y EEUU en el período 1960-2014.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Estudiar la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂, en EEUU y Brasil mediante el uso de la Curva de Kuznets Ambiental en el período 1960-2014.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la evolución que ha tenido el PIBpc y las emisiones de CO₂ para Brasil y EEUU mediante la aplicación de un modelo econométrico de regresión localmente ponderada en el período 1960-2014.
- Calcular empíricamente a través de la metodología de data panel la relación entre PIBpc y el efecto de las emisiones de CO₂ para Brasil y EEUU en el período 1960-2014.

- Relacionar el PIBpc con respecto a las emisiones de CO2 a través de cointegración de series de tiempo mediante la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental para Brasil y EEUU en el período 1960-2014.
- Relacionar el PIBpc con respecto a las emisiones de CO2 mediante el método de regresiones aparentemente no relacionadas basándose en la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental para Brasil y EEUU en el periodo 1960-2014.

1.4. Justificación de la investigación

En el mundo, durante varias décadas el crecimiento venía dado por un uso intensivo de recursos naturales (que se tradujo en explotación petrolera y extracción de minerales) lo que desencadenó el continuo deterioro del medio ambiente. El desarrollo, desde el siglo pasado⁸ estuvo vinculado con la idea que un país debía industrializarse para crecer y a su vez se sostuvo la premisa que una nación debía poseer extensión de tierras y abundancia de recursos para lograr cierto determinado nivel de crecimiento. Estas creencias han quedado de lado en vista de que la extensión cultivable de tierra tiene límites y muchos de estos recursos como el petróleo y metales es posible obtenerlos en los mercados internacionales⁹ (Bernanke y Frank, 2007).

Si bien es cierto que las actividades tanto productivas, como extractivas y consumistas de la sociedad no consideran al ecosistema como indispensable para la humanidad, no es posible hablar de desarrollo sin que genere un impacto en la responsabilidad presente en el balance ecológico de la tierra (Rendón, 2007). La investigación parte de la necesidad de establecer una relación causal directa entre el crecimiento económico y la calidad medioambiental ante la creciente preocupación del entorno que habitamos para así incorporar un macro ecológico al proceso de toma de decisiones, combinado con la forma en que se incrementa la producción de bienes y servicios en la sociedad (Guimarães, 1992).

⁸ Siglo XX.

⁹ Bernanke y Frank (2007) exponen, “Como es posible obtener recursos por medio del comercio, los países no tienen que poseer grandes cantidades de recursos naturales dentro de sus fronteras para que su economía crezca.” (p. 102).

Los autores deciden estudiar las economías de Brasil y EEUU por la robusta composición de sus poblaciones. Dentro de América, Brasil es la segunda economía con mayor índice poblacional y EEUU se ubica en el primer lugar según la data del Banco Mundial. Proceden a estudiar el deterioro ambiental a través de las emisiones de CO2 por ser el gas con mayor porcentaje del consumo de combustible líquido, mayor Kg por PPA (paridad del poder adquisitivo) del PIB per cápita, por ser el mayor gas con intensidad del uso de energía por kg equivalente de petróleo y a su vez por ser el gas con mayor procedencia del consumo de combustibles sólidos¹⁰.

A través del desarrollo del estudio se busca generar armonización entre los objetivos económicos y los objetivos ambientales, para beneficiar a los lectores y futuros investigadores, además de crear conciencia y establecer que un país debería estar en la capacidad de transformar su industria así como también transformar su sistema de transporte por sistemas que impliquen menores costos ambientales y que generen menos residuos. Finalmente, el presente trabajo se realizó como requisito para optar al título de economista, el cual servirá de referencia para estudios sobre economía y carreras afines.

1.5. Limitación

Para desarrollar este trabajo de investigación de tipo cuantitativo las limitaciones suelen encontrarse en el tamaño de la muestra, los autores proceden a estudiar dos países para lo cual acuden a la base de datos del Banco Mundial que presenta cifras de indicadores previamente analizados y acreditados a nivel internacional. Es importante tomar en cuenta la credibilidad de las instituciones para la recolección de datos, los autores recomiendan algunos otros como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y NASA (National Aeronautics and Space Administration). Sin embargo establecen que el período de estudio a utilizar es el comprendido entre 1960-2014 debido a la no disponibilidad de datos previos a la fecha base (1960) y posteriores a la fecha final (2014).

¹⁰ Véase <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?locations=BR-US>

1.6. Delimitación

La investigación se enmarca en un plano temporal anual en el período comprendido entre 1960-2014 para las economías de Brasil y EEUU. El desarrollo de este estudio tiene lugar en el período mencionado, ya que se busca esbozar de manera cronológica y sistemática el acervo documentario de dichas economías posterior a la Segunda Guerra Mundial y pleno apogeo de conflictos por la Guerra Fría. Para verificar la supuesta relación de las variables se aplicarán metodologías econométricas de regresión localmente ponderada, con el propósito de encontrar la forma funcional de las curvas, pruebas de datos panel que permitirán verificar si existe un modelo de Curva de Kuznets regional, pruebas de cointegración para establecer curvas CKA por país y ecuaciones simultáneas para determinar las CKA tomando en cuenta ambas economías y sus variables internas. Por otra parte, se utilizarán datos provenientes del Banco Mundial para ambas variables, emisiones de CO₂ y PIB per cápita, en el período antes mencionado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Evidencias empíricas sobre la existencia de la Curva de Kuznets Ambiental

Dada la creciente preocupación ambiental, diferentes investigadores han presentado a lo largo de tiempo trabajos donde se evidencia la existencia de una CKA para diversos países, en los que se observan la estrecha relación que existe entre el crecimiento económico y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Suarez (2011) desarrolla un modelo donde incluyó observaciones obtenidas anualmente (1970-2008) para el cuál empleó el método de datos panel a través de la estimación de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Construyó un indicador en base a las emisiones de GEI el cuál comparó con el nivel económico de las economías (America Latina y El Caribe) a través del PIB per cápita. El autor presenta que para que se efectúen las condiciones del modelo, la hipótesis a comprobar es *“En América Latina y el Caribe, el crecimiento económico basado en el indicador PIB per cápita influye en la degradación del medio ambiente basado en el indicador emisiones de contaminantes, sustentado en el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental entre el periodo 1970-2008”*. (Gabriel Suarez, Crecimiento Economico vs Degradación Ambiental, 2011; pp 3).

En relación con lo anterior, la investigación arrojó los siguientes resultados:

Existe una relación entre crecimiento económico y degradación ambiental en América Latina y el Caribe, comprobación de la CKA a nivel regional para el período 1970-2008, para las emisiones de CO (Monóxido de carbono) y HC (Hidrocarburos). Pero al plantear el

análisis con las otras variables empleadas en estudio (CO₂, NOX (Óxido de nitrógeno), PAR (Par de electrones) y SO₂ (Dióxido de azufre)), por lo que la hipótesis nula termina siendo rechazada.

Una vez demostrada la hipótesis de una relación entre crecimiento económico y degradación del medio ambiente por países, se confirma la existencia de la CKA para 9 países (Chile, Uruguay, Guyana, Haití, Panamá, Paraguay, Perú, Guyana y Colombia), que arroja resultados diferentes para 6 distintos contaminantes dependiendo el país (CO, CO₂, HC, NO_x, PAR y SO₂) y para 14 casos de los 138 modelos planteados mediante el método RAR (Regresiones aparentemente no relacionadas).

Por otra parte Robledo y Olivares (2013) implementan una metodología de datos panel en un grupo de países llamados los CIVETS (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica), con el fin de determinar una relación a largo plazo entre las variables emisiones de CO₂, consumo de energía y el PIB a través de una forma funcional empleada por investigadores como Pao y Tsai (2010), Apergis y Payne (2009) y Halicioglu (2009), donde comprueban la hipótesis de la existencia de una CKA.

Los autores proceden a considerar el orden de integración de las variables a través de las pruebas IPS, Levin, Lin y Chu (2002), Breitgun (2000), Maddala y Wu (1999) (Dickey-Fuller Aumentada ADF) y Choi (2001) (Fisher tipo PP). Con pruebas de raíces unitarias obtienen mas grados de libertad y corrigen la heterogeneidad no observada.

Una vez comprobado que las variables son integradas de orden uno, los autores realizan pruebas de cointegración basados en Pedroni (2000, 2004) para evidenciar la existencia de una relación entre las variables a largo plazo, con lo que concluyen que a un nivel de significancia del 5% existe una relación de cointegración entre las emisiones de CO₂ per cápita, consumo de energía per cápita y PIB per cápita.

Continuamente, en una investigación realizada por Verde (2016), la autora plantea analizar la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de SO₂. Para ello toma una muestra de dos países: México y Estados Unidos con variables tomadas anualmente para

el período 1960-2005. El estudio de los países fue realizado en conjunto por lo que la estimación tuvo lugar a través del método datos de panel.

El objetivo que se planteó la autora, fue modelizar la variable dependiente emisiones de SO₂, en función de la variable explicativa crecimiento económico. Al aplicar una regresión localmente ponderada para la variable independiente PIBpc y la variable dependiente emisiones de SO₂; se busca establecer una forma funcional de la CKA para cada uno de los países individual y conjuntamente dentro del período antes mencionado. Lo cual le permitió buscar la curva con mejor ajuste sin necesidad que se estimen parámetros poblacionales.

Luego de esto, la autora toma como referencia las regresiones no paramétricas que obtuvo anteriormente para emplear técnicas de datos panel, que arrojan que la CKA global para EEUU y México se logra siempre y cuando se consideren a los países como un grupo (Pooled), por lo que es consistente ya que ambos países presentan diferencias marcadas en la evolución de su desarrollo económico. Con solo EEUU no sería suficiente para evidenciar la CKA durante dicho periodo ya que su nivel de crecimiento es más estable por ser una economía más desarrollada que México que experimentó mayor crecimiento durante el periodo. Los efectos fijos (EF) en la estimación no le permiten obtener una buena bondad de ajuste y la estimación con efectos individuales aleatorios (EA) estadísticamente mostró resultados coherentes pero económicamente los países difieren.

Para determinar si las variables presentan una relación de equilibrio a largo plazo la autora realiza pruebas de cointegración a través del método MCO (análisis por país) lo que resultó ser que para México no existió cointegración entre las variables y para EEUU si logra la cointegración. La relación entre las emisiones de SO₂ y crecimiento económico a través del método de regresiones simultáneas aparentemente no relacionadas, señala la existencia de una influencia del crecimiento económico sobre el deterioro medioambiental.

Asimismo, Hettige, Mani y Wheeler (1997) ponen a prueba la CKA donde analizan el efecto del crecimiento económico por medio de tres factores fundamentales de la contaminación ambiental. Por lo que establecen que un primer factor que se presenta es la participación de la industria en la producción nacional, un segundo que explica la

participación de los sectores contaminantes de la producción industrial y un tercero la intensidad de la contaminación por unidad de producto de estos sectores contaminantes. Sus resultados demostraron que la participación de la producción de la industria en la producción nacional de los países Brasil, China, Finlandia, India, Indonesia, Corea, México, Países Bajos, Filipinas, Sri Lanka, Taiwan (China), Tailandia Y EEUU siguen una trayectoria de la hipótesis de Kuznets, pero no los otros dos determinantes.

Por otra parte, Apergis y Payne (2009) estudian y exponen que a largo plazo el consumo de energía tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo en las emisiones, mientras que la producción real muestra la forma de U invertida, patrón asociado con la CKA y la dinámica de corto plazo que establece causalidad directa entre el consumo de energía y el PIB real.

En la misma vía, Soytaş y Sari (2007) investigan la relación que pueda existir a largo plazo entre el crecimiento económico, las emisiones de CO₂ y el consumo de energía en Turquía. Por lo que efectivamente encuentran una relación de causalidad en el sentido de Granger con respecto a las variables ya mencionadas, obteniendo como resultado que las emisiones de CO₂ son causa del consumo de energía, pero no en sentido contrario. Ya que la falta de un vínculo a largo plazo que relacione el ingreso y las emisiones implica que, para reducir las emisiones de CO₂ Turquía no tiene que renunciar al crecimiento económico.

2.2. Modelo de la Curva de Kuznets Ambiental

Según lo expone Cuevas (2006), los estudios y observaciones que Simon Kuznets realizó, se enfocaron en su comparación con la teoría Keynesiana del ahorro lo cual establece que la renta y el empleo deben determinarse conjuntamente a partir del volumen de demanda global existente. Por lo que para mantener el volumen de renta y empleo debe de invertirse la diferencia entre la renta y el consumo, es decir, el ahorro; ya que de esta manera se identifica a la inversión como un multiplicador del empleo, pero si la inversión privada no es suficiente para alcanzar el nivel de ingreso de pleno empleo, entonces el Estado debe

intervenir, a través del gasto público, para “llenar ese vacío” (Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura, 2013).

La validez directa de la teoría keynesiana para los países subdesarrollados era muy limitada, ya que se trataba de un enfoque pensado desde y para las economías desarrolladas, de ahí parte la relación con la teoría de Kuznets (1955). Por lo que Kuznets propuso que al comienzo del proceso de desarrollo, las economías muestran una distribución del ingreso bastante razonable; pero que a medida que se aumenta su ingreso per cápita, esta relación se empieza a desarticular hasta un nivel máximo de desigualdad.

Es ahí, que a partir de ese máximo y su correlación renta per cápita para alcanzarlo, la equidad empieza a progresar. Y así es como Simon Kuznets en 1955 formula la teoría de la Curva de Kuznets (Cuevas, 2006).

Un trabajo realizado en 1992 por el Banco Mundial sobre el desarrollo¹¹ la institución extrapoló la relación entre la desigualdad en la distribución del ingreso de la población y el crecimiento económico con respecto al medioambiente, donde se logra establecer la conclusión de que el medioambiente puede estar influenciado por aumentos en el nivel de ingreso de los países.

En ese sentido, Cuevas (2006) indica que en las primeras fases de crecimiento de un país, el ámbito ambiental era fundamental para el desarrollo económico hasta que se obtiene determinado nivel de ingreso per cápita que le posibilite reestablecer la tendencia de concavidad hacia abajo, con lo que el crecimiento económico estaría siendo un aporte para el medioambiente, es decir, se produce un mejor desarrollo medioambiental. Gráficamente se analizó una correlación en forma de U invertida, por lo que el economista Panayotou para 1993 sería el primero en utilizar el término debido a la semejanza con la relación de Kuznets de 1955.

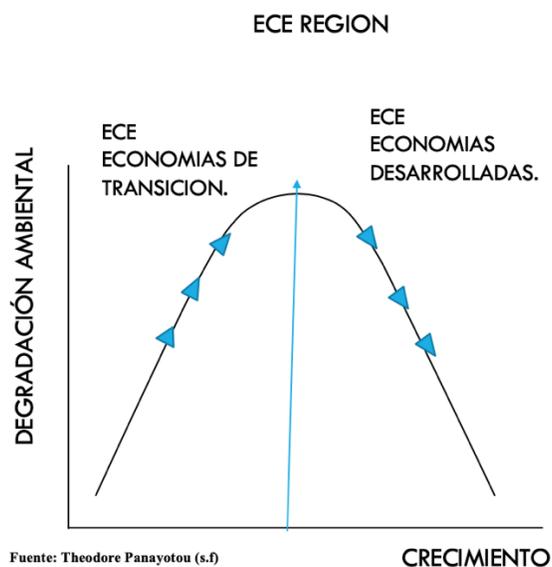
Esto genera una gran relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental usando como variable las emisiones de los GEI, el cual hace que existan efectos

¹¹ Véase “Informe sobre el Desarrollo Mundial 1992”. Banco Mundial.

demostrativos en el corto, mediano y largo plazo en la Curva de Kuznets Ambiental (Cuevas, 2006).

Dada la la concavidad y forma de U invertida de la curva, el economista Panayotou (s.f.) establece lo que se conoce como “La región de la CEPE” (Curva Economica de Paisés Europeos) y habla acerca de un paradigma que consta de un grupo de 55 países miembros, divididos equitativamente entre las economías de mercado desarrolladas y las economías en transición. En el cual establece que el nivel de desarrollo está representado por el ingreso per cápita y los países que integran la CEPE van desde naciones muy pobres de Asia Central como Tayikistán con ingresos per cápita inferiores a USD 1000 a países muy ricos en Europa y América del Norte con ingresos por encima de USD 30,000, en términos generales los países en transición tienen ingresos inferiores a USD 10,000 y economías de mercado desarrolladas superiores a USD 15,000.

Gráfico 1: CKA forma de U invertida



Tal y como ilustra el gráfico Nro. 1, se puede decir que las economías en transición se encuentran a la izquierda del punto de inflexión de la CKA que se encuentra en el segmento ascendente de la curva, donde el crecimiento económico llega al costo del aumento del daño

ambiental. Por el caso contrario, las economías de mercado desarrolladas se encuentran a la derecha del punto de inflexión, es decir, en el segmento descendente de la CKA (Panayotou, s.f.).

Sin embargo, Panayotou (s.f.) afirma que también es posible que los países de bajos ingresos experimenten una mejora ambiental a lo largo del camino del crecimiento económico si logran desacoplar la contaminación ambiental y el uso de recursos naturales para su crecimiento económico.

Las economías planificadas experimentan un proceso de desacoplamiento a lo largo del tiempo según lo explica Panayotou (s.f.), ya que los recursos previamente no valorados se introducen en el dominio de los mercados, pero dicho desacoplamiento solo ocurre de forma temporal. Este desacoplamiento sostenido solo puede llevarse a cabo a un precio total que incluya las externalidades ambientales. Dicho con otras palabras, las economías de mercado desarrolladas a menudo se ven obligadas a reajustar el crecimiento económico a través de subsidios perjudiciales para el medio ambiente para sectores como la energía y transporte.

Los modelos empíricos basados en el medioambiente y el crecimiento económico consisten generalmente en especificaciones de ecuaciones únicas planteadas de forma reducida que relacionan un indicador de impacto ambiental con una medida del ingreso per cápita, en los cuales algunos de estos se llevan a cabo tomando en cuenta las emisiones de un contaminante particular (como por ejemplo, SO₂, CO₂, HC, Nox o partículas) como variables dependientes, mientras que otros modelos utilizan concentraciones ambientales de varios contaminantes y emplean índices compuestos de degradación ambiental (Panayotou, s.f.).

En estos modelos como lo impone Panayotou (s.f.), la variable independiente que comúnmente se utiliza para la mayoría de los análisis es el ingreso per cápita, pero también suelen usarse datos del ingreso convertidos en paridad de poder adquisitivo (PPA) y variaciones del ingreso con respecto a los tipos de cambio del mercado.

Por lo que los autores Gitli y Hernández (2002) tomando en cuenta lo anterior proponen una ecuación en forma reducida en donde sintetizan los estudios empíricos sobre la CKA:

$$f(EC_{it}) = \beta_0 + \beta_1 g_1(Y_{it}) + \beta_2 g_2(Y_{it}^2) + \beta_3 g_3(Y_{it}^3) + \beta_4 g_4(Y_{it-n}^k) + \beta_5 B + \beta_6 t + U_{it} \quad (1)$$

Definiendo como EC_{it} el indicador ambiental para el país i en el período t , Y_{it} es el indicador de crecimiento económico (tomando en cuenta que el crecimiento puede estar medido a través de distintas variables económicas, como por ejemplo PPA, PIB) para el país i en el período t , Y_{it-n}^k es el ingreso per cápita al nivel o polinomial para el país i en el período t con n rezagos, B es un vector de otras variables explicativas (demográficas, dummy, etc.), t es el tiempo, U_{it} es el término de error; y $f(\cdot)$ y $g(\cdot)$ son formas funcionales (lineales, logarítmicas, etc.).

De acuerdo a Panayotou (s.f.), la especificación funcional de estos modelos es usualmente de forma cuadrática, log cuadrático o cúbico en ingresos y degradación ambiental, y su estimación econométrica utiliza datos de corte transversal o de data panel y muchas pruebas para efectos fijos de país y tiempo.

La evidencia empírica que desarrollan Marín y Ladino (2003) expone que, en el corto plazo pueden originarse tres efectos; el efecto escala, que indica el incremento en el nivel de producción sin modificar la estructura que produce un incremento en el empleo de materias primas, las cuales aumentan el deterioro ambiental por medio de la contaminación. El efecto precio, que sostiene que el crecimiento económico apoyado en el PIB per cápita va a depender del cambio de los precios internacionales, para luego neutralizar una eventual caída en el PIB per cápita que puede incurrir en un aumento de la producción, ocasionando una sobreexplotación de recursos naturales y a su vez provocar contaminación en el medioambiente. Por último el efecto ingreso, que señala que un aumento en los niveles de

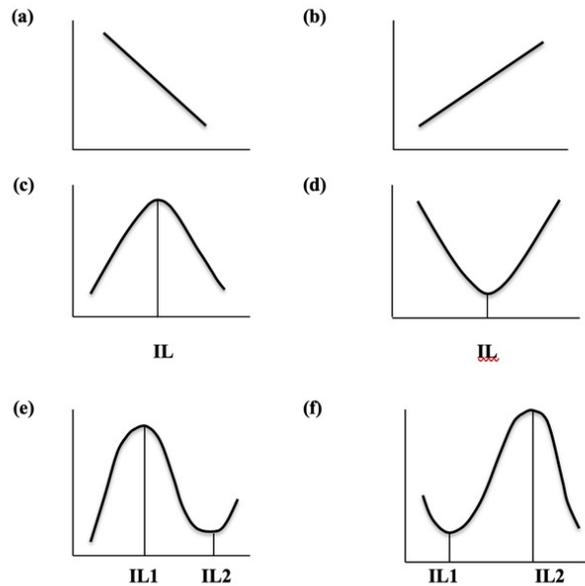
ingreso per cápita conllevan a una mayor demanda de recursos y por ende a una mayor degradación ambiental.

Según explican Gitli y Hernández (2002), estos afirman que a largo plazo tienen sentido cuatro efectos; efecto composición, que determina que un país fomente su crecimiento económico fundamentándose primero en el sector primario, seguidamente en el sector industrial para después pasar al de servicios, originando un proceso de reducción de contaminación.

El efecto desplazamiento explica que un país luego de alcanzar un determinado nivel de crecimiento, deja de exportar recursos primarios manufacturados para exportar otorgamiento de servicios. Mientras que por el lado de los efectos de Marín y Ladino (2003), el efecto tecnológico establece que la tecnología a través de procesos de producción eficaces produce menor contaminación. Por último el efecto de las regulaciones ambientales, haciendo referencia a que un precepto y una aplicación adecuada producen mejor rentabilidad en el medioambiente.

En relación con lo anterior, De Bruyn (1998) especifica que existen distintas formas de vincular el crecimiento económico con el medio ambiente, gráficamente se presenta de la siguiente manera:

Gráfico 2: Formas funcionales que toma la CKA



Fuente: Gitli y Hernández 2002: 13. Elaborado por: Ekis, 2000: 186; IL= Ingreso límite

(a) Relación inversa: Si $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, para (a) existe una relación lineal monótona decreciente, que indica que el ingreso está asociado a niveles decrecientes de emisiones.

(b) Relación directa: Si $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, entonces existe una relación lineal monótona creciente para (b), lo que nos indica que el ingreso está vinculado a niveles de emisiones crecientes.

(c) Relación de U invertida: Si $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$, existe una relación cuadrática que representa la CKA; es decir, que el deterioro ambiental crece con el ingreso hasta cierto umbral, a partir del cual comienza a decrecer.

(d) Relación de U abierta: Si $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ y $\beta_3 = 0$, implica una relación cuadrática en forma de U; la cual indica que el deterioro ambiental disminuye con el ingreso hasta cierto punto después del cual comienza a crecer.

(e) Relación en forma de N: Si $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$, existe una relación cúbica polinomial representando la forma de N; es decir, que el deterioro ambiental crece con el ingreso hasta cierto punto, a partir del cual comienza a disminuir, pero en determinado punto comienza a aumentar nuevamente.

(f) Relación en forma opuesta de N: Si $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ y $\beta_3 > 0$, existe una relación cúbica polinomial opuesta a la curva en forma de N; es decir, que el deterioro ambiental primero disminuye con el crecimiento hasta cierto punto, a partir del cual crece. Sin embargo, después de cierto nivel nuevamente el deterioro comienza a disminuir.

2.3. Aspectos ambientales

El medio ambiente como lo explica el Modulo de Sensibilización Ambiental (s.f.) se integra en un conjunto de valores naturales, sociales y culturales preestablecidos en un momento determinado, que tienen impacto tanto en la vida material como en el área psicológica del hombre.

Otro concepto proveniente de Jacobs (1991), refiere el término medioambiente como “natural”, no a la idea más amplia de “entorno”, el cual incluye estructuras de fabricación humana. Por lo que establece, que el medio ambiente natural es exclusivamente aquel no fabricado por los seres humanos, es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida de los seres vivos, abarca además seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura.

Desde la perspectiva humana entorno a la situación crítica medioambiental que se ha venido viviendo durante los últimos años, el medioambiente ha sido tomado como un tópico sumamente importante en la sociedad por lo cambios tan desfavorables que ha generado, no solo en la calidad de vida de los seres humanos sino también en el ecosistema del reino animal (Morales, Bustamante y Mirabal, 2011).

En otro sentido, como lo indican Morales, Bustamante y Mirabal (2011), el deterioro medioambiental genera desmejoras en la salud de cada habitante de la tierra, por lo que las autoras afirman que los contaminantes y sus derivados pueden tener efectos negativos al interactuar con moléculas que son decisivas para los procesos bioquímicos o fisiológicos del cuerpo.

En consecuencia, según explica Morales, Bustamante y Mirabal (2011), en la actualidad la polarización¹² cada vez más intensificada entre países ricos y pobres, ha generado que los más afectados con la destrucción medioambiental sean los países en vía de desarrollo, por lo que los habitantes de dichos países han recibido daños inherentes a su salud y a la par se incrementan las condiciones de pobreza extrema.

Como lo indica Morales, Bustamante y Mirabal (2011) en su estudio, los países que sufren pobreza extrema se han visto más perjudicados con los efectos del cambio climático, al punto tal, que instituciones como el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología situado en La Habana, Cuba. Aseveran que cerca del 55 % de la población rural en el mundo y el 45 % de la urbana no tienen disponibilidad de agua potable, y que alrededor de cinco millones de personas mueren cada año por enfermedades de origen hídrico.

Todo lo dicho anteriormente se debe a que estos países poseen infraestructuras de salud pública deficientes y no tienen cobertura para las poblaciones que más lo necesitan, por lo que en estos contextos el impacto sobre la salud que incluye la aparición de lesiones físicas, enfermedades respiratorias y síndromes diarreicos, son mucho más recurrentes en estos sectores (Morales, Bustamante y Mirabal, 2011).

Por lo que es irrefutable decir que la salud de los seres vivos depende de la capacidad de una sociedad para mejorar la interrelación entre las actividades humanas, como también los factores ambientales que lo rodean. El ser humano sin previa proposición ha logrado alterar los ciclos naturales del planeta y ha quebrado e interrumpido su equilibrio ecológico (Morales, Bustamante y Mirabal, 2011).

Dicho esto, existe la necesidad de tomar conciencia vía entes gubernamentales transnacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que ejerzan medidas

¹² Segregación dentro de una sociedad que puede surgir a partir de la desigualdad de ingresos o la reestructuración económica.

que permitan controlar y posiblemente revertir el daño que se le ha ocasionado al planeta. En el año 1992 la ONU decide crear la organización denominada para aquel momento como el “Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el Protocolo de Kioto”.

Este protocolo explicado por la Convención Nacional del medioambiente (s.f.) está constituido por países como Argentina, España, EEUU y la Unión Europea y su cimiento responde a una inquietud que surgió en los años 80, cuando se empezó a aportar datos científicos que preveían un posible cambio climático permanente e irreversible a escala mundial, como consecuencia del incremento de los llamados GEI, como en su defecto se encuentran el CO₂ y otros gases, provenientes -principalmente- de las actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural), la agricultura y el cambio de uso de la tierra.

En este documento se les estableció a los países desarrollados otros compromisos, como adoptar políticas y medidas para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero al cabo del año 2000, para así lograr estabilizarlas a los niveles que se encontraban en la década de los 90. Estas políticas consistían en transferencia de tecnología y recursos financieros a los países en desarrollo, que serían apoyados en sus esfuerzos por cumplir los compromisos del protocolo y ayudar a incentivar a los países en actual desarrollo, específicamente a los mas vulnerables ante efectos del cambio climático (Convención Nacional del Medioambiente, s.f.).

Una vez establecida la convención, para el año 1995 en Berlín se realizaba por primera vez la 1ª Reunión de la conferencia de las partes, en la cual se concordó que el cumplimiento de los compromisos señalados en el documento eran insuficientes hasta esa fecha, ya que muchos países desarrollados no lograrían alcanzar dichos objetivos de reducción de GEI planteadas para el año 2000. Estos acontecimientos, llevaron a la convención a implementar y crear otro instrumento legal que posibilitara el cumplimiento total de los compromisos adquiridos (Convención Nacional del medioambiente, s.f.).

Por ello, durante la tercera conferencia de las partes realizada en Kioto en 1997, en donde se adopta oficialmente el nombre de Protocolo de Kioto, se establece un calendario específico para cumplir con dichos compromisos; en el cual se constata un acuerdo principal que se basaba en alcanzar una reducción conjunta de las emisiones de GEI a al menos un 5% por debajo de los niveles existentes al año 1990, por lo que el primer período de compromisos iba a estar comprendido entre los años 2008 al 2012. Asimismo, se crearon los llamados mecanismos de flexibilización (mecanismos económicos), con la finalidad de ayudar a estos países a cumplir con el calendario de reducción de gases (Convención Nacional del medioambiente, s.f.).

Básicamente como lo indica Convención Nacional del medioambiente (s.f.), el principal objetivo de este Protocolo fue estabilizar las concentraciones de las emisiones de GEI en la atmósfera a un determinado nivel, donde ya no existan interferencias significativas en el sistema climático.

Dicho esto, la estabilización debe realizarse con una gradualidad que permita a los ecosistemas adaptarse a los cambios, como también evitar que el nivel del cambio climático impida un desarrollo económico sustentable o perjudique la producción alimenticia. De la misma manera, tratar establecer órganos subsidiarios que permitan desarrollar las labores técnicas requeridas por la Convención (Convención Nacional del medioambiente, s.f.).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Según lo explica Balestrini (2006) y como se señala en el primer capítulo, el problema ha quedado establecido en toda su complejidad por lo que los autores proceden a situar las características de la información que se necesita abordar y obtener, para ello es necesario delimitar el tipo de estudio que se está realizando con el esquema de investigación que mejor se adapte y sea más apropiado en relación a los objetivos delimitados y antes propuestos.

Por lo tanto, según sean los objetivos delimitados se logrará definir el tipo de estudio que se trate y por consecuente se añadirá un esquema de investigación, el cual debe estar especificado, atendiendo al mismo que sea el más apropiado para cumplir con la finalidad del estudio (Balestrini, 2006).

Según lo expone las Normas para la elaboración, presentación y evaluación de los trabajos especiales de grado (2001), el tipo de investigación documental se encarga del análisis de problemas planteados a nivel teórico, ya que la información requerida para abordarlos se encuentra básicamente en materiales impresos, audiovisuales y electrónicos.

Por otro lado, la investigación correlacional se caracteriza por querer conocer el grado de relación que existe entre dos o más variables y posteriormente analizar esa situación, mientras que la investigación evaluativa tiene como finalidad medir los resultados de un programa enfocado a los objetivos propuestos (Normas para la elaboración, presentación y evaluación de los trabajos especiales de grado, 2001).

En el propio desarrollo de investigación se enmarca el tipo de investigación documental, ya que es un trabajo que está basado en estudios y análisis de proyectos anteriores enfocándose en sus metodologías para establecer una visión más clara y diferente con respecto a las demás, pero siguiendo su misma perspectiva. Asimismo, es correlacional porque busca conocer y analizar la relación que existe entre el PIB per cápita y las emisiones de CO2 para Brasil y EEUU amoldado al modelo de la CKA; y por último la investigación evaluativa que tiene como finalidad de cumplir con los objetivos establecidos en el primer capítulo.

3.2. Diseño de la investigación

Lo propuesto por Balestrini (2006), expone que un diseño de investigación se define como el plan global que integra de un modo coherente y conciso, técnicas de recogida de datos a empelar, análisis previstos y objetivos. Por lo que el diseño de una investigación debe adaptarse a los objetivos fijados y además debe permitir la introducción de ciertos controles en la recolección para dar de una manera clara y correcta respuestas a las preguntas planteadas en la misma.

Así pues, el diseño bibliográfico estipulado por las Normas para la elaboración, presentación y evaluación de los trabajos especiales de grado (2001), es esencial en las investigaciones documentales, ya que por medio de la revisión del material documental de manera sistemática, rigurosa y profunda se llegará al análisis de diferentes fenómenos o a la determinación de la relación de las variables.

Tomando en cuenta lo anterior, este apartado va de la mano con el tipo de investigación definido, dado que se recurre a trabajos de tipo documental donde se encargan de observar las variables y sus relaciones en su contexto natural para llegar de manera óptima a los resultados deseados.

3.3. Técnicas y recolección de datos

Al enunciarse el conjunto de técnicas e instrumentos de recolección de información que se introducirán, Balestrini (2006) aclara que en esta sub-sección del marco metodológico, se debe efectuar una descripción muy específica de cada una de ellas, enfocado al proceso de

investigación propuesto y atendiendo al conjunto de orientaciones que se expresan. Siempre y cuando se recuerde que no se pueden emplear las mismas técnicas para alcanzar objetivos diferentes.

Partiendo de lo anterior, en esta sección se procederá a estudiar ¿cuál ha sido el comportamiento de las variables, crecimiento económico real per cápita (PIBpc) y las emisiones del principal gas de efecto invernadero CO₂, para EEUU y Brasil en el período 1960-2014?

Asimismo, en aras de cumplir con los objetivos antes establecidos en el trabajo se utilizan datos provenientes del Banco Mundial de las emisiones CO₂, y PIB per cápita para ambas economías. Esto, con el propósito de lograr la construcción de la CKA para dichos países. El desarrollo tiene lugar a través de los programas estadísticos Eviews (versión 9) para las regresiones y STATA (versión 14) para contrastar visualmente los datos de estudio y lograr su eficiencia en el modelo investigativo.

Esta técnica está relacionada con métodos que centran la atención en la observación y la prueba de la diversidad de fuentes documentales, que logran facilitar la descripción, el análisis y la interpretación de los datos que se abordan (Balestrini, 2006).

3.4. Procedimiento

En esta sección los autores proceden a estudiar empíricamente cuál ha sido el comportamiento de las variables, nivel de ingreso real per cápita (PIBpc) y las emisiones de CO₂ para las economías de Brasil y EEUU en el período 1960-2014, con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos en el primer capítulo del trabajo de investigación. Siguiendo con la investigación planteada por Suárez (2011), la metodología a considerar es la siguiente:

a) Método no paramétrico: Regresión localmente ponderada mediante mínimos cuadrados generalizados (MCG), con el fin de determinar la forma funcional de la gráfica.

- b) Método paramétrico: Datos panel por efectos aleatorios mediante mínimos cuadrados generalizados (MCG), para comprobar si existe un modelo de curva de Kuznets regional.
- c) Método paramétrico: Cointegración de series de tiempo mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO), para determinar modelos CKA por países teniendo en cuenta solo sus variables internas.
- d) Método paramétrico: Modelo de regresiones aparentemente no relacionadas mediante mínimos cuadrados generalizados (MCG), lo cual permite determinar modelos CKA por países, tomando en cuenta sus variables internas y los efectos de la relación ingreso-contaminante provocados por los demás países de la región.

3.4.1. Modelo de regresión suavización localmente ponderada

La adaptación de este método no paramétrico en el trabajo tiene como finalidad lograr estudiar la forma pragmática de la CKA para los dos países en estudio (Brasil y EEUU).

Establecido por Cleveland en (1979), presenta una técnica llamada “*locally weighted scatterplot smoother*” (LOWESS) o “*regresiones localmente ponderadas*”. Consiste en un procedimiento no paramétrico que trata en estimar una regresión en base a una nube de puntos determinados por una asociación entre variables $\{X_b, Y_b\}$ para un cierto número de observaciones $i = 1, 2, \dots, n$, por medio de la realización de sucesivas estimaciones lineales. Esta interpretación está orientada en evaluar una regresión en cada punto, en escenarios en el que las muestras son grandes, su procedimiento puede llegar a ser muy monótono (lo cual puede implicar tener que realizar una estimación de un modelo de regresión por cada observación).

Es por eso, que para evitar este tipo de métodos, recurren a una técnica particular de muestreo conocido como “Cleveland Subsampling”, el cual proporciona un algoritmo que logra evitar los puntos adyacentes o muy cercanos (Bergara y Masoler, 2002).

En términos breves, Cleveland (1979) se concentra en ajustar modelos de regresión polinómicos locales para estimar cada punto, luego unir las estimaciones y por último generar el gráfico no paramétrico.

Este método de regresiones suavizadas localmente ponderado explicado por Acuña (2008), tiene como finalidad modelizar una variable dependiente Y_i en función de una variable explicativa X_i , donde X_i es un vector $1 \times p$ de variables exógenas. En tal sentido, la función que logrará determinar este tipo de suavización de diagrama de dispersión se la denotará con la letra g .

Acuña (2008) toma en cuenta que para dichas regresiones se utiliza sólo un subconjunto de datos, g será una regresión localmente robusta que distribuya los errores para establecer su forma pragmática. Este proceso conocido como suavización, consiste en aproximar la función g a la regresión:

$$Y_i = g(X_i) + \varepsilon_i \quad (5)$$

Donde, g es la curva de respuesta media, función de ajuste $R^p \rightarrow R$ que no necesita ser paramétrica; y, ε es el error aleatorio, el cual para efectos de hacer inferencia, se asume que se distribuye normalmente con media cero y varianza σ^2 (Acuña, 2008).

Para ponderar g se plantea la regresión lineal:

$$g(X_i) = \alpha + \beta X_i \quad (6)$$

Donde la media condicional de Y para un valor dado de X es $g(x) = E(Y/X)$. De esta manera, Acuña (2008) logra imponer que bajo un modelo simple, se acoplen los datos localmente, aproximando la media condicional por un promedio de los valores observados de las Y que están incluidos dentro de un área determinada de X (área denominada vecindad).

Por lo que, cada punto seleccionado será estimado por mínimos cuadrados ponderados, considerando solamente las observaciones cercanas al punto donde se realiza la regresión. Estos pasos se repiten para cada observación en el conjunto de los datos y/o para otros puntos dentro del campo de variación de la variable explicativa (Acuña, 2008).

Para esto, Suarez (2011), expone en su modelo de estudio, la necesidad de seleccionar un parámetro de suavización, estimando el ancho de banda o ventana (*bandwidth*) que encierra los puntos cercanos o vecinos al punto que se desea estimar, el cual sirve para controlar el grado de ajuste de la función.

En relación con el proyecto de Verde (2016), la autora emplea el programador econométrico STATA, ya que posee un *bandwidth* de 0,8, que determina que el 80% de los datos son utilizados para suavizar cada punto. Basado en esto, se escoge una función de ponderación que le dé mayor peso a las observaciones más cercanas y menor peso a las observaciones más alejadas.

Continuando el desarrollo teórico-matemático de Acuña (2008), se toma en cuenta un punto X_0 , en el cual se halla una relación $N(X_0)$ delimitada por aquellas k próximas más cercanas. Se calcula la brecha existente $\Delta(X_0)$ entre X_0 y el punto más cercano de la proximidad, que se incluyen en la siguiente función para determinar los pesos w_i :

$$W(X_i, X_0) = \left[1 - \left(\frac{|X_i - X_0|}{\Delta(X_0)_{\alpha N}} \right)^3 \right]^3 \quad (7) \quad \text{Si } |X_i - X_0| < \Delta(X_0)_{\alpha N} \quad \text{y}$$

$$\frac{|X_i - X_0|}{\Delta(X_0)_{\alpha N}} < 1$$

$$W(X_i, X_0) = 0 \quad (8) \quad \text{para cualquier otro caso.}$$

Donde, α es el parámetro de suavización ($0 < \alpha < 1$), $|X_i - X_0|$ es el valor absoluto de la distancia respecto a la observación evaluada, N es la cantidad de observaciones cercanas al punto evaluado que van a ser incluidas en la regresión y $\Delta(X_0)$ es la distancia más pequeña en el rango N considerado (Acuña, 2008).

Por lo que Suarez (2011) establece que los valores estimados por estas regresiones se grafican en el diagrama de dispersión y se unen creando una curva de regresión no paramétrica, usualmente denominada curva del “vecino más próximo”.

3.4.2. Datos panel

La implementación de este método paramétrico tiene como propósito definir si efectivamente existe una CKA regional comprendida por un grupo de países (en este caso, Brasil y EEUU).

Según Suarez (2011), los paneles son un conglomerado de datos representativos observados con cierta regularidad que poseen información de corte transversal (en este caso por países) y obtenidas en un período de tiempo (en este caso anualmente) que se muestran generalmente mediante un modelo de regresión con esta forma:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + U_{it} \quad (9) \text{ con } i = 1, \dots, N \text{ y } t = 1, \dots, T$$

Asimismo, Suarez (2011) describe que i es la unidad de estudio (país), t es la dimensión en el tiempo (año), α_i es un vector de interceptos de n parámetros, β es un vector de k parámetros, X_{it} es la i -ésima observación al momento t para las k variables explicativas, $N \times T$ representa la muestra total de las observaciones en el modelo y U_{it} es el término de error. De este último, al descomponerle, se observan los siguientes impactos:

$$U_{it} = \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Donde, μ_i representa los efectos no observables que difieren entre las unidades de estudio pero no en el tiempo, δ_t representa los efectos no cuantificables que varían en el tiempo pero no entre las unidades de estudio y ε_{it} se define como el término de error puramente aleatorio (Suarez, 2011).

Conforme a lo obtenido, Suarez (2011) figura que cuando no se dispone de todas las variables de influencia del modelo (por un error de especificación o cualidades inobservables de cada unidad de estudio), el método de MCO estará sesgado, ya que los residuos no son totalmente independientes de las observaciones de tal forma que; $Cov(X_{it}, \varepsilon_{it}) \neq 0$. Por lo que se pasa a utilizar el modelo de efectos fijos o el modelo de efectos aleatorios para solventar el problema.

En el primer suceso, Mayorga y Muñoz (2000) explican que los *modelos de efectos fijos* comprenden menos suposiciones sobre el comportamiento de los residuos, estos

consideran que existe un término constante diferente para cada unidad de estudio, por lo que figuran que sus efectos son independientes entre sí y las variables explicativas afectan por igual a las unidades de corte transversal, quienes se diferencian por características propias de cada una de ellas, medidas mediante el uso del intercepto. Para esto Montero (2007), reemplaza $\alpha_i = \alpha + v_i$ (11) en la ecuación (9), lo cual genera la siguiente expresión:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + (v_t + U_{it}) \quad (12)$$

Esto implica, que el error puede descomponerse en dos partes, una fija v_i , constante para cada unidad de estudio; y, una aleatoria U_{it} , que cumple con los requisitos del método de MCO, lo que es equivalente a realizar una regresión general y dar a cada unidad de estudio un punto de origen distinto. Esta operación generalmente se realiza de dos formas, la primera, incluyendo en el modelo una dummy¹³ por cada unidad de estudio para luego realizar una estimación por MCO; y la segunda, es especificar un modelo calculando por diferencias lo cual hace que elimine los v_i , para luego de la misma forma estimar por MCO (Montero, 2007).

Como lo plantea Suarez (2011), el *modelo de efectos aleatorios* considera que los efectos individuales (en este caso en referencia a los países) están distribuidos de forma aleatoria alrededor de un valor dado, por lo que no son independientes entre sí. Este modelo tiene la misma especificación que el anterior, con la diferencia que v_i es ahora aleatoria con un valor medio v_t y una varianza $var(v_t) \neq 0$, por lo que ya no es fija para cada unidad de estudio y constante a lo largo del tiempo. En este caso, al construir el modelo es preferible utilizar el método de mínimos cuadrados generalizados (MCG).

El escoger entre el modelo de efectos fijos o el de efectos aleatorios, depende principalmente de saber qué es apropiado, estimaciones consistentes o eficientes. Para este caso, el criterio de Schwarz (1978) que busca limitar a las variables explicativas y Breusch Pagan (1979) se utilizará para determinar la heterocedasticidad del modelo lo cual servirá para tomar la mejor decisión. En esta ocasión, se dice que se muestran diferencias significativas entre las unidades de estudio, $var(v_t) \neq 0$ (Suárez, 2011).

¹³ Variable indicadora.

3.4.3. Cointegración de series de tiempo

Este método paramétrico tiene como objetivo poder establecer si existe la posibilidad de estimar la CKA por países teniendo en cuenta sus variables internas, es decir, cómo es su interacción económica.

Como lo explica Montero (2007), la econometría de series de tiempo determina un problema al medir las relaciones existentes entre variables que presenta series no estacionarias; es decir, variables que tienen tendencia temporal definida. Una serie es estacionaria cuando su valor medio es estable, por el contrario es no estacionaria cuando sistemáticamente crece o disminuye en el tiempo.

Las estimaciones de regresiones con estas últimas variables pueden ser regresiones espurias a menos que estas estén cointegradas, es decir que exista una relación a largo plazo entre la variable dependiente y las independientes. La cointegración de series de tiempo se enfoca en que dos variables no estacionarias producen residuos estacionarios por lo que las estimaciones de variables no estacionarias son super consistentes. De tal forma, se puede usar la regresión habitual (MCO o MCG) para estimar los efectos a largo plazo (Montero, 2007).

Para definir si una serie de tiempo es o no estacionaria, se puede apreciar el gráfico de la variable, representar la función de autocorrelación por medio de un correlograma y observar cómo es su comportamiento o realizar un test de raíz unitaria como el de DF o ADF como es nuestro caso. Estas pruebas finales realizadas por Montero (2007), determinan si no existe una relación entre el incremento de cada valor y el inmediato anterior; es decir, sugieren una hipótesis nula sobre la presencia de una raíz unitaria.

Así pues, si el coeficiente de los residuos retardados ρ es igual a uno, quiere decir que la variable dependiente exhibe problemas de raíz unitaria, por tanto la serie es no estacionaria, mostrando fallas de autocorrelación. Sin embargo, para concluir que ρ es igual a 1, se analiza el estadístico t de student cuyos valores críticos no siguen la distribución de la t de student sino que siguen la distribución de otra tabla¹⁴ (Gujarati, 2002).

¹⁴ Distribución de Mackinnon (1996), (Suarez, 2011).

En su imagen más sencilla Gujarati (2002), indica que si se estima una regresión como; $Y_t = \rho Y_{t-1} + U_t$, donde t es el subíndice que representa la variable de tiempo o tendencia, esta divide el coeficiente ρ estimado por su error estándar para calcular el estadístico de DF, se consultan las tablas de DF para ver si la hipótesis nula $\rho = 1$ es rechazada. Si el valor absoluto calculado del estadístico, excede los valores absolutos críticos de DF, entonces se acepta la hipótesis de que la serie de tiempo dada es no estacionaria. Si por el contrario, éste es menor que el valor crítico, la serie de tiempo es estacionaria.

Suponiendo que X_t e Y_t son series de tiempo no estacionarias, se dice que dichas variables están cointegradas cuando puede practicarse una regresión del tipo $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ que generalmente tendrá un buen ajuste. En este caso los residuos, $u_t = Y_t - \alpha - \beta X_t$ deben ser integrados de orden cero $I(0)$, es decir, deben ser estacionarios, existiendo así una relación a largo plazo entre las variables X_t y Y_t . Para testar la cointegración sólo hay que estimar los residuos del modelo de regresión y pasar la prueba de ADF a los residuos estimados. Si se cumple la hipótesis nula, entonces X_t y Y_t están cointegradas y los estimadores son superconsistentes (Montero, 2007).

3.4.4. Modelo de regresiones aparentemente no relacionadas

Según lo expone Suarez (2011), en econometría el criterio que mejor se puede adaptar para un sistema de ecuaciones es el método de las regresiones aparentemente no relacionadas, ya que considera los errores aleatorios de las distintas ecuaciones y pueden mostrar cualquier grado de correlación contemporánea en la medida que involucren a factores comunes no medibles y/o no observables y, por lo que será esta correlación no percibida la que logre resultar la estimación de todas las ecuaciones simultáneamente de manera más eficiente.

El método regresiones aparentemente no relacionadas planteado por Gujarati (2009) y por sus siglas en inglés SUR (Seemingly unrelated regresions), es un procedimiento econométrico de información completa, es decir, puede utilizarse en datos de corte transversal, series de tiempo como también en la combinación de ambos. Establecen un caso propio de un sistema de ecuaciones simultáneas en el que la correlación entre las ecuaciones se inicia entre sus términos de error y no en la incorporación de variables endógenas como variables predeterminadas en otras ecuaciones del sistema. Por tanto, se enfoca en modelos

donde todos los regresores son exógenos y las perturbaciones aleatorias tienen un tipo de relación muy específica. Por lo que en este entorno, es importante observar la construcción metodológica de los modelos aplicando el método SUR.

Este método puede ser visto como la simplificación del modelo lineal general donde ciertos coeficientes en la matriz están restringidos a ser iguales a cero, o como la generalización del modelo lineal general que permite a los regresores que se encuentran en la mano derecha del término poder ser diferentes en cada ecuación (Gujarati, 2009).

El método puede generalizarse aún más en el modelo de ecuaciones simultáneas, donde los regresores del lado derecho se les permiten ser las variables endógenas. Por lo que está estrechamente relacionado con lo que se conoce como heterocedasticidad, que es una generalización de un modelo de una regresión lineal y que consta de varias ecuaciones, cada uno con su propia variable dependiente y potencialmente diferentes conjuntos de variables explicativas exógenas (Gujarati, 2009).

Como lo desarrolla Suarez (2011), se considera un sistema de ecuaciones lineales, donde en esta ocasión, cada ecuación indica la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental de un país correspondiente, las cuales se reflejan de la siguiente forma matricial:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \end{bmatrix} B + \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$|Y_3||X_3||U_n|$$

Una forma no restringida del modelo es: $Y_i = X_i\beta_i + U_i$ (14) : donde $i = 1, \dots, m$, se refiere al número de ecuaciones del sistema.

$$U = [U_1', U_2' \dots U_m'] \quad (15)$$

$$E[U] = 0 \quad (16)$$

$$E[UU'] = V \quad (17)$$

Hay que suponerse que en total, se emplean T observaciones (para este caso 55 observaciones referentes al periodo 1960-2014) para estimar los parámetros de las m ecuaciones (para este caso 2 ecuaciones, una para cada uno de los países); donde cada una de las ecuaciones comprenden Kn regresores, que dependen de las variables independientes del modelo, asignando un total de $K = \sum_{i=1}^n K_i$ regresores, propuesto por Suarez (2011).

En el mismo apartado, Enders (2004) afirma que los errores no están correlacionados entre países. Por tanto, $E[U_{it}U_{js}] = \sigma_{ij}$, si $t = s$ y 0 en otro caso. De esta manera, la formulación de los errores es: $E[U_i U_j] = \sigma_{ij} I_T$. Respecto a V :

$$V = E(UU') = \begin{bmatrix} E(U_1 U_1') & E(U_1 U_2') & \dots & E(U_1 U_m') \\ E(U_2 U_1') & E(U_2 U_2') & \dots & E(U_2 U_m') \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ E(U_m U_1') & E(U_m U_2') & \dots & E(U_m U_m') \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} I & \sigma_{12} I & \dots & \sigma_{1m} I \\ \sigma_{21} I & \sigma_{22} I & \dots & \sigma_{2m} I \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma_{m1} I & \sigma_{m2} I & \dots & \sigma_{mm} I \end{bmatrix}$$

En este caso, el signo de V simboliza a la matriz de errores, la cual se constituye de las varianzas y covarianzas de los errores de las ecuaciones. Aunque, al descomponerla se puede disociar a la matriz de identidad I , llegando a un esquema sintetizado donde V es una matriz simétrica, que supone que es positiva definida y que no es singular (Enders, 2004).

Dando eficacia a esto, cada ecuación en sí misma es una regresión clásica (una CKA tradicional). Por ende, los parámetros serían capaces de estimarse consistentemente, aunque no eficientemente por MCO. De tal manera que la alternativa es considerar que el modelo de regresión generalizado es acoplable al modelo agrupado verticalmente que expone Enders (2004), consiguiendo la siguiente forma matricial:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & X_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} = X\beta + U$$

En este caso, el estimador eficaz es el de MCG.

Con respecto a la estimación del método, dado que el modelo no implica simultaneidad de las variables endógenas en el sentido de ecuaciones simultáneas, Enders (2004) plantea que el procedimiento de estimación no difiere cuando son o no conocidas las varianzas y covarianzas de la matriz V . De esa forma, si se conocen, se usa el método de MCG; pero si no lo son, es imprescindible recurrir a una estimación inicial de los errores, por medio de MCO para cada una de las ecuaciones del sistema.

De este modo, para la observación i -ésima, Suarez (2011) escribe la matriz $m \times m$ de varianzas y covarianzas de los errores terminada definida de la siguiente manera:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \dots & \sigma_{mm} \end{bmatrix}$$

Dado que $V = E(UU')$ entonces $V = \sum I y.V^{-1} = \sum^{-1} I$. Por lo que, si se designa el i -ésimo elemento de $\sum^{-1} I$ por σ_{ij} , se halla que el estimador MCG es el siguiente:

$$\hat{\beta} = [X'V^{-1}]^{-1}X'V^{-1}y = \left[X' \left(\sum^{-1} I \right) X \right]^{-1} X' \left(\sum^{-1} I \right) y \quad (21)$$

En este apartado hay que señalar que existen dos casos particulares en que se alcanzan resultados iguales sobre cada ecuación al aplicar MCO o el método SUR. El primero se da cuando las correlaciones contemporáneas son iguales a 0, es decir, la existencia de dicha correlación provoca que las ecuaciones estén relacionadas (el cual, se da en este proyecto). El segundo ocurre cuando las variables explicativas de cada ecuación son las mismas (Suarez, 2011).

Para que los estimadores SUR logren su eficiencia, dependerá de la correlación actual de los términos de error entre ecuaciones. Por tanto, Moon-Perron (2004) impone que cuánto más elevada es dicha correlación, mayor va a ser la ganancia en eficiencia del estimador

generalizado. En el caso opuesto, no hay una ganancia notable de utilizar el método SUR frente al MCO, pues los triángulos de la matriz Σ se acercaran a cero.

Dentro del método SUR, se establecen una serie de ventajas y conclusiones que se determinan de la siguiente manera: los modelos de ecuaciones simultáneas contienen más de una variable dependiente, o endógena, lo cual requiere un número de ecuaciones igual al número de variables endógenas; en los modelos de ecuaciones simultáneas, la variable endógena o regresada puede aparecer como variable explicativa o regresora en otra ecuación del sistema; cualquier ganancia tiende a ser mayor cuando las variables explicativas en las diferentes ecuaciones no están altamente correlacionadas; por este motivo, con el método SUR, las significancias de las estimaciones prosperan con relación a MCO. Asimismo, el método SUR evita los problemas de heterocedasticidad y endogeneidad (Gujarati, 2009).

En conclusión, Suarez (2011) explica que el método SUR es un procedimiento que se adapta a la entidad del modelo de la CKA esencialmente por su carácter teórico (la influencia de un país en otro y la heterogeneidad de los mismos) y de las variables medioambientales que entran en protagonismo (la contaminación afecta tanto local como globalmente). Por lo que, sería erróneo plantear una sola CKA para los 2 países; como también sería erróneo proponer una CKA para cada país sin tomar en cuenta la dinámica económica ambiental de los 2.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Evolución del PIB per cápita para Brasil y EEUU

El ingreso o renta per cápita como lo exponen Dornbusch y Fischer (1991), es un indicador económico que tiene como finalidad la obtención de un valor que mida el bienestar o nivel de riqueza de un determinado territorio y se extrae de la relación entre el PIB de un país y su población.

$$PIB_{pt} = \frac{PIB_t}{POB_t} \quad (22)$$

No obstante, esta magnitud presenta discrepancias relevantes económicas ya que aísla de la realidad aspectos tales como lo son desigualdad en el reparto de las riquezas entre países, nivel de educación y nivel de desarrollo de las economías (Dornbusch y Fischer, 1991).

En adición a esto, Dornbusch y Fischer (1991) establecen que para mitigar el efecto distorsionador de la inflación en el análisis de cómputo, se utilizará el Producto Interno Bruto Real a precios constantes (PIBr) como variable endógena.

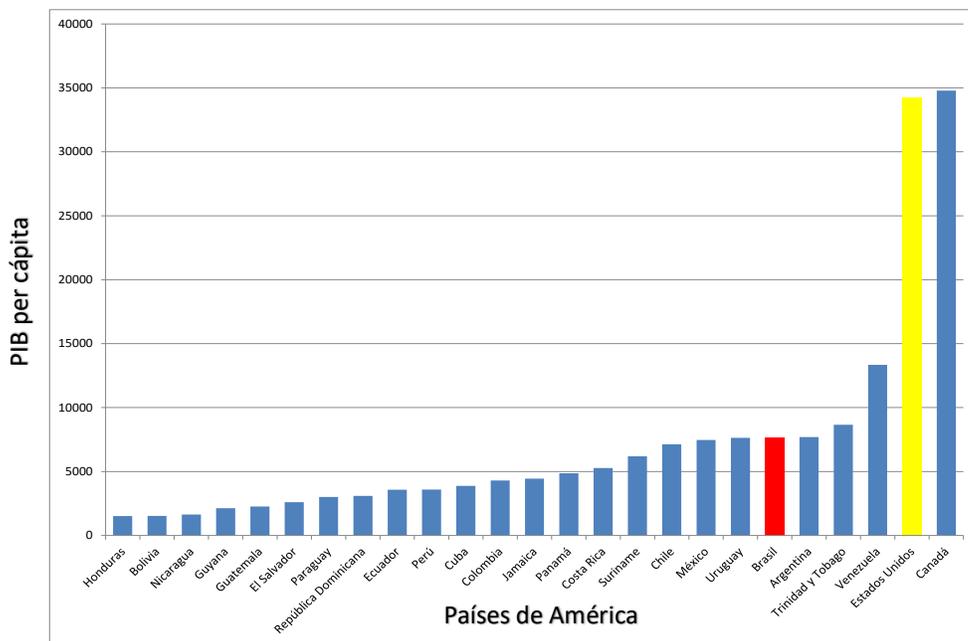
$$PIB_{rpt} = \frac{PIB_{rt}}{POB_t} \quad (23)$$

En el desarrollo del trabajo se tomó como año base 1960, que permitió la obtención del Producto Interno Bruto Real Per Cápita como medida aproximada de crecimiento económico para las economías de Brasil y EEUU.

El Producto interno bruto de EEUU (PIBpc), ubica a esta economía (EEUU) en el puesto número 2 en el ranking de 25 países en el continente de América. Por otro lado el PIB

Per Cápita de Brasil indica que es la sexta mayor economía de América en cuanto a PIB per cápita según datos obtenidos y calculados a través del Banco Mundial entre los años 1960-2014.

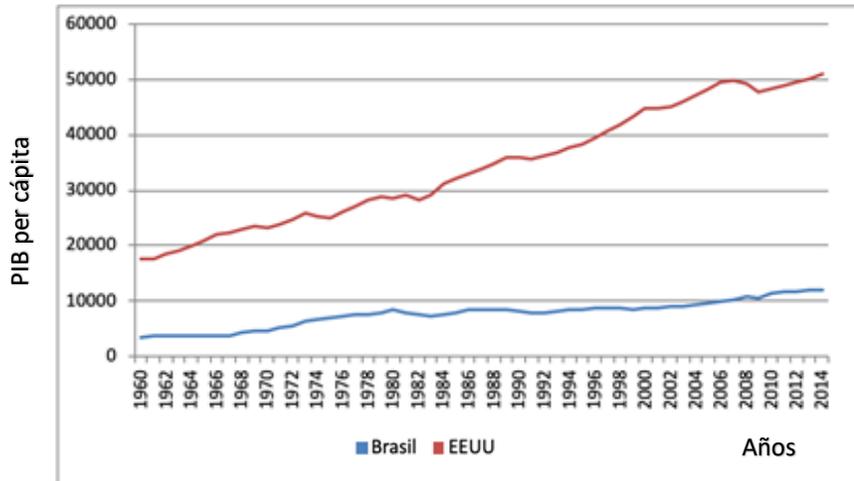
Gráfico 3: PIB Real Per Cápita América (Expresado en miles de USD)



Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

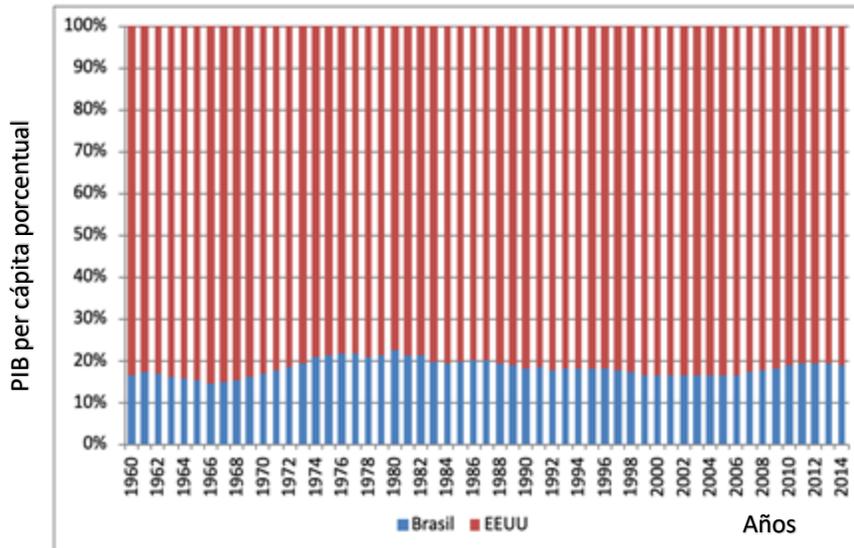
En el gráfico anterior se observa que los países en estudio presentan crecimientos ascendentes debido a su pendiente positiva a lo largo del período, estando por encima EEUU con un mayor nivel de PIB per cápita.

Gráfico 4: Comparación del PIB per cápita por País



Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

Gráfico 5: Comparación de proporción de PIB per cápita por país



Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

En términos porcentuales el PIB per cápita de Brasil participa entre el 15% y 22% mientras que EEUU participa en un 78% y 84%, respectivamente. Es por ello que surge la

necesidad de diferenciar dichas economías en cuánto a emisiones de gases de efecto invernadero, específicamente emisiones de CO₂.

4.2. Evolución de las emisiones de CO₂ para Brasil y EEUU

El aumento en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera causado por la actividad humana es el principal factor responsable de la intensificación del efecto invernadero y el cambio climático, esto es prueba de que existe una evidencia notoria de que se deben tomar medidas que conlleven a realizar una actuación decidida para reducir las emisiones y mitigar los efectos de la degradación ambiental, centrándose en lo ocurrido a partir de 1990 para el cual se empezaba a ver una considerable evidencia sobre el fenómeno del cambio climático y que toma como remisión los acuerdos de control de emisiones alcanzados en el Protocolo de Kioto (Alcántara y Padilla, 2005).

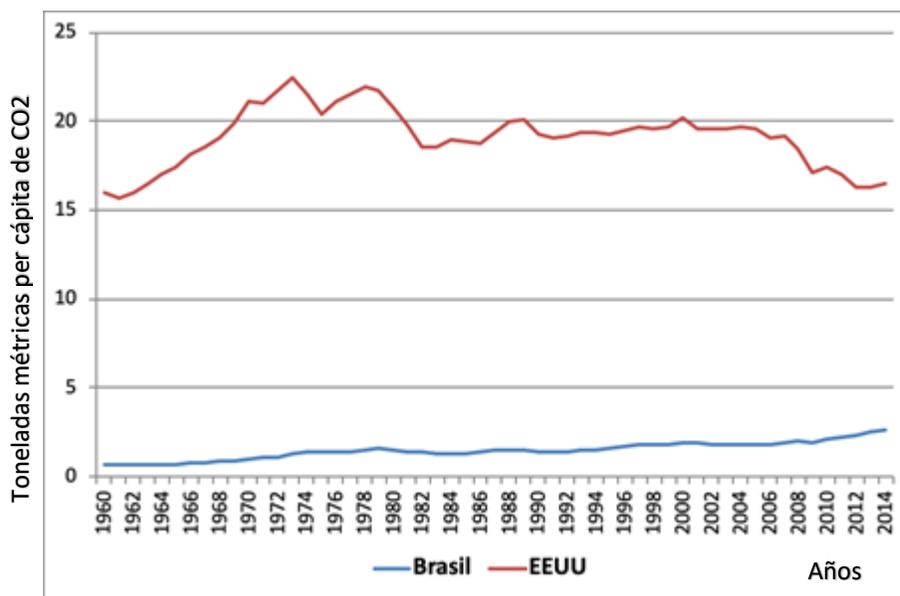
A más de una década de la elaboración del protocolo de Kioto, según De las Heras Abas (2015) las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han venido en aumento a un ritmo constante. El CO₂ fue el principal contribuyente a las emisiones totales durante el periodo comprendido entre 1990 y 2010, representando el 77,6% en 1990 y el 78,4% en 2010. El segundo contribuyente más importante fue el CH₄, seguido del N₂O. Este aumento podría contribuir, según organismos como el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático promovido por la ONU, al calentamiento global del clima planetario. Es por ello que existe la necesidad de estudiar empíricamente el comportamiento que se ha venido presentando a lo largo del tiempo del aumento en la cantidad de CO₂ en la atmósfera.

Entre los cinco primeros países emisores de CO₂ se encuentran China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón, representando conjuntamente casi el 60% de las emisiones totales. Las emisiones de CO₂ se miden por toneladas y por sectores, la principal actividad emisora es la generación de electricidad y de calor con el 42,1%, seguida de las industrias manufactureras y de construcción con el 19,2% y del transporte por carretera con el 17,5% según el Informe de situación de las emisiones CO₂ supuesto por De las Heras Abas (2015).

La calidad del aire se determina por el estudio que propician los valores que se instauran al relacionar los distintos gases contaminantes en el ambiente, con procedencia en el bienestar de la sanidad de los habitantes¹⁵, tomando en cuenta a los grupos más vulnerables en sectores de más contaminación y estableciendo criterios de vigilancia de la importancia del ambiente (De las Heras Abas, 2015).

En el gráfico Nro. 6, se observa el desenvolvimiento de las emisiones de CO₂ por país en el período de estudio 1960-2014, mostrando que EEUU tiene un comportamiento creciente hasta el año 1973; a partir del año 1990 a pesar de que las emisiones siguieron aumentando, la intensidad, es decir las cantidades de CO₂ por dólar de PIB disminuyó considerablemente en las últimas dos décadas.

Gráfico 6: Comparación de las Emisiones de CO₂ por País



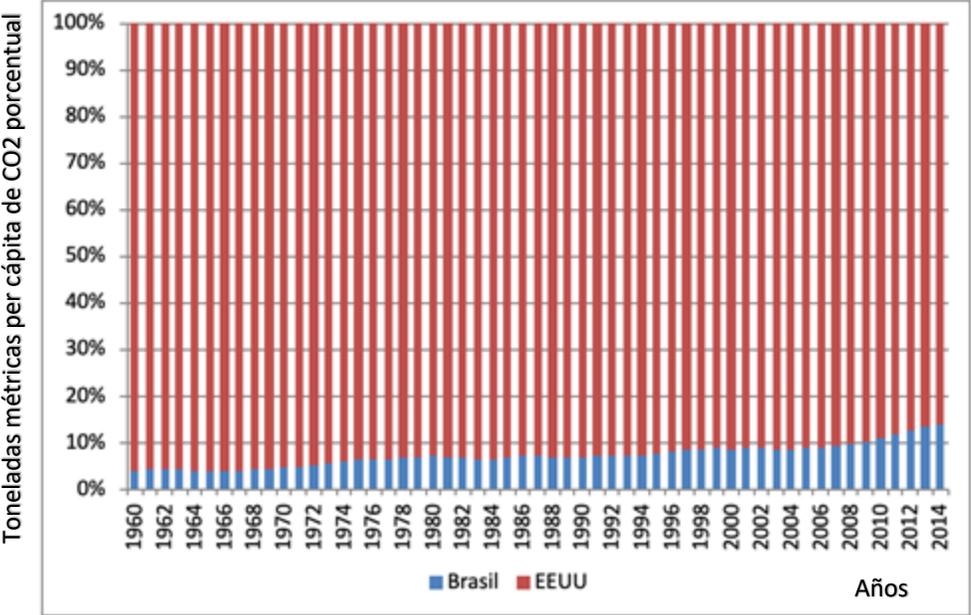
Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

En cuanto a Brasil, la segregación de las emisiones de CO₂ son muchos menores que a las del país en comparación (EEUU), pero en términos específicos Brasil se puede apreciar

¹⁵ Véase **CAPÍTULO II, sección 2.3**

que a medida que pasa el tiempo las emisiones de CO2 son cada vez mayores y van en constante aumento, tomando como punto de inflexión el año 2005 con 1.85808 toneladas métricas per cápita, a partir de ese año el aumento es cada vez más pronunciado, es decir, se puede asumir que Brasil mientras obtiene un mayor crecimiento económico emplea y segrega cada vez más emisiones de CO2.

Gráfico 7: Proporción de emisiones de CO2 por país



Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

Analizando las proporciones se puede observar que la intensidad de las emisiones decrece un 21 % durante los años 80 y un 16% durante los 90, por lo que no es ilógico pensar que aunque se cumpla el objetivo estadounidense de mejorar la intensidad de las emisiones en 2012 respecto a las del año 2000, las emisiones netas habrán crecido. Mientras que Brasil en su proporción, muestra que la intensidad del crecimiento/emisiones se representa entre 4% y 7% de en un periodo estudio de 30 años (1960-1990), y a comienzos de los años 90 el alza sigue siendo protagonista debido a que el número de emisiones fue de un 8%, cabe destacar que la magnitud de las economías de ambos países son disimiles respecto a uno con

el otro, es decir, se expone por arriba una economía de un país desarrollado y por el otro lado un país cuya economía representa un país en desarrollo, por lo que demuestra que un país obtuvo un mayor crecimiento económico generando un alto grado de emisiones de CO₂.

4.3. Relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂.

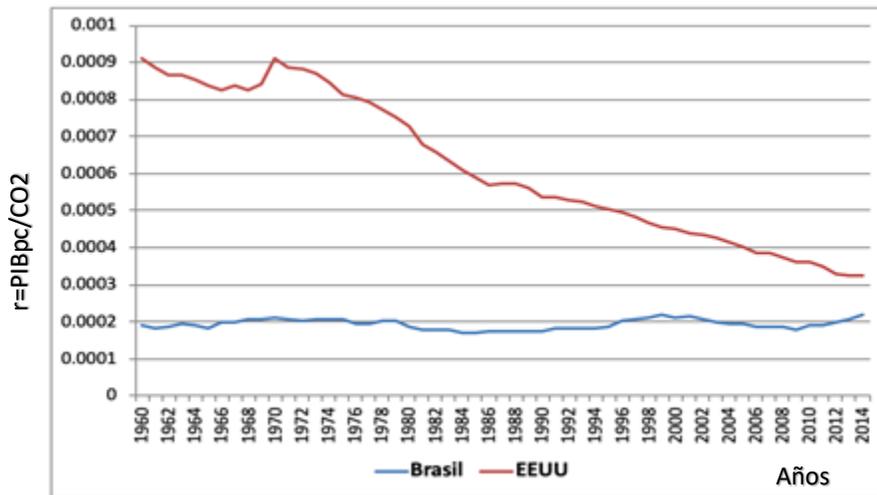
Durante las últimas décadas han sido desarrolladas distintas investigaciones económicas sobre el impacto de la relación entre crecimiento económico y calidad medioambiental. La evidencia empírica demuestra que a cierto punto el crecimiento económico impacta negativamente al entorno incluso hasta llegar a no tener crecimiento; esta hipótesis es sustentada con el afirmamiento de que un país requiere crecimiento económico hasta cierto umbral, para que los próximos efectos en el medio ambiente sean positivos (Grossman-Krueger, 1991; 1995; Panayotou, 1997).

Los estudios de literatura económica ambiental sugieren desarrollar dos líneas de investigación para abordar los temas antes mencionados, la primera de ellas se centra en verificar el hecho de que todo proceso contaminante obedece la teoría de la CKA, contrastando si también se cumple para emisiones de CO₂ y la segunda analiza la interrelación entre consumo emisiones de CO₂ y crecimiento económico a través del indicador de depresión ambiental (Panayotou, 1997):

$$r_t = \frac{CO2_t}{PIB_p} (24)$$

Tomando como punto de partida la hipótesis que todo proceso contaminante cumple con la teoría de la CKA, se contrasta si esto también se cumple para el CO₂. Centrándose en la elaboración de un modelo econométrico, este trabajo estudia la relación existente entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂.

Gráfico 8: Relación entre Crecimiento Económico y Emisiones de CO2 (Expresado en toneladas métricas/USD)



Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

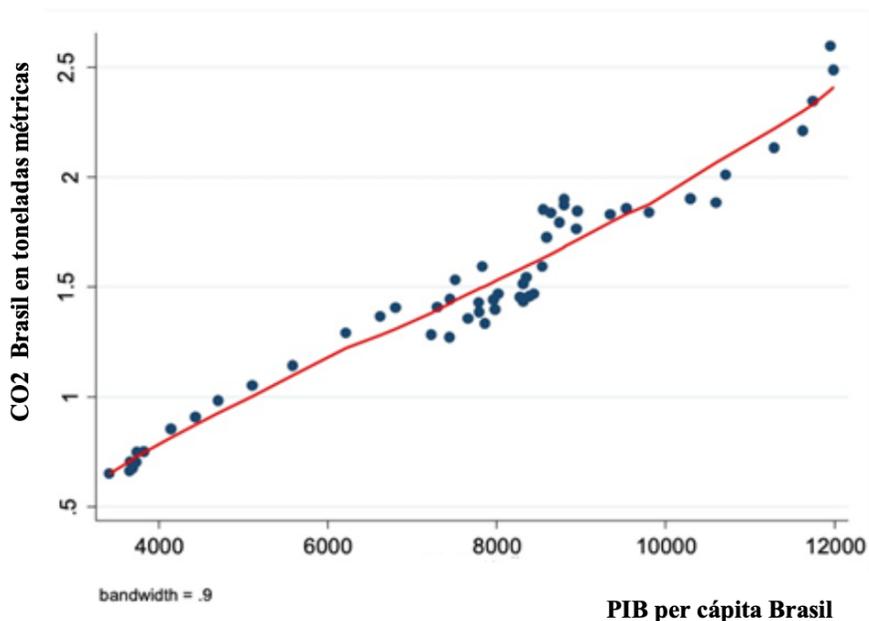
En la gráfica Nro. 8 se puede observar que EEUU a comienzos de los años 70 el costo medioambiental del crecimiento económico del país se va reduciendo sin parar su sentido de tendencia, mientras que Brasil mantiene su relación crecimiento/emisiones de manera equitativa con una serie de correcciones (altos y bajos), hasta el año 2012 donde se empieza a ver un aumento en emisiones progresivamente. Pese a la diferencia de tamaño de las economías tanto de EEUU como Brasil, se puede suponer que un país (EEUU) sus emisiones seguirán disminuyendo a lo largo del período y el otro país (Brasil) su relación crecimiento/emisiones continuará en incremento, es decir, habrá crecimiento económico pero su costo medioambiental irá a la misma proporción.

4.4. Método no paramétrico. Regresión localmente ponderada.

Utilizando este método para tener una primera aproximación gráfica sobre la forma que toma la CKA para los países en estudio, Brasil y EEUU. Es importante conocer la forma de la curva porque indica el nivel de desarrollo entre otras cosas que tienen los países, ya que

comparan las emisiones de CO2 y el PIB per cápita. A continuación se muestra el resultado de la CKA para Brasil.

Gráfico 9: Curva de Kuznets Ambiental para Brasil



Fuente: Cálculos propios STATA y datos del Banco Mundial

Al observar esta CKA, se evidencia que tiene una forma lineal ascendente con una cierta curvatura lo que afirma que para Brasil el crecimiento económico persé, implica el aumento de las emisiones de CO2, esto es indicativo en lo que respecta al gas de efecto invernadero que Brasil es un país en desarrollo donde el crecimiento económico implica un costo medioambiental. En términos de las fases de la CKA¹⁶ se concluye que Brasil todavía está en la primera fase de la curva, esto es indicador de que está en una etapa ascendente donde el crecimiento implica, necesariamente, emisiones de CO2.

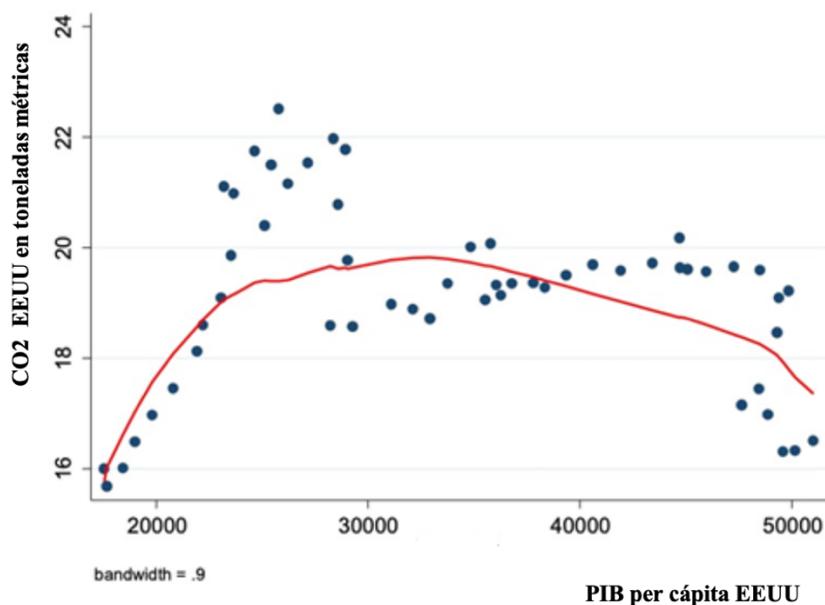
Se puede acotar al observar la nube de puntos del diagrama de dispersión, que estos están muy cercanos a la curva, indicando que los análisis de regresión que se harán posteriormente en cuanto a la bondad de ajuste para el caso de Brasil serán excelentes, dándole una mayor validez estadística a la CKA. La línea de puntos representa para Brasil

¹⁶ Véase **CAPÍTULO II. Gráfico 2 (b)**.

que el crecimiento económico implica igualmente el crecimiento de CO₂. Interpretando esto, se asume que Brasil está en una etapa primaria o iniciando la primera etapa de la CKA. Es un país que todavía no está desarrollado porque el crecimiento económico implica necesariamente emisiones de CO₂.

Para EEUU se puede observar el comportamiento de la curva de la siguiente manera:

Gráfico 10: Curva de Kuznets Ambiental para EEUU



Fuente: Cálculos propios STATA y datos del Banco Mundial

Con un ancho de banda de 0,9 es notorio ver que EEUU muestra una CKA que tiene forma de una curva U invertida, nos indica que a mayor crecimiento económico no necesariamente implica mayor crecimiento en emisiones de CO₂ y esto es característica de un país desarrollado. Se puede afirmar que EEUU atravesó una etapa en la que el ascenso del crecimiento económico venía acompañada de máximas emisiones de CO₂ (máximo absoluto) para que después, el aumento del crecimiento económico genere menores emisiones de CO₂. Adicionalmente es relevante observar que la nube de puntos del diagrama

está dispersa de la curva. Si asociamos esto con la bondad de ajuste como se vió para el caso de Brasil, suponemos que cuando se proceda a hacer un análisis de regresión para EEUU, dicha bondad será muy inferior por lo que en este caso en particular, hallar la CKA a través de métodos econométricos será menos preciso que lo obtenido para Brasil.

De este apartado se puede concluir que el desarrollo económico de Brasil y EEUU basado en la CKA muestra fases distintas en lo que se refiere a emisiones de CO₂. Brasil muestra un comportamiento que suele ser típico de los países en vías de desarrollo en donde el aumento del PIBpc implica mayores emisiones de CO₂. Siendo la arista contraria el caso de EEUU, donde la CKA se muestra en forma de U invertida, asumiendo que está en una etapa donde anteriormente el aumento del PIBpc implicaba mayores emisiones de CO₂ toneladas per cápita, para que posteriormente el aumento de PIBpc implique menores emisiones de CO₂. Este comportamiento es característico de un país desarrollado económicamente.

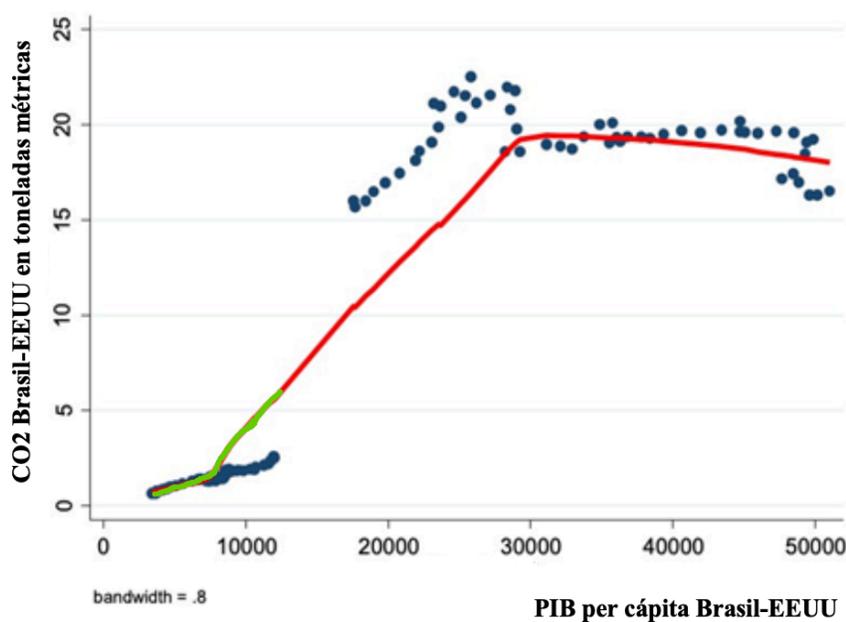
Las nubes de puntos dispersos alejados de la curva se refieren a la intersección del contaminante (CO₂) y el PIBpc en un año dado para un país en específico. Por tanto, es necesario señalar que las líneas de puntos que se han formado por encima de la curva y que se observan de forma bien pronunciada, se refieren a datos atípicos generados a lo largo del período.

4.5. Método paramétrico. Datos de panel por promedio de grupos agrupados (PMG)

El objetivo de datos de panel en este apartado, es determinar si es posible obtener un modelo matemático que describa la CKA de la región, es decir, tomando en cuenta a Brasil y EEUU al mismo tiempo como una sola región geográfica.

En el gráfico Nro.11 se muestra la CKA tomando en cuenta a Brasil y EEUU al mismo tiempo estimado a través del método de regresión localmente ponderada.

Gráfico 11: Curva de Kuznets Ambiental por región para Brasil y EEUU



Fuente: Cálculos propios STATA y datos del Banco Mundial

Se observa nuevamente lo diferente del PIBpc y las emisiones de CO2 de estos países, Brasil en niveles muy inferiores de ambas variables con una curva CKA individual y una curva ascendente, y muy por arriba se encuentra EEUU con niveles muy superiores en las 2 variables (PIB y CO2) generando una curva CKA con forma de U invertida. Cuando se unifican y consideran estos dos países como una región notamos que la CKA obtenida nuevamente presenta una curva U invertida, esto claramente influenciado por el comportamiento de EEUU que tiene un gran peso en la estimación por tener valores superiores y un comportamiento más heterogéneo (mas disperso).

Por el otro lado, tenemos a Brasil con valores muy inferiores y un comportamiento más homogéneo (menos disperso). Estas características antes mencionadas hacen que la importancia de EEUU en la estimación con data panel tenga un gran peso, por lo cual, cualquier modelo de regresión con data panel obtenida pudiera mostrar valores sesgados y en consecuencia se tenga que ver estas estimaciones con más cuidado, debido a lo disímiles de los países.

Tomando en cuenta que la CKA regional presenta una forma de U invertida, la formulación del modelo de regresión debe ser un modelo cuadrático, como el que se muestra a continuación:

A continuación se presenta la ecuación de cointegración de la CKA de la región:

$$CO2_{it} = \beta_1 + \beta_2 PIBpc_{it} + \beta_3 PIBpc_{it}^2 + u_{it}$$

Donde:

$$i = 1,2$$

$$t = 1960 - 2014$$

Como la CKA es una U invertida (parábola que abre hacia abajo):

$$\beta_2 > 0$$

$$\beta_3 < 0$$

Donde $CO2_{it}$ son las emisiones medidas en toneladas métricas per cápita, β_1 es el coeficiente de la intersección, β_2 es el coeficiente del PIB per cápita al nivel y β_3 es el coeficiente del PIB per cápita al cuadrado. Así, la variable emisiones contaminantes $CO2_{it}$ depende de la variable explicativa $PIBpc_{it}$ en el tiempo.

Aplicando el método PMG despejamos la perturbación de la ecuación de cointegración

$$u_{it} = CO2_{it} - \beta_1 - \beta_2 PIBpc_{it} - \beta_3 PIBpc_{it}^2$$

Insertándolo en el modelo de corrección del error MCE obtenemos:

$$\Delta CO2_{it} = \gamma u_{it} + \sum_{j=1}^p \alpha_j PIBpc_{it-j} + \sum_{j=1}^p \delta_j PIBpc_{i,t-j}^2 + \varepsilon_{it}$$

Antes de realizar la estimación de la regresión con datos panel, se debe determinar el orden de integración de estas variables ya que el método PMG requiere que las variables sean

integradas de orden 0 o de orden 1. Para este fin se utiliza la prueba de raíz unitaria para datos panel cuyo cuadro resumen se muestra a continuación.

Tabla 1: Resumen de las pruebas de raíz unitaria para datos panel.

VARIABLES	PRUEBA	P VALOR	DECISION	CONCLUSION
CO2	Levin, Lin & Chu t*	0.7981	NO ESTACIONARIA	N/A
	Im, Pesaran & Shin W-Stat	0.7737	NO ESTACIONARIA	N/A
	adf-Fisher Chi-square	0.4298	NO ESTACIONARIA	N/A
	pp-Fisher Chi-square	0.7250	NO ESTACIONARIA	N/A
ΔCO2	Levin, Lin & Chu t*	0.0023	ESTACIONARIA	I(1)
	Im, Pesaran & Shin W-Stat	0.0001	ESTACIONARIA	I(1)
	adf-Fisher Chi-square	0.0001	ESTACIONARIA	I(1)
	pp-Fisher Chi-square	0.0000	ESTACIONARIA	I(1)
PIBpc	Levin, Lin & Chu t*	0.4326	NO ESTACIONARIA	N/A
	Im, Pesaran & Shin W-Stat	0.9575	NO ESTACIONARIA	N/A
	adf-Fisher Chi-square	0.9778	NO ESTACIONARIA	N/A
	pp-Fisher Chi-square	0.9843	NO ESTACIONARIA	N/A
ΔPIBpc	Levin, Lin & Chu t*	0.0000	ESTACIONARIA	I(1)
	Im, Pesaran & Shin W-Stat	0.0000	ESTACIONARIA	I(1)
	adf-Fisher Chi-square	0.0000	ESTACIONARIA	I(1)
	pp-Fisher Chi-square	0.0000	ESTACIONARIA	I(1)

Pruebas realizadas a un nivel de significancia del 5%

Fuente: cálculos propios

salidas econométricas, ver anexos

El resultado de la prueba de raíz unitaria nos indica que ambas variables son integradas de orden 1, por lo cual pudimos aplicar el método de estimación promedio de grupos agrupados (PMG) para estimar el modelo de regresión de CKA con datos panel.

Se determinó que la cantidad de rezagos óptimos para ser utilizados en el método PMG es de 5 rezagos (utilizando el criterio Schwarz), ya que otra cantidad de rezagos trae como consecuencia inconsistencia teórica, es decir, no se cumple que $\beta_2 > 0$, $\beta_3 < 0$ que es un requerimiento tomando en cuenta el análisis que habíamos hecho anteriormente en el método de regresión localmente ponderada. En este caso los coeficientes resultaron significativos y coherentes con el signo esperado.

A continuación se muestra los coeficientes estimados con la regresión de data panel:

$$\widehat{CO2}_{it} = 1.0844 + 0.0002PIBpc_{it} - 3.20 * 10^{-9}PIBpc_{it}^2$$

Hay que recordar que la estimación de este modelo hay que observarlo con mucho cuidado ya que las estimaciones pueden estar sesgadas por lo explicado anteriormente. Lo importante es mencionar que hay evidencias estadísticas como para afirmar que existe una CKA regional.

Tabla 2: Regresión paramétrica data panel BRASIL-EEUU

VARIABLES	BRASIL-USA
Intercepto	1.0843
Error estandar	(1.0561)
PIBpc	0.0002** ($8.56 \cdot 10^{-5}$)
PIBpc ²	-3.2*10 ⁻⁹ ** ($1.42 \cdot 10^{-9}$)
Períodos	55
Paneles	2
Muestra	110

() representa el error estandar
 *** p<0,001 **p<0.05 *p<0.10

Con un nivel de significancia del 5% y aunque sea muy discutible la interpretación de los resultados, se afirma que mediante del análisis de datos de panel es posible encontrar un modelo de CKA en forma de U invertida para EEUU y Brasil los cuales, concuerdan con la forma funcional observada en el análisis no paramétrico, dándole una mayor consistencia a los resultados. La interpretación económica de estas regresiones indica que se está aceptando la evidencia de la existencia de una relación entre el crecimiento económico y el deterioro medioambiental; sin embargo con el fin de evitar regresiones espurias entre las variables es necesario realizar pruebas de cointegración que va a permitir determinar la relación a largo plazo entre las variables.

4.6. Método Paramétrico. Cointegración de series de tiempo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

En esta sección se busca obtener la ecuación matemática de la CKA para cada uno de los países, tomando en cuenta únicamente las variables internas que definen a cada país. Esto quiere decir que la CKA calculada en este apartado tomará en cuenta solo al país como si no existieran otros en estudio, por lo tanto es un cálculo interno e independiente de CKA.

Para poder estimar el modelo matemático de CKA a través de modelo de regresión se utiliza el Método de Cointegración de Engle- Granger para evitar la regresión espuria. Para que exista una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables (cointegración) utilizando el método Engle y Granger se deben cumplir dos requisitos:

1. Las variables que participan en el modelo de regresión, es decir, las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico medido a través del PIB per cápita deben ser procesos integrados de orden 1.
2. Se estima el modelo de regresión siguiendo la formulación matemática de una Curva Kuznets cuadrática. Las perturbaciones del modelo de regresión deben ser ruido blanco, es decir, deben ser integradas de orden 0.

Siguiendo la metodología de cointegración antes explicada proceden a realizar la primera condición de cointegración utilizando un análisis de estacionariedad aplicando las pruebas de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron a las variables emisiones de CO₂ y crecimiento económico. A continuación se muestran los cuadros resúmenes de la aplicación de estas pruebas.

Tabla 3: Resumen prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada

VARIABLES	PAIS	EXOGENAS	REZAGOS	P-VALOR	DECISION	CONCLUSION
CO2	BRASIL	NINGUNA	0	0,9999	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ CO2	BRASIL	CONSTANTE	0	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)
PIB _{pc}	BRASIL	NINGUNA	0	1	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ PIB _{pc}	BRASIL	CONSTANTE	0	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)
CO2	EEUU	CONSTANTE Y TENDENCIA	1	0,2543	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ CO2	EEUU	NINGUNA	0	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)
PIB _{pc}	EEUU	CONSTANTE Y TENDENCIA	1	0,2315	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ PIB _{pc}	EEUU	CONSTANTE	0	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)

Pruebas realizadas a un nivel de significancia del 5%

Fuente: cálculos propios

salidas econométricas, ver anexos

Tabla 4: Resumen prueba de Phillips-Perron

VARIABLES	PAIS	EXOGENAS	BANDAS	P-VALOR	DECISION	CONCLUSION
CO2	BRASIL	NINGUNA	4	0,9985	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ CO2	BRASIL	CONSTANTE	3	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)
PIB _{pc}	BRASIL	NINGUNA	3	0,9995	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ PIB _{pc}	BRASIL	CONSTANTE	2	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)
CO2	EEUU	CONSTANTE Y TENDENCIA	1	0,6696	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ CO2	EEUU	NINGUNA	2	0,0000	ESTACIONARIA	I (1)
PIB _{pc}	EEUU	CONSTANTE	4	0,9273	NO ESTACIONARIA	N/A
Δ PIB _{pc}	EEUU	CONSTANTE	7	0,0001	ESTACIONARIA	I (1)

Pruebas realizadas a un nivel de significancia del 5%

Fuente: cálculos propios

salidas econométricas, ver anexos

Se determinó utilizando las pruebas de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron que para los países de Brasil y EEUU las variables en estudio, emisiones de CO₂ y crecimiento económico son integradas de orden 1, cumpliéndose con la primera condición de cointegración según el método de Engle-Granger.

Ahora, siguiendo la segunda condición de cointegración se realiza un análisis de estacionariedad aplicando las pruebas de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron a las perturbaciones de los respectivos modelos de regresión. A continuación se muestran los cuadros resúmenes de la aplicación de estas pruebas.

Tabla 5: Resumen prueba Dickey-Fuller Aumentada Residual

VARIABLES	PAIS	EXOGENAS	REZAGOS	P-VALOR	DECISION	CONCLUSION
ERROR	BRASIL	NINGUNA	1	0,0463	ESTACIONARIA	I(0)
ERROR	EEUU	NINGUNA	1	0,0112	ESTACIONARIA	I(0)

Pruebas realizadas a un nivel de significancia del 5%
 Fuente: cálculos propios
 salidas econométricas, ver anexos

Tabla 6: Resumen prueba Phillips-Perron Residual

VARIABLES	PAIS	EXOGENAS	BANDAS	P-VALOR	DECISION	CONCLUSION
ERROR	BRASIL	NINGUNA	3	0,0493	ESTACIONARIA	I(0)
ERROR	EEUU	NINGUNA	3	0,0329	ESTACIONARIA	I(0)

Pruebas realizadas a un nivel de significancia del 5%
 Fuente: cálculos propios
 salidas econométricas, ver anexos

En cuánto a los resultados obtenidos, se evidencia que las perturbaciones de los modelos de regresión son efectivamente ruido blanco, es decir que son integradas de orden 0. Lo anterior cumple con la segunda condición de cointegración del método de Engle-Granger y por ende, se puede establecer que las regresiones de Brasil y EEUU que representan las respectivas Curvas Kuznets Ambiental son ecuaciones de cointegración evitándose así la regresión espúrea.

Luego del análisis de cointegración se presentan las estimaciones Mínimo Cuadrados Ordinarios (MCO) de las CKA de Brasil y EEUU.

Brasil: $R^2 = 0,95$

$$\widehat{CO2}_t = 0,1766 + 0.001PIBpc_t + 4,06 * 10^{-9}PIBpc_t^2$$

USA: $R^2 = 0,42$

$$\widehat{CO2}_t = 6,7342 + 0.008PIBpc_t - 1,17 * 10^{-8}PIBpc_t^2$$

La estimación de CKA para Brasil arrojó que el β_2 es positivo y significativo al 5%, mientras que β_3 es positivo pero significativo al 10%. A diferencia de lo que se vió con la

forma de la CKA en las regresiones localmente ponderadas, Brasil no tiene forma de línea recta sino que presenta una forma de una leve J, ya que el término cuadrático solo es significativo al 10%. Es remarcable la excelente bondad de ajuste que tiene este modelo que se avizoraba cuando se observó la nube de puntos cercanos a la CKA en la gráfica de la regresión localmente ponderada.

Para EEUU sucede que el β_2 es positivo y significativo al 5% a diferencia del β_3 que es negativo pero significativo igualmente al 5%. Esto da como conclusión que para la forma de la CKA de EEUU efectivamente tiene una U invertida. Contrario a Brasil, la bondad de ajuste de USA es mucho menor y esto indica que la CKA no se ajusta tan bien al comportamiento de las variables como lo hace Brasil, es decir la nube de puntos están más dispersas con respecto a la curva.

El hecho de que EEUU como ya fue demostrado estadísticamente tenga forma de U invertida, esto implica necesariamente que en sus primeras etapas de desarrollo el crecimiento económico implicaba deterioro medioambiental mediante el crecimiento de las emisiones de CO2 hasta llegar a un máximo, donde después de este máximo el crecimiento económico implica disminuciones de CO2 (menor costo medioambiental). A continuación se calcula en qué punto se alcanza el máximo de emisiones de CO2 a través de la siguiente forma:

Nivel de PIB per cápita en donde se consigue el máximo.

$$max = -\frac{\hat{\beta}_2}{2\hat{\beta}_3} = -\frac{0,0008}{2 * (-1,17 * 10^{-8})} = 34.188,0341USD$$

Nivel de CO2 máximo

$$\widehat{CO2}_t = 6,7342 + 0.008PIBpc_t - 1,17 * 10^{-8}PIBpc_t^2$$

$$\widehat{CO2}_t = 6,7342 + 0.008 * 34.188,0341 - 1,17 * 10^{-8} * 34.188,0341^2$$

$$\widehat{CO2}_t = 266,5632 \text{ toneladas métricas}$$

Con los resultados anteriores, se demuestra que cada país tiene una CKA tomando en cuenta exclusivamente las variables internas e ignorado la interacción que pueda existir entre estos países (independencia).

4.7.Método paramétrico. Modelo de regresiones aparentemente no relacionadas mediante Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG)

En este apartado se estudia la CKA de Brasil y EEUU individualmente al igual que el apartado anterior, pero tomaremos en cuenta que existe una interrelación entre ambos países. Mientras que en el apartado anterior la CKA se calculaba con las variables internas solamente, en este apartado la CKA se calcula nuevamente con la variables internas pero considerando la interacción entre los países. Para llevar a cabo el análisis econométrico de lo antes planteado se debe recurrir a un modelo de regresión con ecuaciones simultaneas, utilizando el método de regresiones aparentemente no relacionadas (Seemingly Unrelated Regression – SUR)

De todos los análisis econométricos hechos hasta el momento se afirma que este es el más cercano a la realidad con respecto a todos los anteriores, ya que la estimación de la CKA se hace tomando en cuenta las variables internas de los respectivos países y se considera la interacción que existe entre ellos. Siendo 1 Brasil y 2 EEUU, se debe estimar el siguiente sistema de ecuaciones simultáneas

$$\begin{cases} CO2_{1t} = \alpha_1 + \alpha_2 PIB_{1t} + \alpha_3 PIB_{1t}^2 + u_{1t} \\ CO2_{2t} = \beta_1 + \beta_2 PIB_{2t} + \beta_3 PIB_{2t}^2 + u_{2t} \end{cases}$$

Los resultados de la estimación se muestran a continuación

$$\begin{cases} \widehat{CO2}_{1t} = 0,2975 + 0,0001 PIB_{1t} + 6,46 * 10^{-9} PIB_{1t}^2 \\ \widehat{CO2}_{2t} = 7,0632 + 0,0008 PIB_{2t} - 1,16 * 10^{-8} PIB_{2t}^2 \end{cases}$$

Como se puede observar, las estimaciones difieren un poco de las regresiones que estimamos en el apartado anterior. Nuevamente Brasil muestra una excelente bondad de ajuste con $R^2 = 0,95$ y EEUU con una regular bondad de ajuste de $R^2 = 0,41$. Todas las variables resultaron significativas individualmente al 5% y los signos de los coeficientes son coherentes con los esperados.

Máximo para EEUU

Nivel de PIB per cápita en donde se consigue el máximo.

$$\max = -\frac{\hat{\beta}_2}{2\hat{\beta}_3} = -\frac{0,0008}{2 * (-1,16 * 10^{-8})} = 34.482.7586\text{USD}$$

Nivel de CO2 máximo

$$\widehat{CO2}_{2t} = 7,0632 + 0,0008PIB_{2t} - 1,16 * 10^{-8}PIB_{2t}^2$$

$$\widehat{CO2}_{2t} = 7,0632 + 0,0008 * 34.482.7586 - 1,16 * 10^{-8} * 34.482.7586^2$$

$$\widehat{CO2}_{2t} = 20,8563 \text{ toneladas métricas}$$

Para que tenga sentido estadístico utilizar el modelo de ecuaciones simultáneas a través de regresiones aparentemente no relacionadas las perturbaciones de ambos modelos deben estar correlacionadas, para verificar esto se utilizó la prueba Breusch-Pagan El resultado de la regresión muestra el nivel de ingreso per cápita máximo donde a partir del cuál se alcanza un máximo en el nivel de emisiones de CO2, con un nivel de significancia del 5% se verificó que efectivamente las perturbaciones están autocorrelacionadas.

CONCLUSIONES

Esta investigación se centró en contrastar que existe una relación entre la economía y el medioambiente a través del modelo de la CKA. Dicha relación se verificó para las economías de Brasil y EEUU en el período 1960-2014. En el análisis de la evolución del PIB per cápita por país se evidenció que EEUU presentó niveles superiores al PIB per cápita de Brasil. En vista de que estas economías difieren entre sí, por la forma en que se componen sus PIBpc y por el tipo de actividad económica que realizan e incluso la manera en que se generan sus emisiones de CO₂; EEUU mostró mayor capacidad de emitir gas contaminante que Brasil, lo recomendado por los autores fue observar dicha relación a nivel comparativo.

Al comparar EEUU con Brasil, tal vínculo estableció que el costo medioambiental a causa del crecimiento económico para la primera economía estuvo disminuyendo y para el caso de la segunda se había mantenido constante. Esto se debe a que existen diferencias en la manera que se producen los bienes en las dos economías.

Brasil, por la forma funcional de la curva (que demostró ubicarse en la fase ascendente) es característico de un país en desarrollo, esto, debido a su expansión industrial, falta de implementación de tecnologías que impliquen menores emisiones de CO₂ y a su vez, desigualdad en términos de actividades económicas, que está estrechamente relacionado con la desigualdad en el uso de sus espacios. Dicho esto, es importante resaltar que existe una concentración progresiva de los habitantes en las grandes ciudades que a su vez presenta una gran densificación urbana que acarrea impactos ambientales.

Sin embargo, EEUU siendo un país mas desarrollado, incluye en sus formas de producción mejoras de la eficiencia energética, la introducción de las tecnologías de la información, y la transición desde una economía basada en industria pesada a otra más orientada a servicios (Bernanke y Frank, 2007).

Una vez establecida la comparación y si bien, la evidencia de la relación económica/ambiental es un hecho, los autores procedieron a estimar una curva CKA a través de la metodología econométrica de regresión localmente ponderada, que les permitió observar a nivel individual la forma funcional de cada curva, para cada país.

La economía de Brasil reflejó a través de la estimación que el crecimiento económico está en ascenso y a su vez, implica aumentos en las emisiones de CO₂. La forma lineal de la curva CKA para el caso de esta economía supone que, necesariamente, aumentos en los niveles de PIB generan altos costes medioambientales. Dicho esto, los autores establecen que Brasil está en etapa de desarrollo y dado el comportamiento de la forma funcional encontrada, confirman que se encuentra en la primera fase de la curva¹⁷, esto es debido a que el crecimiento económico implica necesariamente incrementos en cuánto a emisiones de CO₂.

Para el caso de EEUU, la misma estimación demostró que la relación crecimiento-ambiente presenta una forma de U invertida, lo que se tradujo en que durante un determinado período de tiempo, el crecimiento económico estuvo acompañado de un aumento de emisiones de CO₂, es decir, EEUU elevó su costo medioambiental hasta un máximo¹⁸, donde a partir de ese nivel de crecimiento se generarían menores emisiones. Esto es característico de un país desarrollado, que a pesar de poseer altos niveles de industria la forma en que aumenta su crecimiento no está perpetuado a la destrucción del medioambiente (medido en niveles de CO₂).

Los investigadores a través de la metodología de datos panel (PMG), pretendieron sintetizar la interacción conjunta de los países en estudio con el fin de considerar a ambos como una región. A pesar de ser economías muy disímiles, la obtención de la CKA conjuntamente muestra una forma de U invertida, que se refleja en que EEUU al ser una economía más grande en comparación a Brasil, el comportamiento que toma la curva se vio influenciado por el primer país y mediante el método antes mencionado los coeficientes

¹⁷ Véase **CAPÍTULO II, Gráfico Nro. 2 (b)**.

¹⁸ Véase **CAPÍTULO IV, Gráfico Nro. 11**.

resultaron significativos y coherentes con el signo esperado, es decir, la regresión se verificó y resultó una parábola que abre hacia abajo.

Una vez verificado que existe una CKA regional para ambos países, los autores procedieron a demostrar mediante la cointegración de series de tiempo (método de Engle-Granger) si existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables. Para el caso de Brasil, con una excelente bondad de ajuste, se comprobó que el primer coeficiente es significativo al 5% (signo positivo) y el segundo coeficiente significativo al 10% (signo positivo), lo que supone que el país no ha llegado a un máximo y a largo plazo la relación entre las variables irá en aumento. Para el caso de EEUU, comprueban que el primer coeficiente arrojó signo positivo y el segundo coeficiente signo negativo, con un nivel de significancia de 5% respectivamente. Nuevamente, EEUU matemáticamente demostró tener una forma parabólica invertida que afirma que a largo plazo, su crecimiento económico implica menores costes medioambientales medido en función de las emisiones de CO₂.

El método de cointegración resultó útil para determinar la influencia de un país en otro, así como la presencia de heterogeneidad¹⁹. Sin embargo, a través de ecuaciones simultáneas (método SUR) los autores procedieron a estimar la interrelación de ambas economías tomando en cuenta sus variables internas y los efectos de la relación crecimiento-deterioro provocados por el otro país. Sin embargo tendría más sentido determinar como las emisiones de un país influyen en el nivel de CO₂ de otro país ya que un país puede tener un alto nivel de CO₂ en su aire pero no por su propio crecimiento económico sino por la contaminación que genera el crecimiento económico de un país vecino. Los resultados obtenidos comprobaron que ambos modelos de regresión son significativos individualmente a un nivel de 5%.

Brasil con una excelente bondad de ajuste, confirma nuevamente que su crecimiento implica deterioro medioambiental y a su vez, las variables están relacionadas directa y positivamente. Con una bondad de ajuste regular, para el caso de EEUU, se corroboró la forma de U invertida y se comprobó el nivel máximo de PIB per cápita (USD 34.482,7586)

¹⁹ Comportamiento mas disperso.

a partir del cuál se alcanza el máximo de emisiones del gas contaminante (20,8563 toneladas métricas).

Resulta imprescindible resaltar las diferencias económicas y ambientales que presentan los países estudiados. Sin embargo, la validez de la investigación depende tanto de los aspectos teórico-matemáticos esbozados a lo largo del desarrollo y el nivel de interpretación que consigan darle futuros lectores e investigadores. Dicho de otra forma, los autores logran demostrar para una muestra de países (Brasil y EEUU), que el crecimiento económico medido a través del PIB per cápita, está estrechamente relacionado con el deterioro medioambiental en términos de la emisiones de CO₂ mediante la evidencia empírica de una curva CKA, aceptando la hipótesis que sondea que dicha relación puede representarse a través de una U invertida, por lo que en presencia de deterioro ambiental el incremento del PIB real aumenta la contaminación hasta determinado nivel de ingreso per cápita donde a partir del cuál comienza a reducirse la contaminación.

RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta las conclusiones previas, es imprescindible resaltar la importancia que juega la investigación y las dudas que pueda generar la relación económica-ambiental. Por ende, los estudios realizados anteriormente, a pesar de que aportan conocimientos, deberían generar inquietudes e interrogantes que permitan continuar con la inacabable labor de aprendizaje sobre la relación existente entre el ingreso y la contaminación, ya que la dinámica de cada nación es única y particular.

La amplitud que se evidencia en los estudios previos de la CKA es notoria y queda claro que fue posible contrastar el análisis para una muestra de países. Considerando que los modelos econométricos son altamente sensibles a cambios en su especificación o información básica, la exactitud de este modelo podría extenderse a la observación de más países, considerando mayor variedad de indicadores ambientales y si se dispone de referencias apropiadas, resultaría provechoso relacionarlas directamente con niveles de consumo, ingreso y productividad donde se profundice la conducta de los respectivos indicadores.

De esta manera, se pone en tela de juicio si la finalidad de los recursos monetarios ha sido distribuida de manera eficiente y cuál ha sido el propósito de contribuir a la mejora del entorno. Por consiguiente, se supone que una nación debería enaltecer eficientemente el manejo de sus recursos naturales que impliquen necesariamente mantenerse por encima del máximo de la CKA. Un país debería considerar aplicar impuestos correctivos en su gestión que generen un impacto en el manejo eficiente de los recursos finitos con el objetivo de propiciar una mayor protección ambiental.

La utilidad de la CKA se encuentra en que se puede verificar la influencia del crecimiento económico en el deterioro del medioambiente, este puede ser medido a través de diversos indicadores propiamente ambientales.

Sin embargo, no existe un único ratio de medición para el PIB per cápita que se traduzca en mejoras de la población; el PIB per cápita es uno de los diversos indicadores que permiten aproximar el crecimiento, más no indica el bienestar social. Es por esto que resulta beneficioso, proponer que futuros investigadores desarrollen un indicador sintético, donde incorporen índices de calidad de vida para así hacer comparables los niveles de desarrollo de las economías y a su tomen en consideración al Producto Nacional Neto que permita relacionarlo directamente con teorías de desarrollo sustentable.

Asimismo, se debe hacer énfasis en que futuros investigadores esclarezcan si los niveles de emisión en un país inciden en los niveles de CO₂ en otro país, ya que un país puede tener un alto nivel de CO₂ en su aire pero no por su propio crecimiento económico, sino por la contaminación que genera el crecimiento económico de un país vecino; resultaría conveniente interpretar esa relación de causalidad empírica en si necesariamente mayor emisión de CO₂ genera mayor calentamiento y a su vez mayor necesidad de sistemas de refrigeración que impliquen mayor consumo de energía.

Dicho de esta forma y ya el debate establecido, la conciencia y responsabilidad que asuman tanto los hacedores de política económica como los futuros investigadores va a depender que las próximas generaciones puedan, al menos, disfrutar del capital natural con el que actualmente contamos.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

En este apartado los autores decidieron generar valor agregado a la investigación ampliando el estudio de data panel realizado en el capítulo IV apartado 4.5 por lo diferentes de las economías, como se mencionó anteriormente. Tanto Brasil como EEUU, no son los únicos países que pueden obtener un modelo de la CKA con la forma funcional de U invertida.

Por esta razón, los investigadores proceden a tomar una muestra de 3 países de los llamados BRICS²⁰ (China, India y Suráfrica) y otras 3 de los países que integran la OECD²¹ (Canadá, Dinamarca y Suecia) para comparar sus economías con la de los países ya observados en el desarrollo del trabajo (Brasil y EEUU) y comprobar así, que efectivamente la unión de estos países como región están relacionadas conjuntamente a través de una CKA con forma de U invertida.

Por lo que se tiene como finalidad comparar y visualizar la estimación en conjunto de la relación entre el PIBpc y el deterioro del medioambiente a través de las emisiones de CO2.

A continuación se presenta la ecuación de cointegración de la CKA de la región:

$$CO2_{it} = \beta_1 + \beta_2 PIBpc_{it} + \beta_3 PIBpc_{it}^2 + u_{it}$$

Donde:

$$i = 1, 2, \dots, 6.$$

$$t = 1960 - 2014$$

²⁰ BRICS: Brasil, Rusia, India, China y Suráfrica.

²¹ OECD: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, República Checa, República Eslovaca, Reino Unido, Suecia, Suiza, Turquía

Sabemos que la CKA es una U invertida, por lo tanto se mantiene que:

$$\beta_2 > 0$$

$$\beta_3 < 0$$

$$\widehat{CO2}_{it} = -2,9082 + 0,0014PIBpc_{it} - 1,64 * 10^{-8}PIBpc_{it}^2$$

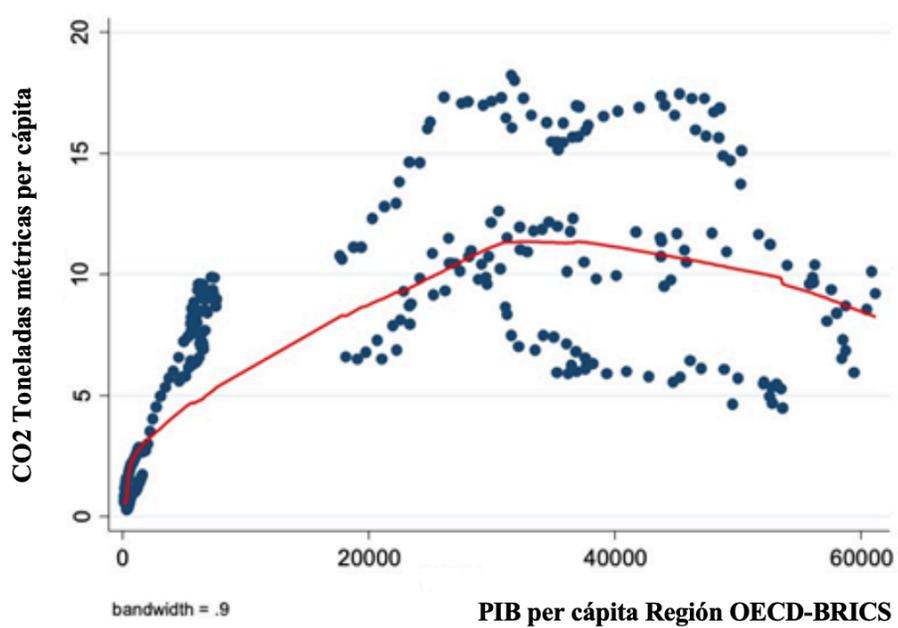
Tabla 7: Comparación entre Brasil-EEUU y OECD-BRICS

VARIABLES	BRASIL-USA	OECD-BRICS
Intercepto	1.0843	-2.9082**
Error estandar	(1.0561)	(1.4293)
PIBpc	0.0002** (8.56*10 ⁻⁵)	0.0014*** (0.0002)
PIBpc^2	-3.2*10 ⁻⁹ ** (1.42*10 ⁻⁹)	-1.64*10 ⁻⁸ *** (-1.97*10 ⁻⁹)
Períodos	55	55
Paneles	2	6
Muestra	110	330

() resenta el error estandar
 *** p<0,001 **p<0.05 *p<0.10

Aplicando la metodología econométrica, se genera una curva CKA con forma de U invertida como se esperaba, al unificar consideramos estos países como una región se evidencia que la curva CKA está claramente influenciada por el comportamiento de los países que integran la OECD y los BRICS, que tiene un gran peso en la estimación por tener valores superiores y un comportamiento más heterogéneo (mas disperso).

Gráfico 12: Curva de Kuznets Región para China-India-Sudáfrica y Canadá-Dinamarca-Suecia



Fuente: Cálculos propios STATA y datos del Banco Mundial

En el gráfico Nro. 12, se pueden observar distintas nubes de dispersión por lo diferentes de estas economías. Sin embargo, se demuestra una vez más que a pesar de que estos países tengan economías disímiles, cuando son utilizados en materia de estudio en su conjunto confirman la existencia correlacional entre el PIBpc y el deterioro del ambiente, medido a través de las emisiones de CO2. Por lo que, a medida que estas sociedades obtengan un mayor crecimiento económico, las emisiones de CO2 no van a crecer simultáneamente, es decir, va a haber crecimiento económico pero no un aumento acelerado de emisiones, incluso podrán disminuir en años futuros.

Se hace hincapié en que futuros investigadores continúen con el debate ya establecido y se propongan desarrollar un indicador construido, donde se tomen en cuenta índices de calidad de vida que sean aproximables a la medición del desarrollo y del mismo modo, indicadores ambientales que relacionen directamente variables de sobreexplotación de recursos y contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Acuña, E. (2008). **Análisis de Regresión**. Paper N° 12. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico. Disponible en http://cmap.upb.edu.co/rid=1236389324046_914980216_2868/Tema1.Analisis.Regresion.Linea1.pdf visitado en agosto de 2019.
- 2) Alcántara, V. y Padilla, E. (2005). **Análisis de las emisiones de CO2 y sus Factores Explicativos en las diferentes Áreas del Mundo**. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/24138217> visitado en agosto de 2019.
- 3) Apergis, N. and Payne, J. (2009). **Energy Consumption and Growth in South America: Evidence from a panel error correction model**. Artículo © 2010 Elsevier, Departamento de Gerencia de Banca y Finanzas, Universidad de Piraeus. Grecia.
- 4) Balestrini, M. (2006). **Como se Elabora el Proyecto de Investigación. Para los Estudios Formulativos o Explicatorios, Descriptivos, Diagnostico, Formulación, Evaluativos, de Hipótesis causales, Experimentales y los Proyectos Factibles**. Universidad Central de Venezuela.
- 5) Bergara, M. y Masoler, A. (2002). **Un Análisis del Mercado Doméstico de Bonos**. Montevideo: Revista de Economía. Segunda Época. Vol. 9. N° 1. Banco Central del Uruguay.

- 6) Bernanke, B. y Frank, R. (2007). **Macroeconomía**. España: MC GRAW HILL Interamericana. Tercera Edición.
- 7) Bustamante, L. Mirabal, M. y Morales, V. (2011). **Protección del medioambiente y la salud, un desafío social y ética actual**. Cuba. Revista Cubana de salud pública; 37(4):510-518.
- 8) Cámara de la Fuente, M. (1993). **Derechos de Propiedad y Contabilidad Medioambiente**. España. Universidad de Granada-Jaén.
- 9) Castillo, P. (2011). **Política Económica: Crecimiento Económico, Desarrollo Económico, Desarrollo Sostenible**. Vol, 3. pp 1-12. España.
- 10) Choi, I. (2001). **Unit Root Test for Panel Data**. **Journal of International Money and Finance**, Vol. 20, issue 2, 249-272. Disponible en [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261-5606\(00\)00048-6](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261-5606(00)00048-6) visitado en octubre de 2019.
- 11) Chu, J. Levin, A. and Lin, C. (2002). **Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties**. **Journal of Econometrics**, Vol. 108, issue 1, 1-24.
- 12) Cleveland, William S. (1978). **Robus Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots**. **Journal of the American Statistical Association**. Vol. 74.
- 13) Comisión Nacional de medioambiente (s.f.). **Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y Protocolo de Kioto**. Artículo. Disponible en pdf_convention (document/pdf) UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.

- 14) Cuevas, D. (2006). **La Curva de Kuznets Ambiental (CKA)**. Disponible en <https://www.supbanco.gov.do/main/publicaciones/Planteamiento-Kuznets-corregido.pdf> visitado en agosto de 2019.
- 15) De Bruyn, Sander, Jeroen Van Den Berg y Hans Opschoor. (1998). **Economic Growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves**. Ecological Economics, Volumen 25, N°2.
- 16) De las Heras, A. (2015). **Los progresos de España con las emisiones de CO2 se diluyen**. Informe el Periódico. Edición Catalunya. Disponible en <https://www.elperiodico.com/es/medio-ambiente/20170524/espana-estancamiento-emisiones-co2-informe-empresa-y-clima-6059395> visitado en julio de 2019.
- 17) Dornbusch, R. y Fischer, S. (1991). **Macroeconomía**. España: MC GRAW HILL. Quinta Edición.
- 18) Enders, W. (2004). **Applied Econometric Time Series**. Alabama: Universidad de Alabama. Segunda Edición.
- 19) Environmental Protection Agency. **Primary National Ambient Air Quality Standard; Final Rule**. 2010. Vol: 75. No: 119
- 20) Gitli, E. y Hernández G. (2002). **La Existencia de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) y su Impacto sobre las Negociaciones Internacionales**. Disponible en <http://www.grupochorlavi.org/php/doc/documentos/curvakuznetsambiental.pdf> visitado en agosto de 2019.
- 21) Granato, L. Oddone, N. y Penela, A. (2009). **Valoración Económica del medioambiente: Las Propuestas de la Economía Ecológica y la Economía**

Ambiental. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/227433023> visitado en agosto de 2019.

- 22) Grossman, G. and Krueger A. (1991). **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement.** NBER Working Paper N° 3914.
- 23) Grossman, G. and Krueger, A. (1995). **Pollution and Growth: What do we know?** I. Goldin y L.A. Winters (eds.). The Economics of Sustainable Development. Cambridge: Cambridge University Press.
- 24) Grossman, G. y Krueger, A. (1995). **Economic Growth and the Environment.** Quarterly Journal of Economics 110.
- 25) Gujarati, D. (2002). **Econometría.** Bogotá: MC GRAW HILL. Tercera Edición.
- 26) Gujarati, D. (2004). **Econometría.** México: MC GRAW HILL. Cuarta Edición.
- 27) Gujarati, D. (2009). **Econometría.** México: MC GRAW HILL. Quinta Edición.
- 28) Halicioglu, F. (2009). **An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey.** Energy Policy, Vol.37, No.3, pp.1156-1164.
- 29) Hettige, H, Mani, M. and Wheeler, D, (1997). **Industrial Pollution in Economic Development: the Environmental Kuznets Curve Revisited.** Journal of Development Economics, Elsevier, vol. 62, pages 445-476.
- 30) Jacobs, M. (1991). **Economía Verde.** Tercer Mundo Editores. Ediciones Unidades. Bogotá, Colombia.

- 31) Kuznets, S. (1955). **Economic Growth and Income Inequality**. American Economic Review. Vol. 45.
- 32) Larraín, F. y Sachs J. (2002). **Macroeconomía**. Argentina: MC GRAW HILL. Segunda Edición.
- 33) Maddala, G.S. and Wu, S. (1999). **A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test**. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 61, 631-652. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0084.61.s1.13> visitado en septiembre de 2019.
- 34) Marín, W. y Ladino D. (2003). **Libre Comercio y medioambiente**. Disponible en https://www.webpondo.org/files_oct_dic_03/LibreComercioMedioAmbiente.pdf visitado en julio de 2019.
- 35) Mayorga, M. y Muñoz E. (2000). **La técnica de Datos de Panel. Una Guía para su Uso e Interpretación**. Banco Central de Costa Rica.
- 36) Módulo de Sensibilización Ambiental. (s.f.). **Introducción al Concepto del medioambiente**. Artículo Disponible en http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/sensibilizacion/pdf/MANUALDE_1.PDF visitado en octubre de 2019.
- 37) Moon H.R. and Perron P. (2004). **Efficient Estimation of SUR Cointegration Regression Model and Testing for Purchasing Power Parity**. Econometric Reviews, 23. 293-323.
- 38) Montero, R. (2007). **Efectos Fijos o Variables: test de especificación**. Granada: Universidad de Granada.

- 39) Montero, R. (2007). **Variables no Estacionarias y Cointegración**. Granada: Universidad de Granada.
- 40) **Normas para la Elaboración, Presentación y Evaluación de los Trabajos Especiales de Grado**. (2001). Decanato de Postgrado y Extensión Dirección de Investigación. Universidad Santa María.
- 41) Panayotou, T. (s.f). **Economic Growth and the Environment**. Harvard University and Cypress School. External link (application/pdf) <http://www.cid.harvard.edu/cidwp/pdf/056.pdf>
- 42) Panayotou, T. (1993). **Empirical test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development**. Ginebra: International Labor Office. Technology and Employment Programme Working Paper.
- 43) Panayotou, T. (1997). **Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool**. Environmental and Development Economics 2, 465-484.
- 44) Pao, H. and Tsai, C. (2010). **CO2 Emissions, Energy consumption and Economic Growth in BRIC countries**. Disponible en [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301-4215\(10\)00660-9](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301-4215(10)00660-9) visitado en octubre de 2019.
- 45) Pedroni, P. (2000). **Fully Modified OLS for Heterogenous Cointegrated Panels**. No. 2000-03, Vol. 1, 424-461. Disponible en <https://web.williams.edu/Economics/wp/pedroniaie.pdf> visitado en septiembre de 2019.

- 46) Pedroni, P. (2004). **Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pool Time Series Test with an Application to the PPP Hypothesis.** In *Econometric Theory*, 20, 597-325. Disponible en <https://web.williams.edu/Economics/wp/pedronipanelcointegration.pdf> visitado en septiembre de 2019.
- 47) Petit, J. (2013). **La teoría económica del desarrollo desde Keynes hasta el nuevo modelo neoclásico del crecimiento económico.** *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, vol. XIX, num. 1, pp.123-142. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- 48) Portada del Banco Mundial © 2019 Grupo Banco Mundial. Explorador de datos por país, Indicador por país. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/pais/estados-unidos?view=chart>
- 49) Portada del Banco Mundial © 2019 Grupo Banco Mundial. Explorador de datos por país, Indicador por país. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/pais/brasil?view=chart>
- 50) Portada del Banco Mundial © 2019 Grupo Banco Mundial. Explorador de datos por país, Indicador por país. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?locations=BR-US>
- 51) Rendón, J. (2007). **El Desarrollo Humano Sostenible: ¿Un Concepto para las Transformaciones?** Universidad de la Salle Bogotá, Colombia. pp 111-129.
- 52) Revista de la CEPAL No. 47 (1992). **Patrón de Desarrollo y medioambiente en Brasil.** R. Guimarães pp 49. Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. ISSN 02.51-2.7 ISBN 92-I-32I371-9.

- 53) Robledo, J. y Olivares, W. (2013). **La Relación entre las Emisiones de CO₂, el Consumo de Energía y el PIB: el Caso de los CIVETS**. Universidad de Medellín.
- 54) Schwarz, G. (1978). **Estimating the Dimension of a Model**. Hebrew University. The Annuals of Statistic, Vol 6, No. 2, 461-464.
- 55) Soyatas, U. and Sari, R. (2007). **Energy consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges faced by an EU Candidate Member**. Management and Administration Research Center, METU. Working Paper No. 02.
- 56) Suarez, G. (2011). **Crecimiento Económico vs. Degradación Ambiental: ¿Existe una Curva de Kuznets Ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1970-2008**. Abril de 2011. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador.
- 57) T. S. Breusch and A. R. Pagan (1979). **A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation**. *Econometría* Vol. 47. No. 5. pp 1287-1294.
- 58) Verde, V. (2016). **Determinar la relación entre las Emisiones de Dióxido de Azufre y el PIB per cápita en México y EEUU basado en la Curva Kuznets Ambiental**. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Católica Andrés Bello.
- 59) Zaman, A. (1995). **On the Inconsistency of the Breusch-Pagan Test**. Pakistan Institute of Development Economics. Bilkent University.

ANEXOS

A. Salidas econométricas de regresión con Data Panel

Anexo 1: Estimación de la CKA para Brasil-EEUU

Dependent Variable: CO2
Method: Panel EGLS (Cross-section SUR)
Date: 10/01/19 Time: 10:55
Sample: 1960 2014
Periods included: 55
Cross-sections included: 2
Total panel (balanced) observations: 110
Linear estimation after one-step weighting matrix
Cross-section SUR (PCSE) standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9.233831	0.517365	-17.84780	0.0000
PIB_PC	0.001638	3.93E-05	41.73022	0.0000
PIB_PC^2	-2.17E-08	7.57E-10	-28.71597	0.0000

Weighted Statistics

R-squared	0.966510	Mean dependent var	5.614462
Adjusted R-squared	0.965884	S.D. dependent var	5.134915
S.E. of regression	0.969330	Sum squared resid	100.5373
F-statistic	1543.987	Durbin-Watson stat	0.073187
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics

R-squared	0.926159	Mean dependent var	10.30458
Sum squared resid	645.2946	Durbin-Watson stat	0.037778

Anexo 2: Prueba Raíz Unitaria CO2 Brasil-EEUU

Panel unit root test: Summary
 Series: D(CO2)
 Date: 08/23/19 Time: 10:54
 Sample: 1960 2014
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-2.83276	0.0023	2	104
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-3.85184	0.0001	2	104
ADF - Fisher Chi-square	22.9093	0.0001	2	104
PP - Fisher Chi-square	40.1329	0.0000	2	106

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 3: Prueba Raíz Unitaria PIB per cápita Brasil-EEUU

Panel unit root test: Summary
 Series: D(PIB_PC)
 Date: 08/23/19 Time: 10:50
 Sample: 1960 2014
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-5.17730	0.0000	2	104
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.44273	0.0000	2	104
ADF - Fisher Chi-square	27.2263	0.0000	2	104
PP - Fisher Chi-square	39.7178	0.0000	2	106

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 4: Prueba Raíz Unitaria CO2 Brasil-EEUU en Niveles

Panel unit root test: Summary

Series: CO2

Date: 08/23/19 Time: 10:53

Sample: 1960 2014

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	0.83494	0.7981	2	106
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	0.75105	0.7737	2	106
ADF - Fisher Chi-square	3.82813	0.4298	2	106
PP - Fisher Chi-square	2.05835	0.7250	2	108

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 5: Prueba Raíz Unitaria PIB per cápita Brasil-EEUU en Niveles

Panel unit root test: Summary

Series: PIB_PC

Date: 08/23/19 Time: 10:47

Sample: 1960 2014

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-0.16967	0.4326	2	106
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	1.72216	0.9575	2	106
ADF - Fisher Chi-square	0.45444	0.9778	2	106
PP - Fisher Chi-square	0.37738	0.9843	2	108

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 6: Estimación de la CKA para OECD-BRICS

Dependent Variable: CO2
 Method: Panel EGLS (Cross-section SUR)
 Date: 10/01/19 Time: 10:53
 Sample: 1960 2014
 Periods included: 55
 Cross-sections included: 6
 Total panel (balanced) observations: 330
 Linear estimation after one-step weighting matrix
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.817912	0.058077	31.30195	0.0000
PIBPC	0.000638	1.20E-05	53.23693	0.0000
PIBPC^2	-9.32E-09	2.58E-10	-36.15716	0.0000
Weighted Statistics				
R-squared	0.955556	Mean dependent var	4.866330	
Adjusted R-squared	0.955284	S.D. dependent var	6.040513	
S.E. of regression	1.000525	Sum squared resid	327.3431	
F-statistic	3515.287	Durbin-Watson stat	0.303957	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Unweighted Statistics				
R-squared	0.663713	Mean dependent var	7.416050	
Sum squared resid	2978.689	Durbin-Watson stat	0.033382	

Anexo 7: Prueba Raíz Unitaria CO2 OECD-BRICS

Panel unit root test: Summary
 Series: D(CO2)
 Date: 10/01/19 Time: 11:24
 Sample: 1960 2014
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-4.74402	0.0000	6	312
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-7.67417	0.0000	6	312
ADF - Fisher Chi-square	82.6991	0.0000	6	312
PP - Fisher Chi-square	162.073	0.0000	6	318

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 8: Prueba Raíz Unitaria PIB per cápita OECD-BRICS

Panel unit root test: Summary

Series: D(PIBPC)

Date: 10/01/19 Time: 11:25

Sample: 1960 2014

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-2.04895	0.0202	6	312
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.18903	0.0000	6	312
ADF - Fisher Chi-square	68.6623	0.0000	6	312
PP - Fisher Chi-square	84.3913	0.0000	6	318

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 9: Prueba Raíz Unitaria CO2 OECD-BRICS en Niveles

Panel unit root test: Summary

Series: CO2

Date: 10/01/19 Time: 11:22

Sample: 1960 2014

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	4.43828	1.0000	6	318
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	3.05123	0.9989	6	318
ADF - Fisher Chi-square	11.7882	0.4628	6	318
PP - Fisher Chi-square	10.9156	0.5362	6	324

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Anexo 10: Prueba Raíz Unitaria PIB per cápita OECD-BRICS en Niveles

Panel unit root test: Summary

Series: PIBPC

Date: 10/01/19 Time: 11:25

Sample: 1960 2014

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	5.47211	1.0000	6	318
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	6.24800	1.0000	6	318
ADF - Fisher Chi-square	3.40349	0.9920	6	318
PP - Fisher Chi-square	3.15404	0.9944	6	324

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

B. Salidas econométricas pruebas de cointegración de series de tiempo

Anexo 11: Estimación de la CKA para Brasil

Dependent Variable: CO2

Method: Least Squares

Date: 08/29/19 Time: 10:47

Sample: 1960 2014

Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.176637	0.121144	1.458067	0.1508
PIB_PC	0.000136	3.41E-05	3.976994	0.0002
PIB_PC^2	4.06E-09	2.28E-09	1.776506	0.0815
R-squared	0.950272	Mean dependent var		1.474204
Adjusted R-squared	0.948359	S.D. dependent var		0.477884
S.E. of regression	0.108597	Akaike info criterion		-1.549339
Sum squared resid	0.613255	Schwarz criterion		-1.439848
Log likelihood	45.60682	Hannan-Quinn criter.		-1.506998
F-statistic	496.8429	Durbin-Watson stat		0.253454
Prob(F-statistic)	0.000000			

Anexo 12: Prueba Dickey-Fuller Aumentado CO2 para Brasil

Null Hypothesis: D(CO2) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.626696	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.560019	
5% level	-2.917650	
10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2,2)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 10:04
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(CO2(-1))	-0.774353	0.137621	-5.626696	0.0000
C	0.028636	0.010785	2.655273	0.0105

R-squared	0.383013	Mean dependent var	0.001770
Adjusted R-squared	0.370915	S.D. dependent var	0.088758
S.E. of regression	0.070399	Akaike info criterion	-2.432280
Sum squared resid	0.252754	Schwarz criterion	-2.357930
Log likelihood	66.45543	Hannan-Quinn criter.	-2.403689
F-statistic	31.65971	Durbin-Watson stat	2.090295
Prob(F-statistic)	0.000001		

Anexo 13: Prueba Dickey-Fuller Aumentado PIB per cápita para Brasil

Null Hypothesis: D(PIB_PC) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.447504	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.560019	
5% level	-2.917650	
10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC,2)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 09:59
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIB_PC(-1))	-0.740494	0.135933	-5.447504	0.0000
C	114.4389	41.08234	2.785597	0.0075

R-squared	0.367836	Mean dependent var	-5.383275
Adjusted R-squared	0.355441	S.D. dependent var	314.6370
S.E. of regression	252.6045	Akaike info criterion	13.93853
Sum squared resid	3254261.	Schwarz criterion	14.01288
Log likelihood	-367.3711	Hannan-Quinn criter.	13.96712
F-statistic	29.67530	Durbin-Watson stat	2.053099
Prob(F-statistic)	0.000001		

Anexo 14: Prueba Phillips-Perron CO2 para Brasil

Null Hypothesis: D(CO2) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.765414	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.560019	
5% level	-2.917650	
10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.004769
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.005587

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2,2)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:15
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(CO2(-1))	-0.774353	0.137621	-5.626696	0.0000
C	0.028636	0.010785	2.655273	0.0105

R-squared	0.383013	Mean dependent var	0.001770
Adjusted R-squared	0.370915	S.D. dependent var	0.088758
S.E. of regression	0.070399	Akaike info criterion	-2.432280
Sum squared resid	0.252754	Schwarz criterion	-2.357930
Log likelihood	66.45543	Hannan-Quinn criter.	-2.403689
F-statistic	31.65971	Durbin-Watson stat	2.090295
Prob(F-statistic)	0.000001		

Anexo 15: Prueba Phillips-Perron PIB per cápita para Brasil

Null Hypothesis: D(PIB_PC) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.496150	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.560019	
5% level	-2.917650	
10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	61401.15
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	65022.15

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC,2)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:18
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIB_PC(-1))	-0.740494	0.135933	-5.447504	0.0000
C	114.4389	41.08234	2.785597	0.0075

R-squared	0.367836	Mean dependent var	-5.383275
Adjusted R-squared	0.355441	S.D. dependent var	314.6370
S.E. of regression	252.6045	Akaike info criterion	13.93853
Sum squared resid	3254261.	Schwarz criterion	14.01288
Log likelihood	-367.3711	Hannan-Quinn criter.	13.96712
F-statistic	29.67530	Durbin-Watson stat	2.053099
Prob(F-statistic)	0.000001		

Anexo 16: Prueba Dickey-Fuller Aumentado CO2 para Brasil en Niveles

Null Hypothesis: CO2 has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	3.771996	0.9999
Test critical values:		
1% level	-2.608490	
5% level	-1.946996	
10% level	-1.612934	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 10:03
 Sample (adjusted): 1961 2014
 Included observations: 54 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CO2(-1)	0.023863	0.006326	3.771996	0.0004

R-squared	0.004572	Mean dependent var	0.036014
Adjusted R-squared	0.004572	S.D. dependent var	0.070932
S.E. of regression	0.070769	Akaike info criterion	-2.440439
Sum squared resid	0.265439	Schwarz criterion	-2.403606
Log likelihood	66.89184	Hannan-Quinn criter.	-2.426234
Durbin-Watson stat	1.580495		

Anexo 18: Prueba Phillips-Perron CO2 para Brasil en Niveles

Null Hypothesis: CO2 has a unit root
 Exogenous: None
 Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	2.798177	0.9985
Test critical values:		
1% level	-2.608490	
5% level	-1.946996	
10% level	-1.612934	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.004916
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.008377

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:13
 Sample (adjusted): 1961 2014
 Included observations: 54 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CO2(-1)	0.023863	0.006326	3.771996	0.0004

R-squared	0.004572	Mean dependent var	0.036014
Adjusted R-squared	0.004572	S.D. dependent var	0.070932
S.E. of regression	0.070769	Akaike info criterion	-2.440439
Sum squared resid	0.265439	Schwarz criterion	-2.403606
Log likelihood	66.89184	Hannan-Quinn criter.	-2.426234
Durbin-Watson stat	1.580495		

Anexo 17: Prueba Dickey-Fuller Aumentado PIB per cápita para Brasil en Niveles

Null Hypothesis: PIB_PC has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	4.134235	1.0000
Test critical values:		
1% level	-2.608490	
5% level	-1.946996	
10% level	-1.612934	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 09:47
 Sample (adjusted): 1961 2014
 Included observations: 54 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB_PC(-1)	0.018699	0.004523	4.134235	0.0001

R-squared	-0.048000	Mean dependent var	158.0344
Adjusted R-squared	-0.048000	S.D. dependent var	256.7643
S.E. of regression	262.8545	Akaike info criterion	13.99942
Sum squared resid	3661901.	Schwarz criterion	14.03626
Log likelihood	-376.9844	Hannan-Quinn criter.	14.01363
Durbin-Watson stat	1.433244		

Anexo 19: Prueba Phillips-Perron PIB per cápita para Brasil en Niveles

Null Hypothesis: PIB_PC has a unit root
 Exogenous: None
 Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	3.156936	0.9995
Test critical values:		
1% level	-2.608490	
5% level	-1.946996	
10% level	-1.612934	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	67812.99
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	111913.5

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:17
 Sample (adjusted): 1961 2014
 Included observations: 54 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB_PC(-1)	0.018699	0.004523	4.134235	0.0001

R-squared	-0.048000	Mean dependent var	158.0344
Adjusted R-squared	-0.048000	S.D. dependent var	256.7643
S.E. of regression	262.8545	Akaike info criterion	13.99942
Sum squared resid	3661901.	Schwarz criterion	14.03626
Log likelihood	-376.9844	Hannan-Quinn criter.	14.01363
Durbin-Watson stat	1.433244		

Anexo 20: Estimación de la CKA para EEUU

Dependent Variable: CO2
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 11:07
 Sample: 1960 2014
 Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.734218	2.240831	3.005233	0.0041
PIB_PC	0.000800	0.000137	5.836900	0.0000
PIB_PC^2	-1.17E-08	1.95E-09	-5.999576	0.0000
R-squared	0.415265	Mean dependent var	19.13495	
Adjusted R-squared	0.392775	S.D. dependent var	1.662917	
S.E. of regression	1.295822	Akaike info criterion	3.409169	
Sum squared resid	87.31603	Schwarz criterion	3.518660	
Log likelihood	-90.75214	Hannan-Quinn criter.	3.451510	
F-statistic	18.46460	Durbin-Watson stat	0.203696	
Prob(F-statistic)	0.000001			

Anexo 21: Prueba Dickey-Fuller Aumentado CO2 para EEUU

Null Hypothesis: D(CO2) has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.945529	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.609324	
5% level	-1.947119	
10% level	-1.612867	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2,2)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 10:19
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(CO2(-1))	-0.637783	0.128961	-4.945529	0.0000
R-squared	0.319746	Mean dependent var	0.009394	
Adjusted R-squared	0.319746	S.D. dependent var	0.652087	
S.E. of regression	0.537825	Akaike info criterion	1.616121	
Sum squared resid	15.04131	Schwarz criterion	1.653297	
Log likelihood	-41.82722	Hannan-Quinn criter.	1.630417	
Durbin-Watson stat	1.860057			

Anexo 22: Prueba Dickey-Fuller Aumentado PIB per cápita para EEUU

Null Hypothesis: D(PIB_PC) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.305541	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.560019	
5% level	-2.917650	
10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC,2)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 10:11
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIB_PC(-1))	-0.706461	0.133155	-5.305541	0.0000
C	448.7478	118.5409	3.785596	0.0004
R-squared	0.355644	Mean dependent var	14.06747	
Adjusted R-squared	0.343009	S.D. dependent var	769.4694	
S.E. of regression	623.6931	Akaike info criterion	15.74620	
Sum squared resid	19838650	Schwarz criterion	15.82055	
Log likelihood	-415.2743	Hannan-Quinn criter.	15.77479	
F-statistic	28.14877	Durbin-Watson stat	1.874078	
Prob(F-statistic)	0.000002			

Anexo 23: Prueba Phillips-Perron CO2 para EEUU

Null Hypothesis: D(CO2) has a unit root
 Exogenous: None
 Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-4.897619	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.609324	
5% level	-1.947119	
10% level	-1.612867	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.283798
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.268739

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2,2)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:20
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(CO2(-1))	-0.637783	0.128961	-4.945529	0.0000
R-squared	0.319746	Mean dependent var	0.009394	
Adjusted R-squared	0.319746	S.D. dependent var	0.652087	
S.E. of regression	0.537825	Akaike info criterion	1.616121	
Sum squared resid	15.04131	Schwarz criterion	1.653297	
Log likelihood	-41.82722	Hannan-Quinn criter.	1.630417	
Durbin-Watson stat	1.860057			

Anexo 24: Prueba Phillips-Perron PIB per cápita para EEUU

Null Hypothesis: D(PIB_PC) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 7 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.062038	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.560019	
5% level	-2.917650	
10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	374314.2
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	224697.3

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC,2)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:23
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIB_PC(-1))	-0.706461	0.133155	-5.305541	0.0000
C	448.7478	118.5409	3.785596	0.0004
R-squared	0.355644	Mean dependent var	14.06747	
Adjusted R-squared	0.343009	S.D. dependent var	769.4694	
S.E. of regression	623.6931	Akaike info criterion	15.74620	
Sum squared resid	19838650	Schwarz criterion	15.82055	
Log likelihood	-415.2743	Hannan-Quinn criter.	15.77479	
F-statistic	28.14877	Durbin-Watson stat	1.874078	
Prob(F-statistic)	0.000002			

Anexo 25: Prueba Dickey-Fuller Aumentado CO2 para EEUU en Niveles

Null Hypothesis: CO2 has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.666365	0.2543
Test critical values:		
1% level	-4.140858	
5% level	-3.496960	
10% level	-3.177579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 10:16
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CO2(-1)	-0.117685	0.044137	-2.666365	0.0104
D(CO2(-1))	0.310489	0.128689	2.412703	0.0196
C	2.587362	0.873563	2.961849	0.0047
@TREND("1960")	-0.011038	0.004799	-2.299885	0.0258

R-squared	0.296171	Mean dependent var	0.015502
Adjusted R-squared	0.253080	S.D. dependent var	0.576970
S.E. of regression	0.498644	Akaike info criterion	1.518622
Sum squared resid	12.18363	Schwarz criterion	1.667323
Log likelihood	-36.24347	Hannan-Quinn criter.	1.575805
F-statistic	6.873067	Durbin-Watson stat	1.937159
Prob(F-statistic)	0.000591		

Anexo 26: Prueba Dickey-Fuller Aumentado PIB per cápita para EEUU en Niveles

Null Hypothesis: PIB PC has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.724360	0.2315
Test critical values:		
1% level	-4.140858	
5% level	-3.496960	
10% level	-3.177579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC)
 Method: Least Squares
 Date: 08/29/19 Time: 10:09
 Sample (adjusted): 1962 2014
 Included observations: 53 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB_PC(-1)	-0.189359	0.069506	-2.724360	0.0089
D(PIB_PC(-1))	0.390136	0.131466	2.967573	0.0046
C	3416.047	1095.660	3.117799	0.0030
@TREND("1960")	123.6918	46.05470	2.685759	0.0099

R-squared	0.207536	Mean dependent var	629.3600
Adjusted R-squared	0.159018	S.D. dependent var	646.4259
S.E. of regression	592.8054	Akaike info criterion	15.68008
Sum squared resid	17219494	Schwarz criterion	15.82878
Log likelihood	-411.5222	Hannan-Quinn criter.	15.73726
F-statistic	4.277489	Durbin-Watson stat	1.938561
Prob(F-statistic)	0.009261		

Anexo 27: Prueba Phillips-Perron CO2 para EEUU en Niveles

Null Hypothesis: CO2 has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-1.843444	0.6696
Test critical values:		
1% level	-4.137279	
5% level	-3.495295	
10% level	-3.176618	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.270649
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.343122

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(CO2)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:19
 Sample (adjusted): 1961 2014
 Included observations: 54 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CO2(-1)	-0.079129	0.044968	-1.759683	0.0845
C	1.873877	0.883096	2.121942	0.0387
@TREND("1960")	-0.012603	0.004683	-2.691170	0.0096

R-squared	0.161019	Mean dependent var	0.009316
Adjusted R-squared	0.128118	S.D. dependent var	0.573306
S.E. of regression	0.535322	Akaike info criterion	1.642056
Sum squared resid	14.61506	Schwarz criterion	1.752556
Log likelihood	-41.33552	Hannan-Quinn criter.	1.684672
F-statistic	4.894007	Durbin-Watson stat	1.402049
Prob(F-statistic)	0.011368		

Anexo 28: Prueba Phillips-Perron PIB per cápita para EEUU en Niveles

Null Hypothesis: PIB PC has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-0.233593	0.9273
Test critical values:		
1% level	-3.557472	
5% level	-2.916566	
10% level	-2.596116	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	406950.0
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	463066.3

Phillips-Perron Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC)
 Method: Least Squares
 Date: 09/17/19 Time: 10:22
 Sample (adjusted): 1961 2014
 Included observations: 54 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB_PC(-1)	-0.001872	0.008594	-0.217778	0.8285
C	683.2848	305.0168	2.240155	0.0294

R-squared	0.000911	Mean dependent var	619.7141
Adjusted R-squared	-0.018302	S.D. dependent var	644.2100
S.E. of regression	650.0784	Akaike info criterion	15.82840
Sum squared resid	21975301	Schwarz criterion	15.90206
Log likelihood	-425.3667	Hannan-Quinn criter.	15.85681
F-statistic	0.047427	Durbin-Watson stat	1.398964
Prob(F-statistic)	0.828455		

Anexo 29: Regresiones Simultáneas Aparentemente No Relacionadas

Seemingly unrelated regression

Equation	Obs	Parms	RMSE	"R-sq"	chi2	P
USA	55	1	1.261324	0.4140	37.55	0.0000
Brasil	55	2	.1067252	0.9492	1100.22	0.0000

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
USA						
PIB_USA	.0007858	.0001282	6.13	0.000	.0005344 .0010371	
PIB2_USA	-1.16e-08	1.82e-09	-6.36	0.000	-1.51e-08 -8.01e-09	
_cons	7.063205	2.103854	3.36	0.001	2.939726 11.18668	
Brasil						
PIB_Brasil	.0000998	.0000319	3.13	0.002	.0000373 .0001623	
PIB2_Brasil	6.46e-09	2.13e-09	3.04	0.002	2.30e-09 1.06e-08	
_cons	.2975401	.1138375	2.61	0.009	.0744227 .5206576	

Correlation matrix of residuals:

	USA	Brasil
USA	1.0000	
Brasil	0.5252	1.0000

Breusch-Pagan test of independence: chi2(1) = 15.173, Pr = 0.0001