

**Incidencia del Crecimiento Económico en la Reducción de Gases de Efecto
Invernadero y Dióxido de Carbono para Algunos Países de la Cuenca del Pacífico
Bajo la Teoría de la Curva Medio Ambiental de Kuznets en el Periodo 1970-2012**

Carolina Bohórquez Burgos

Juan Sebastián Ramos Durán

Trabajo de grado dirigido por:

Ana del Pilar Banda Mora

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Administración y Economía

Economía

Bogotá D.C

2019

Tabla de contenido	Pag.
Resumen	
Abstract	
Introducción	1
Marco Referencial	3
Marco Conceptual	3
Marco Teórico	4
Pregunta Problema	9
Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
Justificación.....	10
Revisión de Literatura	11
Metodología	15
Trayectorias de Crecimiento Económico y Degradación Ambiental en los países de la cuenca del pacífico	15
Trayectoria del PIB per cápita desde 1970 hasta 2012.....	16
Emisiones de Dióxido de carbono per cápita desde 1970 hasta 2012	17
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero desde 1970 hasta 2012	18
Metodología de Estimación, Datos y Variables	19
Metodología.....	21
Efectos Fijos	22
Efectos Aleatorios	22
Prueba de Hausman: ¿efectos fijos o efectos aleatorios?	22
Variables Independientes	22
Densidad de la Población	23
Apertura Comercial	23
Producción de electricidad a Partir de Petróleo, Carbón y Gas	23
Resultados de Estimación e Interpretación.....	23
Gases de Efecto Invernadero	24
Dióxido de Carbono	25

Conclusiones	28
Referencias	30

Índice de Tablas

Tabla 1. Revisión de literatura Curva Medioambiental de Kuznets	11
Tabla 2. Resumen del comportamiento de los coeficientes e implicación	20
Tabla 3. Resultados de estimación para Gases de Efecto Invernadero	24
Tabla 4. Resultados de estimación para el Dióxido de Carbono	26

Índice de Figuras

Figura 1. Curva de Kuznets	5
Figura 2. Curva Medioambiental de Kuznets	7
Figura 3. PIB per cápita para los países seleccionados de la cuenca del pacífico: 1970-2012 (USD precios constantes 2010)	16
Figura 4. Emisiones de CO2 para los países seleccionados de la cuenca del pacífico: 1970-2012 (toneladas métricas per cápita)	17
Figura 5. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero totales para los países seleccionados de la cuenca del pacífico: 1970-2012 (Kt de equivalente CO2)	18
Figura 6. N abierta para las emisiones de CO2	27

Resumen

Esta investigación pretende determinar la incidencia del crecimiento económico en la emisión de Gases de Efecto Invernadero y dióxido de Carbono bajo la teoría de la Curva Medioambiental de Kuznets para 8 países de la cuenca del pacífico en el periodo 1970-2012, a través de la especificación de modelos de datos panel. Los resultados obtenidos de este trabajo dan cuenta de que las emisiones de dióxido de carbono en el curso del ingreso per cápita de los países tiene una forma de N indicando mejoras momentáneas de la degradación ambiental. Aunque, no fue posible determinar bajo la teoría de la curva medioambiental de Kuznets el impacto del crecimiento económico en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Abstract

This article aims to determine the impact of economic growth on the reduction of greenhouse gas and carbon dioxide emissions under the Kuznets Environmental Curve theory for 8 Pacific Basin countries in the period 1970-2012, to through the Specification of Data Models panel. The results of this work show that carbon dioxide emissions in the course of countries' per capita income have a form of N indicating momentary improvements in environmental degradation. Moreover, it was not possible to determine under Kuznets' environmental curve theory the impact of economic growth on greenhouse gas emissions.

Introducción

Durante los últimos años, la literatura y el debate construido alrededor de la Curva Medioambiental de Kuznets (CMK) ha sido altamente analizado, ofreciendo resultados diversos. Se entiende por CMK a aquella relación de “U” invertida entre la degradación ambiental y el crecimiento económico (Vincent, 1997; Roca, Padilla, Farre y Galletto, 2001; Cole, 2004; He y Wang, 2012), esto significa que existe un punto de inflexión a partir del cual el crecimiento económico (a través del PIB per cápita) se traduce en reducción de la degradación ambiental, dicho de otra manera, implica que se puede tratar el interés de un ambiente limpio como un “bien” sujeto al ingreso (Kaufmann, Davidsdottir, Garnham y Pualy, 1998; Catalán, 2014).

Las conclusiones presentadas por los diversos trabajos son contradictorias (Catalán, 2014) pues han demostrado que la hipótesis en algunos de los casos no es válida (p. ej. Bengochea, Higon y Martínez, 2001; Day y Grafton, 2003) y que la curva puede presentar diferentes formas de acuerdo a los países analizados, la metodología o la especificación (p. ej. Bhattacharai y Hammig, 2001; Magnani, 2001).

El presente estudio hace una estimación bajo la teoría de la CMK para ocho de los países que hacen parte de la cuenca del pacífico con el objetivo de encontrar evidencia sobre algún comportamiento explicado por la CMK en los países seleccionados, siendo estos escogidos bajo el criterio de una integración profunda llamada Alianza Pacifico compuesta por Estados miembros (Colombia, Chile, Perú y México) y candidatos a ser Estados asociados (Corea del Sur, Nueva Zelanda, Australia, Canadá y Singapur) cuyo objetivo principal es potenciar el crecimiento económico interregional con un énfasis especial del continente americano hacia la región de Asia Pacífico.

Estos países al tener costas en el Pacífico comparten algunas características comunes como el aumento de los niveles del mar causado a consecuencia del cambio climático y algunos intentos de integración que se han realizado entre sus economías (p. ej. ARCO, ASEAN, TPP, entre otros).

Este trabajo considera como indicadores de degradación ambiental las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de Dióxido de Carbono (CO₂) en el periodo 1970-2012 y se estima a través de un panel de datos con periodicidad anual. Se usan como variables independientes el PIB per cápita a precios constantes del 2010, densidad de la población, apertura comercial y producción de electricidad a partir de petróleo carbón y gas, cabe aclarar que para este trabajo se excluirá del análisis a Singapur debido a la falta de disponibilidad de datos para el periodo escogido.

Realizar este tipo de estimaciones permite identificar relaciones entre las trayectorias del crecimiento económico y la contaminación ambiental, son de particular interés en el contexto actual donde algunos de los grandes retos que enfrentan los países son mitigar el cambio climático y hacer que sus economías sigan creciendo.

La estructura en la que se desarrolla este trabajo se detalla a continuación, la primera parte que incluye introducción, marco referencial, pregunta problema, objetivos, justificación, revisión de la literatura y metodología; la segunda parte es un análisis de variables de interés para los países que son objeto de estudio, en la tercera se incluye el desarrollo empírico y sus resultados; finalmente, en la cuarta parte se encuentran las conclusiones.

Marco Referencial

Marco conceptual

Crecimiento Económico

Este estudio se tomará en una definición general de lo que es el crecimiento económico; así, una definición cercana a la que permite entender este estudio es la expresada por Sachs y Larrain (2006), quienes sostienen que:

“El crecimiento económico es el aumento sostenido del producto en una economía.

Usualmente se mide como el aumento del Producto Interno Bruto (PIB) real en un periodo de varios años o décadas. Cuando la población de un país no cambia en el tiempo, un aumento del PIB equivale a un aumento del PIB per cápita y, por ende, a un mejoramiento de las condiciones de vida del individuo promedio. Cuando la población está aumentando, el PIB tiene que crecer más rápido que la población para que el PIB per cápita aumente y las condiciones de vida mejoren” (p. 87).

Para este trabajo se hace uso del PIB per cápita, en dólares a precios constantes del 2010, como medida del crecimiento económico.

Gases de Efecto Invernadero

Entiéndase por Gases de Efecto Invernadero (GEI) como “*aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, naturales o antropógenos, (...) que producen el efecto invernadero*” (Ballesteros y Aristizabal, 2007, p. 36), considerando que el efecto invernadero hace alusión al mecanismo por medio del cual la tierra se calienta; ocasionando el cambio climático (Caballero, Lozano y Ortega, 2007).

Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO_2), vapor del agua (H_2O), metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O) y el Ozono (O_3) (Ballesteros y Aristizabal, 2007) ***Dióxido o de carbono***

De acuerdo con Ballesteros y Aristizabal (2007), el Dióxido de Carbono es uno de los principales GEI. Siendo uno de los gases que contribuye al efecto invernadero tal y como es emitido a la atmósfera. También, es uno de los gases más importantes y comunes en el sistema atmosfera-océano-tierra. Entonces los autores afirman que es:

“el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. Dentro del ciclo natural del carbono, el CO_2 juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos. En relación a las actividades humanas el CO_2 se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques (...) y por algunos procesos industriales” (Ballesteros y Aristizabal, 2007, p. 36).

Cuenca del Pacífico

El concepto que aquí se aborda por Cuenca del Pacífico basa en los aportes de Millán, J. (1993), quien afirma que la cuenca del pacífico es el espacio que comparten los estados que bordean el océano de este mismo nombre, siendo entonces un fenómeno intercontinental con matices más económicos que políticos.

En términos generales asegura que, lo que permite entender esta región es el dinamismo económico basado en los preceptos del comercio, inversión y cualquier forma de interacción económica entre países y regiones, esta región ofrece amplias perspectivas de cooperación, y a pesar de que la cuenca del pacífico no constituye un bloque económico, es una región con importantes corrientes comerciales, de inversiones y de competitividad (Millán, 1993); La conforman 46 países ubicados en Asia, América y Oceanía.

Marco Teórico

A mediados del siglo pasado Simón Kuznets, en el año 1955, propone una relación de “U” invertida entre el ingreso per cápita y la desigualdad en la distribución del ingreso

(Catalán, 2014). Dicha relación propone que a corto plazo la desigualdad aumenta como consecuencia de los procesos de crecimiento, pero que en el largo plazo la desigualdad disminuye, esto significa que para lograr crecimiento e igualdad en el largo plazo debe sacrificarse la igualdad en el corto plazo (Alonso y González, 2017).

Kuznets responde dos preguntas fundamentales: ¿aumenta o disminuye la desigualdad en la distribución del ingreso en el curso del crecimiento económico de un país?, y ¿Qué factores determinan el nivel secular de los ingresos y las tendencias de las desigualdades de ingresos?

Entonces, el autor considera que en el curso de bajos niveles de ingreso per cápita hay una tendencia a la desigualdad, pero que a partir de determinados niveles de ingresos per cápita se obtiene crecimiento de la renta y reducciones importantes en la desigualdad. Esto es explicado por el efecto positivo que transmite la tecnología en las formas de producción y por ende el crecimiento de la renta del país. Adicionalmente afirma que mientras un país se aleja de la agricultura hacia la industrialización crece más y con una incidencia menor en la desigualdad a través del tiempo (Kuznets, 1955)

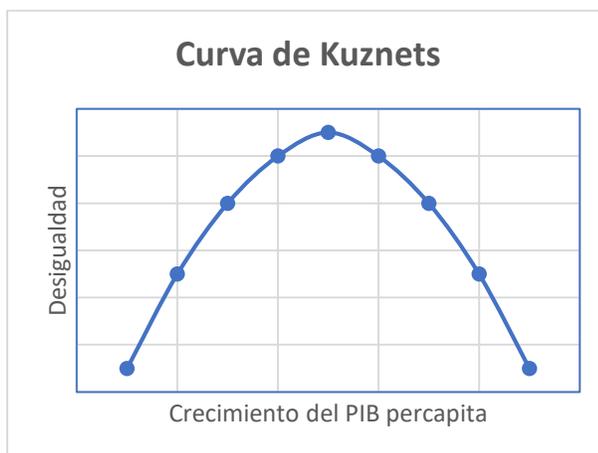


Figura 1. Curva de Kuznets.
Fuente: Elaboración propia.

En la década de los 70s se desata en el mundo el debate entre medioambiente y crecimiento económico, debate que fue inducido a causa de un sentimiento de cuño

romántico¹, aunado a la exigencia de medidas fitosanitarias y de un estilo de vida naturista por parte de algunos grupos de presión, pese a que estos no tuvieron repercusión mayor, son en sí la causa de que se crearan las primeras organizaciones ambientales.

No obstante, estas tres causas son menos preocupantes que las presentadas en 1971 por el Club de Roma, en donde se plantean escenarios cuyo resultado es siempre catastrófico para el planeta². Tales ideas dejaron claro que el crecimiento está supeditado a la disponibilidad de los servicios que le ofrece el medio ambiente y que si este no se cuida el resultado sería un estado estacionario.

En 1972, se llevó a cabo en Estocolmo la Conferencia Sobre el Medio Humano realizada por la ONU, en esta se planteó la idea de que países pobres (con PIB per cápita bajo) producían más problemas ambientales que los países ricos, sin embargo, la defensa de los países pobres fue certera al asegurar que lo mismo había sucedido en el pasado con los países “ricos”.

En el año 1978, Malenbaum desarrolló empíricamente lo que se conoce hoy en día como la hipótesis de intensidad de uso, una relación en forma de “U” invertida entre el crecimiento económico y el uso de minerales. Esta hipótesis sugiere que, en el curso del crecimiento económico los países enfrentan procesos de desmaterialización que se traducen en mejoras de la eficiencia energética, evidentes en la estructura de las matrices energéticas (Malenbaum, 1978 citado en Falconi, Burbano y Cango; s.f)

De acuerdo a Pierri (2005), en 1986, cuando se llevó a cabo la conferencia de Bruntland, se reconoció que crecimiento económico y medio ambiente no se pueden tratar por separado y que es necesario el crecimiento económico para generar unas mejores condiciones ambientales, pues este genera procesos de especialización, usos eficientes de recursos, aprovechamiento de ventajas, entre otros.

¹ El concepto de *cuño romántico* tiene su origen en los primeros movimientos ambientalistas del siglo XIX, más específicamente, en la *crítica naturalista* que acusa a la revolución industrial como culpable de la destrucción ambiental. El *cuño romántico* se expresa en la corriente *conservacionista* y fue el carácter de las primeras organizaciones proteccionistas (Pierri, 2005).

² Los resultados catastróficos en mención hacen referencia a que se reconoció que los recursos eran limitados y por ende de seguir con las maneras de producción desarrolladas en la época, estos se agotarían dejando a las economías en un estado estacionario donde ya no se podría producir más.

En la década de los 90, se realizan las primeras investigaciones que relacionan el crecimiento económico con la degradación ambiental, convirtiéndose así en un recorrido teórico que se conoce como la Curva Medioambiental de Kuznets (CMK). Esto se debe a los trabajos de Grossman y Krueger (1991), Shafik y Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993) Selden y Song (1994) y Arrow (1995) los cuales, debaten sobre la existencia de una relación de “U” invertida entre crecimiento económico y degradación ambiental, en donde, existe un punto de inflexión que determina el paso de una economía que usa de manera intensiva los recursos para obtener crecimiento hacia una con altos niveles de desarrollo (Mendoza, 2015). El término Curva Medioambiental de Kuznets fue acuñado por Panayotou (1993).

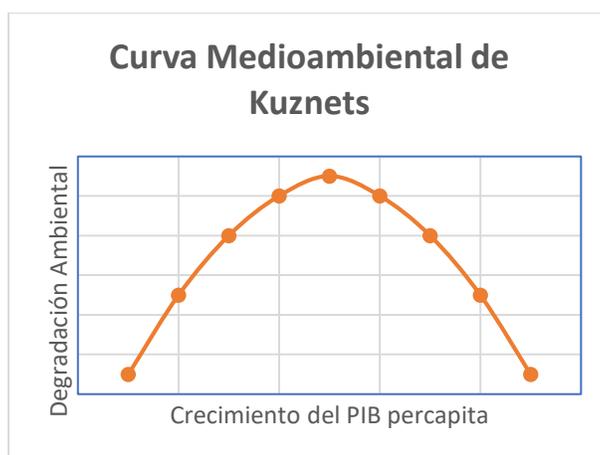


Figura 2. Curva Medioambiental de Kuznets
Fuente: Elaboración Propia.

Bajo el marco de análisis de la CMK, se consideran diferentes efectos que dan explicación a ella. Primero, el efecto escala, que corresponde a la expansión de la actividad económica y su contribución al deterioro ambiental; segundo, un efecto composición que depende de una ventaja comparativa relativa a la regulación ambiental y que dependerá de la estructura productiva de la economía en particular -relacionado generalmente con los cambios que sufre la legislación ambiental a causa de la apertura comercial- y finalmente un efecto técnico que corresponde los cambios en tecnología y formas de producción (Grossman y Krueger, 1991).

Grossman y Krueger, consideran en su estudio variables que corresponden a las características del entorno tales como densidad de población, tipo de gobierno, entre otras.

También, se deben distinguir tres tipos de economías de acuerdo con su nivel de ingresos, para las cuales la estimación y las conclusiones que de estas se obtengan pueden variar. Se distinguen entonces las economías de bajos ingresos, medianos ingresos e ingresos alto. Para las economías de bajos ingresos la relación tiende a ser lineal, mientras que para las economías de ingreso medios y altos la relación es cuadrática o cúbica respectivamente (Grossman y Krueger, 1991).

La propuesta original de Grossman y Krueger (1991) sobre la CMK, se desarrolla fundamentada en la importancia del comercio internacional y especialmente de los acuerdos comerciales. En principio, reconocieron que los argumentos que vinculan la liberalización del comercio y el medio ambiente no han sido explorados; sin embargo, identifican que la liberalización comercial genera un efecto escala cuyas consecuencias son desconocidas para el medio ambiente.

Ante este panorama poco explorado Shafik y Bandyopadhyay (1992), aseguran que la política comercial de los países permite reducir la contaminación pues los procesos de apertura desarrollan nuevas tecnologías, ventajas comparativas ambientales y procesos de especialización.

Contrario a esto, Arrow et al (1995), consideran que tal relación entre política comercial, procesos de apertura y otros factores como callate la jetafact, no deben tomarse de una forma tan optimistas en los efectos positivos sobre la contaminación ambiental, pues, omiten características importantes que definen los ecosistemas como su capacidad de resiliencia y de renovación. Afirmando así que el crecimiento económico no precisa necesariamente mejores condiciones ambientales y, por tanto, no debe considerarse como un sustituto de la política ambiental.³

Pregunta problema:

³El trabajo de Arrow y otros (1995), sugiere que la literatura no debería suponer que una sola variable mejora la calidad ambiental, pues tal relación no identifica los efectos que la mejora de un contaminante tiene sobre otros contaminantes.

¿Cuál es la incidencia del crecimiento económico en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Dióxido de Carbono (CO₂) para algunos países de la cuenca del pacífico bajo la teoría de la Curva Medioambiental de Kuznets en el periodo 1970 - 2012?

Objetivos

Objetivo General

Analizar la incidencia del crecimiento económico en las emisiones de GEI y CO₂ para los países que hacen parte de la cuenca del pacífico bajo la teoría de la Curva Medioambiental de Kuznets en el periodo 1970-2012

Objetivos específicos

1. Examinar indicadores de emisiones de GEI, CO₂ y PIB per cápita de los países seleccionados de la cuenca del pacífico.
2. Diseñar y estimar a través de un panel de datos la relación expresada por la Curva Medioambiental de Kuznets para el conjunto de países seleccionados de la cuenca del pacífico.
3. Analizar los resultados de la estimación y verificar la existencia de la Curva Medioambiental de Kuznets para los países seleccionados.

Justificación

Enfrentar el cambio climático y mantener el crecimiento económico se han convertido en algunos de los grandes retos que han asumido los países en los últimos años. Durante décadas se ha vinculado el cambio climático como consecuencia de las actividades del hombre, en especial de sus patrones de producción y consumo. De acuerdo con la CEPAL (2015), la causa principal del cambio climático son las emisiones de origen antropogénico que como consecuencia elevan los niveles del mar, aumentan la temperatura media global, modifican los patrones de precipitación y reducen la criósfera³. Se ha encontrado evidencia de que la temperatura media global aumentó 0,85 Centígrados en el periodo 1880-2012; para el siglo XXI se tiene proyectado un incremento de la temperatura media global de entre 1 y 3,7 °C

Si bien es cierto el cambio climático es un fenómeno de largo plazo, las estrategias que se generen para mitigarlo deben diseñarse e implementarse lo más pronto posible para evitar consecuencias catastróficas para el medio ambiente y la economía mundial (IPCC, 2014; CEPAL, 2015; Green Peace, 2018).

Adicionalmente, los países considerados en este estudio han trabajado durante los últimos años en un proceso de integración profunda llamado la Alianza del Pacífico (AP), que surge de un panorama histórico con recurrentes fracasos en los procesos de integración en ambas regiones –Asia y América-.

La AP se proyecta actualmente como un acuerdo con potencial, que tiene por ofrecer resultados importantes en materia de crecimiento económico interregional y recientemente en temas relacionados con el medio ambiente (Novak y Namihás, 2018). Considerar los países como parte de un espacio geográfico y un acuerdo de integración compartido da cuenta a su vez de las bases teóricas en las que desarrolla este trabajo, sin obviar la importancia de los flujos comerciales y su relación con el medio ambiente.

Además de hacer parte de una integración que contempla un crecimiento en sus economías, también comparte la característica de ser altamente vulnerables a los efectos del cambio climático mencionados anteriormente, esto se debe en gran parte a su situación geográfica y climática, asimismo a la sensibilidad de su fauna y flora, entre otros (Green Peace, 2018).

Son pocas las teorías que han vinculado el impacto ambiental con el crecimiento económico, constituyendo así un espacio poco explorado por las diferentes disciplinas. El presente estudio pretende incursionar en una de estas pocas teorías y resulta relevante al permitir identificar las relaciones entre las trayectorias del crecimiento económico y las emisiones de GEI y CO₂; los resultados que de este se obtengan pueden dar cuenta de la incidencia del crecimiento económico como estrategia para reducir el cambio climático o en su defecto hacerlo más evidente. Independientemente de los resultados que se puedan obtener, este estudio permitirá continuar el debate y apoyar la generación de estrategias que desde diferentes frentes busquen mitigar el cambio climático.

Revisión de Literatura

Con la popularización del término CMK en la década de los 90, se hizo popular el debate que giró en torno a este, así como también las investigaciones que pretenden validar o desvirtuar la hipótesis de la existencia de una relación de “U” invertida entre el crecimiento económico y degradación ambiental, por esto el objetivo de este apartado es exponer varias investigaciones que desde finales de los 90 han abordado la CMK, contribuyendo a construir una base teórica y empírica más sólida que permita el buen desarrollo de nuevas investigaciones. La *Tabla 1* resume algunos de los principales trabajos relacionados con la validación de la CMK.

Tabla 1. Revisión de Literatura Curva Medioambiental de Kuznets⁴

Autores	Lugar y Periodo	VARIABLES ANALIZADAS (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Vincent (1997)	17 estados de Malasia.	Partículas suspendidas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal y sólidos en suspensión.	Datos Panel: Efectos fijos y efectos aleatorios.	No se evidencia un comportamiento de Curva medioambiental de Kuznets.
Kaufman, Davidsdottir, Gamhan y	23 países. 13 desarrolladas, 7 en desarrollo y 3 planificadas,	Densidad de la población, SO ₂ , variables	Panel de Datos.	Se evidencia comportamiento en forma de “N”.

⁴ Puede consultar la tabla completa en la sección de anexos.

Autores	Lugar y Periodo	Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Pauly (1998)	(1974-1989).	policotómicas		Los puntos de inflexión son \$3.000 y \$12.500 dólares respectivamente.
Roca, Padilla, Farre y Galletto (2001)	España, (1980-1996).	CO_2 , CH_4 , N_2O , SO_2 , NO_x , Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVDM)	Series de Tiempo: Análisis de Tendencias	Hay evidencia de una curva medioambiental de Kuznets para el SO_2 . Sin embargo, no especifica punto de inflexión. Para los demás contaminantes no hay evidencia de la CMK.
Galeotti, Lanza y Pauli (2005)	Países de la OCDE y otros fuera de la OCDE.	CO_2 .	Datos Panel	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets para los países de la OCDE. Para los otros países no se evidencia comportamiento en forma de “U” invertida.
Zilio y Caraballo (2014)	21 países de América Latina (1960 - 2008).	CO_2 , participación de la industria en la estructura sectorial, grado de apertura e importaciones netas de energía.	Datos Panel: modelo semiparamétrico.	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets.

Autores	Lugar y Período	Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Catalan.H (2014)	144 países, (1990 - 2010).	CO_2 , participación del sector servicios en el PIB, porcentaje del consumo de energía fósil respecto al total de energía, eficiencia energética y porcentaje de áreas protegidas.	Mínimos Cuadrados Ordinarios y Datos Panel (efectos fijos, efectos aleatorios, between y primera diferencia).	Se evidencia comportamiento en forma de "N".
Özokcu, S., y Özdemir, Ö (2017)	26 países de la OCDE y 52 países de economías emergentes, (1980 - 2010).	CO_2 y uso de energía.	Mínimos Cuadrados Ordinarios y Panel de Datos (efectos fijos y efectos aleatorios).	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. Se evidencia comportamiento en forma de "N" invertida, no especifica puntos de inflexión.
Sánchez y Caballero (2019)	América Latina y el caribe, (1980 - 2015).	CO_2 , intensidad energética, consumo de energía, consumo de energía renovable y índice de apertura comercial.	Modelo de cointegración con datos panel.	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets con punto de inflexión en \$10.134 USD (precios constantes 2010).

SO_2 : Dióxido de Azufre, CO_2 : Dióxido de Carbono, CH_4 : Metano, N_2O : Oxido Nitroso, NO_x : Óxidos de Nitrógeno; CO : Monóxido de Carbono.
Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos presentados en la Tabla 1, permiten identificar que los resultados ofrecidos por las diferentes investigaciones son bastante diversos y varían en función de las metodologías utilizadas, países seleccionados y otros. Actualmente hay una tendencia en la literatura de comprobar la evidencia de la CMK en economías en desarrollo pues consideran que, si los efectos encontrados por Grossman y Krueger fueran predominantes, este tipo de investigaciones sería inviable realizarlo para economías en desarrollo (Zilio y Caraballo).

Algunos de los trabajos que desarrollan su investigación únicamente para economías en desarrollo son los de Bhattarai y Hamming (2001), Zilio y Caraballo (2014), Muhammad, Solarin y Ozturk (2016) y Sánchez y Caballero (2019). Por otra parte, Özokcu y Özdemir (2017), Falconi, Burbano y Cango (2016), Catalán (2014), Al Sayed y Sek (2013), Galeotti, Lanza y Pauli (2005), Cole (2004), Bengochea, Higon y Martínez (2001) y Kaufman, Davidsdotir, Gamhan y Pauly (1998), lo han hecho agrupando países desarrollados y en desarrollo. También hay una tendencia a hacer este tipo de investigaciones considerando individualmente los países como lo hicieron Roca, Padilla, Farre y Galletto (2001), Granja, Mendoca y Nogueira (2002), entre otros.

Esta diversidad observada en la elección de los países no ha sido concluyente para determinar formas específicas o resultados predominantes de acuerdo a si los países se consideran individualmente o agrupados. Por ello, es de particular interés prestar atención a los resultados que ofrecen los trabajos entre los cuales se ha evidenciado la CMK en forma de U invertida, formas de N abiertas y otros que no hayan evidencia.

La relación de U invertida expresada originalmente en el trabajo de Grossman y Krueger (1991), ha sido apoyada también en trabajos como el de Bhattarai y Hamming (2001) para 66 países en el periodo 1972 – 2016, de los países que ellos analizaron la evidencia de U invertida fue obtenida para 20 países de América Latina en su mayoría en desarrollo; Roca, Padilla, Farre y Galletto (2001) encuentra CMK para España; Cole (2004) y Galeotti, Lanza y Pauli (2005) lo hacen para países de la OCDE; Al Sayed y Sek (2013) para 40 países, Sánchez y Caballero (2019) para América Latina y el Caribe, entre otros.

Otro resultado común entre los trabajos es la forma de “N” abierta, este resultado lo han encontrado Catalán (2014) para 144 países, Ozokcu y Ozdemir (2017) para 78 países,

Yurtta Guler y Kutlu (2017) para Turquía, Bhattarai y Hamming (2001) para países de África y Asia.

Por otra parte, hay trabajos que no verifican la evidencia de la CMK y que, por tanto, no establecen relación de largo plazo entre la degradación ambiental y el ingreso, en este grupo se pueden incluir los trabajos de Vincent (1997) para Malasia; Bengochea, Higon y Martínez (2001) para la Unión Europea; Day y Grafton (2003) para Canadá; Lorente, Herranz, Iniesta y Cantos (2016).

La mayoría de los trabajos mencionados en esta sección hacen usos cuidadosos de las variables de control entre las cuales destacan como variables dependientes contaminantes para agua y aire; y para variables independientes como aquellas que dan cuenta de la estructura productiva, características demográficas, uso de combustibles fósiles y apertura comercial. Las metodologías dominantes en los diferentes trabajos son las estimaciones por panel de datos a través de efectos fijos y efectos aleatorios; cuando los trabajos consideran los países de manera individual han optado por usar especificaciones con series de tiempo en especial VAR.

Metodología

La metodología que se aplicará en este texto partirá de la comprobación por medio de una regresión econométrica por Datos panel para las emisiones de gases de efecto invernadero y Dióxido de carbono per cápita. Con propósito de hacer demostración empírica de la existencia de la Curva Medioambiental de Kuznets, se consideran variables como el PIBpc, la densidad poblacional, la apertura comercial y la producción de electricidad a partir de fuentes de petróleo, carbón y gas, utilizando como fuente de información el Banco Mundial.

Trayectorias de Crecimiento Económico y Degradación Ambiental en los países de la cuenca del Pacífico

En esta parte se recopilan las trayectorias del PIB per cápita, emisiones de Gases de Efecto Invernadero y emisiones de Dióxido de Carbono para los países seleccionados en este estudio. Es pertinente identificar su comportamiento debido a que dan cuenta de

procesos internos propios de los países y del contexto histórico mundial, como lo son periodos de crisis, entre otros.

1.1 Trayectoria del PIB per cápita desde 1970 hasta 2012

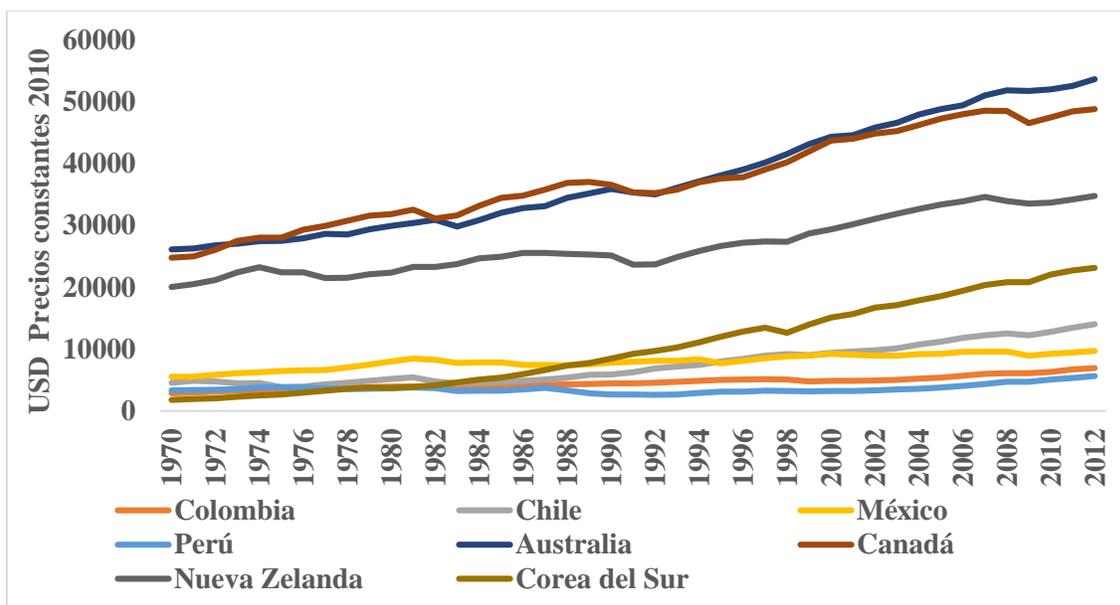


Figura 3. PIB per cápita para los países seleccionados de la Cuenca del Pacífico: 1970-2012 (USD precios constantes 2010)

Fuente: Elaboración propia con base en el Banco Mundial.

En la figura 3, es posible observar que la tasa de crecimiento del PIB per cápita de los distintos países que conforman el litoral pacífico muestra que Corea del Sur es la nación que ha tenido una tasa de crecimiento promedio más altas y llegando a ser 12 veces más grande comparado con los ingresos per cápita en los años 70, logrando cuadruplicar a países como Nueva Zelanda (1,35%), Perú (1,40%) y México (1,40%).

Por otra parte, se evidencia que para los Estados latinoamericanos se dan tasas negativas en el crecimiento per cápita en el año 1975, lo cual puede estar fundamentado en la crisis petrolera presente en esta década. Así mismo, se evidencia que Chile es el segundo país con una tasa promedio más alta llegando a triplicar crecimiento per cápita, seguido de Colombia con una tasa de PIB pc de 2,14% en el periodo analizado.

Por último, Canadá presenta una tasa de crecimiento promedio del PIB per cápita de 1,65%, donde se registra en 1973 su crecimiento más alto y, por el contrario, a comienzos

de los ochenta llegando a un decrecimiento del 4,33% teniendo una posible fundamentación en la incertidumbre al darse una separación de tipo constitucional con el parlamento británico, aun así, se evidencia una recuperación los cinco años siguientes.

1.2. Emisiones de Dióxido de Carbono per cápita entre 1970 hasta 2012

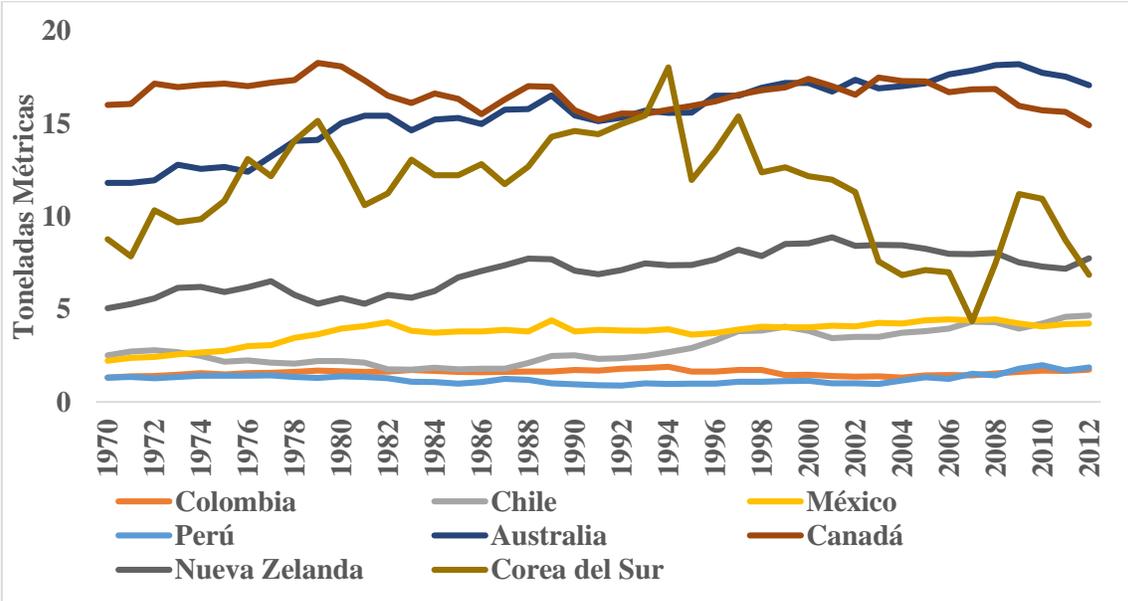


Figura 4. Emisiones de CO₂ para los países seleccionados del Cuenca del Pacífico: 1970-2012 (toneladas métricas per cápita)
Fuente: Elaboración propia con base en el Banco Mundial.

En cuanto a las emisiones de CO₂ pc, se evidencia unas altas emisiones de este contaminante en el país canadiense con un promedio anual de estas emisiones de 16,58 Tm, llegando ser 13 y 10 veces mayor que Perú y Colombia, respectivamente.

Al observar a Australia, esta se identifica como la segunda Nación con mayor contaminación con una media anual de 15,53 Tm, seguido de Corea de Sur y Nueva Zelanda con un promedio de 7,04 toneladas métricas llegando a su emisión más alta en 2001 con 8,88 Tm.

Por otro, lado se observa que Corea del Sur, presenta una media de emisiones de 11,55 Tm, convirtiéndose en el tercer país con mayor emisión de contaminante, llegando a su punto máximo en el periodo analizado a 18,05 Tm, sin embargo, se muestra un descenso en la contaminación en los años posteriores.

Al analizar la región latinoamericana, las emisiones a partir del año 2003 se han mantenido por encima de las 9 Tm, siendo México la nación con más alta emisión promedio de CO₂ pc representado 3,76 Tm anuales, comenzando en 1970 con 2,22, Tm y alcanzando para el 2012 un monto de 4,23 Tm; por otra parte, Chile presenta un aumento exponencial en sus emisiones de CO₂ pc alcanzando un máximo de 4,65 Tm para el 2012, en contraste a 1970 en donde sus emisiones fueron de 2,52 Tm, seguido de Colombia y Perú con un promedio de 1,58 y 1,24 toneladas métricas respectivamente.

1.3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde 1970 hasta 2012

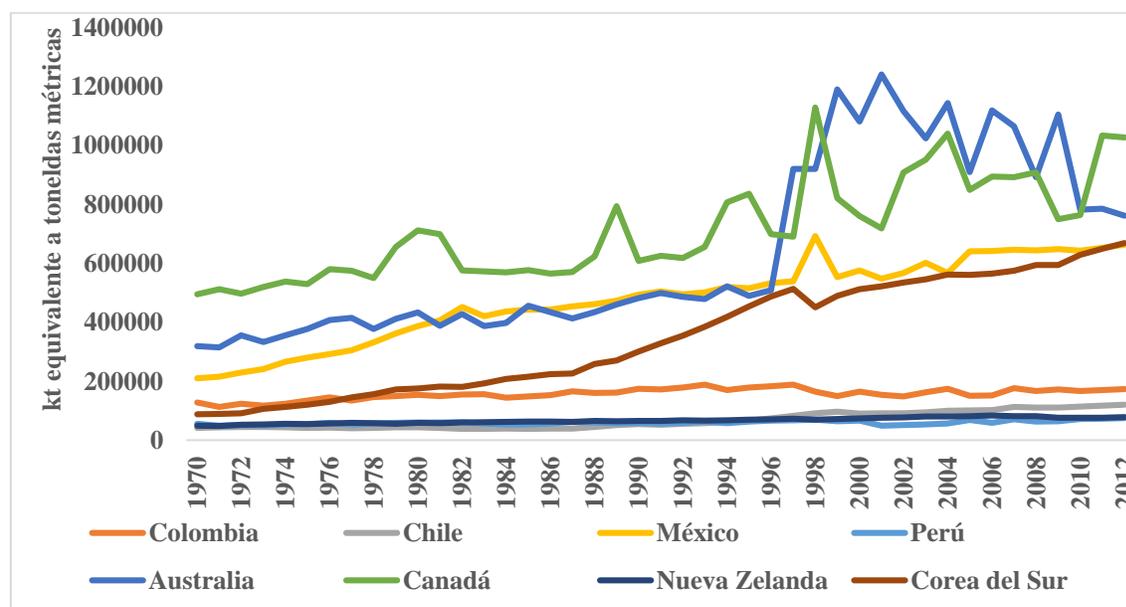


Figura 5. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero totales para los países seleccionados de la Cuenca del Pacífico: 1970-2012 (Kt de equivalente CO₂)

Fuente: Elaboración propia con base en el Banco Mundial.

En las emisiones de GEI, se evidencia que Canadá tiene una media anual de emisiones de GEI de 714 kilo toneladas (kt), llegando a una máxima en 2012 de 1027063 kt, las cuales ubican a este país como el de mayor emisión de GEI de la cuenca del pacífico, donde el punto máximo de contaminación se registró en el 1998, con 1.129.087 kt anuales.

Detallando la región latinoamericana, México es el país que presenta una mayor emisión dentro de la región, con un promedio de 476.970 kt, seguido de Colombia con una media de 156.955 kt lo que equivale a una tercera parte de las emisiones de México, pero el doble de las emisiones de Chile que corresponden a 67.384 kt; por último, Perú con un promedio de 59.955 kt de emisiones anuales.

Por otra parte, se evidencia un incremento exponencial en las emisiones de Australia desde 1996, en donde llega a su punto máximo en 2001 con 1241516 kt, más específicamente Australia tiene un promedio anual de emisiones de 6638.003 kt y Nueva Zelanda con emisiones medias de 66.836,74 kt. Por último, se evidencia que Corea del Sur tiene unas emisiones promedio de 349.928 kt con un punto máximo en 2012 con 668.989 kt.

2. Metodología de Estimación, Datos y Variables

Para la estimación econométrica del presente trabajo se considerará información desde 1970 hasta el 2012 ofrecida por el Banco Mundial para Australia, Canadá, Chile, Colombia, México, Nueva Zelanda, República de Corea y Perú; los datos son ordenados en formas de panel y la regresión se estima mediante el método de efectos fijos y efectos aleatorios de los cuales la prueba de Hausman es el criterio para decidir cuál será el mejor modelo.

El modelo asume, en su forma reducida, que la contaminación ambiental depende del crecimiento económico tal y como se muestra en la *Formula 1*; por esto se consideran como variables dependientes las emisiones de gases de efecto invernadero totales en kilo toneladas del equivalente de CO_2 (GEI) y las emisiones de Dióxido de Carbono en toneladas métricas per cápita (CO_2); como variable independiente el ingreso per cápita a precios constantes en dólares del 2010 (PIBpc).

$$\text{Contaminación ambiental} = f(\text{Crecimiento economico}) \quad (1)$$

$$GEI = f(PIBpc) \quad (1.1)$$

$$CO_2 = f(PIBpc) \quad (1.2)$$

Las *Fórmulas 2 y 3* expresan en términos de un panel de datos la *Formula 1*, dando cuenta de que para poder explicar algún comportamiento de CMK es necesario considerar el PIBpc en su forma cubica como se muestra en la *Fórmula 2.1 y 3.1*, pues ello permite identificar la manera en que se expresa la curva.

$$GEI_{it} = \alpha + \beta_1(PIBpc_{it}) + \varepsilon \quad (2)$$

$$GEI_{it} = \alpha + \beta_1(PIBpc_{it}) + \beta_2((PIBpc_{it})^2) + \beta_3((PIBpc_{it})^3) + \varepsilon \quad (2.1)$$

$$CO_2_{it} = \beta_1(PIBpc_{it}) \quad (3)$$

$$CO_2 = \alpha + \beta_1(PIBpc_{it}) + \beta_2((PIBpc_{it})^2) + \beta_3((PIBpc_{it})^3) + \varepsilon \quad (3.1)$$

Pese a que la forma reducida puede omitir variables importantes es la especificación principal de la CMK debido a que el comportamiento de sus coeficientes lleva implícita la relación y el comportamiento de las emisiones de contaminantes como los GEI y el CO₂, por tanto, es importante considerar las equivalencias entre los coeficientes. La *Tabla 2* resume las principales relaciones entre la degradación ambiental y el crecimiento económico.

Tabla 2. Resumen del comportamiento esperado de los coeficientes e implicación

<i>Resultado esperado e implicación en el comportamiento de la CMK</i>		
$\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Monótona Creciente	El crecimiento económico se traduce en mayor deterioro ambiental.
$\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Monótona decreciente	El crecimiento económico se traduce en menor deterioro ambiental.
$\beta_1 > 0$ y $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$	“U” invertida.	Existe un punto de inflexión a partir del cual el crecimiento económico pasa a traducirse en menor deterioro ambiental.
$\beta_1 > 0$ y $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$	“N” abierta.	La calidad ambiental se obtiene sólo momentáneamente, después de ello el crecimiento implica deterioro ambiental.

Fuente: Elaboración propia con base en Catalán (2014).

La omisión de variables, que puede generar el uso de la forma reducida, ha sido ampliamente estudiada y considerada en diferentes trabajos que al tratar de evitarlo incluyen variables de control (p. ej. Day y Grafton, 2003; Bhattarai y Hammig, 2001; Kaufmann, Davidsdottir, Garnham y Pualy, 1998). Entre estas se incluyen algunas que den cuenta de relaciones causales de la degradación del medio ambiente, como por ejemplo intensidad del comercio, precios de la energía, estructura económica, intensidad espacial de la actividad económica, entre otras (Day y Grafton, 2003). Para el objeto del presente trabajo se incluirán como variables de control *densidad de la población, grado de apertura*

del comercio y producción de electricidad a partir de fuentes de petróleo, carbón y gas obtenidas del Banco Mundial, una ampliación y/o justificación en la elección de estas variables se realizará más adelante. Dicho esto, la especificación ampliada del modelo se muestra en la *Fórmula 4.1*.

$$\text{Contaminación ambiental} = f(\text{PIBpc}, dp, \text{GAC}, \text{pepcg}) \quad (4)$$

$$GEI = \alpha + \beta_1(\text{PIBpc}_{it}) + \beta_2((\text{PIBpc}_{it})^2) + \beta_3((\text{PIBpc}_{it})^3) + \beta_4(dp_{it}) + \beta_5(\text{pepcg}_{it}) + \varepsilon \quad (4.1)$$

$$CO2 = \alpha + \beta_1(\text{PIBpc}_{it}) + \beta_2((\text{PIBpc}_{it})^2) + \beta_3((\text{PIBpc}_{it})^3) + \beta_4(dp_{it}) + \beta_5(\text{pepcg}_{it}) + \varepsilon \quad (4.2)$$

En donde PIBpc representa el PIB per cápita, dp la densidad de la población y $pepcg$ representa la producción de electricidad a partir de petróleo, carbón y gas; el subíndice i representa el sujeto de estudio que para este caso son los países y t corresponde al año, finalmente el término ε expresa el error. Las variables como el PIB y CO2 son incluidas en términos per cápita pues permiten captar el efecto del crecimiento poblacional, además las variables de control dan cuenta de aspectos demográficos, del comercio internacional y de la estructura económica (Caraballo y Zilio, 2014).

2.1 Metodología: Efectos Fijos, Efectos Variables y Test de Hausman

2.1.1 Efectos Fijos

Como ya se mencionó, el modelo se calculará por efectos fijos y efectos aleatorios; esta sección considera las principales características de la especificación por efectos fijos (EF), los EF han sido usados en diversos trabajos que calculan la CMK (p. ej. Vincent, 1997; Bengochea, Higon y Martínez; 2001; Al Sayek y Sek, 2013; entre otros) y han logrado en muchas oportunidades explicar el comportamiento de esta.

Los EF son la forma alternativa de aplicar la primera diferencia permitiendo que el efecto inobservable desaparezca, lo cual facilita el obtener una estimación basada en variables deducidas al utilizar la variación de la variable dependiente a través del tiempo además de las variables independientes dentro de las diferentes observaciones en el corte transversal. Así, la estimación por EF usa los promedios en el tiempo de las variables del modelo y efectúa una estimación de corte transversal. La especificación de la CMK para

GEI y CO2 se muestra a continuación en las Fórmulas 5 y 6 respectivamente (Wooldridge, 2009).

$$GEI_{it} = \beta_1(PIBpc_{it}) + \beta_2((PIBpc_{it})^2) + \beta_3((PIBpc_{it})^3) + \beta_4(dp_{it}) + \beta_5(pepcg_{it}) + \alpha_i + u_{it} \quad (5)$$

$$CO2_{it} = \beta_1(PIBpc_{it}) + \beta_2((PIBpc_{it})^2) + \beta_3((PIBpc_{it})^3) + \beta_4(dp_{it}) + \beta_5(pepcg_{it}) + \alpha_i + u_{it} \quad (6)$$

Donde α es el intercepto desconocido para cada país y u_{it} es el termino de error.

2.1.2 Efectos Aleatorios

La estimación por efectos aleatorios, para validar la existencia de la CMK, ha sido quizás igual de popular que la de Efectos Fijos, aunque mucho más rechazada una vez se realizan las diferentes pruebas de validación (p. ej. Prueba de Hausman), con el fin de seleccionar el modelo a analizar.

El modelo de Efectos Aleatorios (EA) a diferencia de los Efectos Fijos (EF) no pretende eliminar el efecto inobservable, por el contrario la estimación por EA supone que el efecto inobservable no está correlacionado con alguna o algunas de las variables independientes, esto implica que el termino α es independiente de todas las variables explicativas en todos los periodos (Wooldridge, 2009). La especificación del modelo por EA es la misma que por EF es decir las *Fórmulas 5 y 6*.

2.1.3 Test de Hausman: ¿Efectos Fijos o Efectos Aleatorios?

Es usado como la prueba formal de las diferencias que sean estadísticamente significativas en cada uno de los coeficientes de las variables independientes que cambian con el tiempo. Con el tiempo se ha supuesto que a menos de que la prueba de Hausman lo rechace, deben usarse efectos Aleatorios; el rechazo implica que el efecto inobservable si se relaciona con las variables independientes, en caso contrario, se indicaría que se es indiferente en cual usar (Wooldridge, 2009)

2.2 Variables Independientes

2.2.1 Densidad de la Población (dp)

La densidad de la población capta algunos efectos demográficos (Caraballo y Zirio, 2014), es el cociente entre la población y la superficie territorial en kilómetros cuadrados

(Banco Mundial). Entonces se entiende que la densidad de la población esta correlacionada con el ingreso, pues, conforme crece la población, la actividad económica se ajusta y por consiguiente esta puede traer consecuencias ambientales en diferentes indicadores (Restrepo, Ramírez y Montoya, 2006); por tanto, es mencionado en diferentes oportunidades que el exceso de población y la presión demográfica son sólo algunas de las causas principales de criterios de contaminación, tales como la deforestación y otros (Bhattarai y Hammig, 2001).

2.2.2 *Grado de Apertura Comercial (GAC)*

Es el resultado de dividir las exportaciones netas sobre el total del comercio entre dos economías (Duran y Álvarez, 2008). Esta variable permite captar el efecto neto del comercio de bienes y servicios en los indicadores ambientales (CO₂ y GEI) (Caraballo y Zirio, Caballero y Sánchez, 2019); el resultado esperado de esta variable es incierto dado que se esperaría que el grado de apertura comercial de las economías se tradujese en un mayor daño ambiental, pero como se vio en Grossman y Krueger (1991), el efecto escala y el efecto composición juegan un papel crucial y sumado a ello el hecho de que en los últimos años se ha demostrado que a través del comercio también se importa daño ambiental (He y Richards, 2010; Cole, 2004).

Dicho esto, si el signo del coeficiente correspondiente a esta variable es positivo, implica que la apertura comercial tiene un efecto negativo sobre la degradación ambiental mientras que si fuese negativo daría cuenta de la importancia tanto del comercio como de la integración para mitigar problemas ambientales.

2.2.3 *Producción de electricidad a partir de fuentes de petróleo, carbón y gas*

Esta variable considera las fuentes de insumo que son utilizadas por los países para la generación de electricidad, incluyendo el petróleo y sus derivados; en cuanto a gas, sólo se considera el gas natural y, por último, al carbón incluyendo a todos los tipos.

Entonces, el considerarla resulta importante para entender la dinámica inmersa en el debate de la CMK y como afirman Zirio y Caraballo (2014), un aporte importante a la discusión puede ser el utilizar una variable que haya sido poco usada, especialmente cuando se trate de comercio internacional o mercado energético.

3. Resultados de estimación e interpretación

En este capítulo se presentan los resultados de la estimación econométrica para los contaminantes de Dióxido de Carbono y Gases de Efecto Invernadero en el marco de la CMK. En las estimaciones de ambos modelos, la prueba de Hausman determinó que las estimaciones a analizar son las obtenidas por efectos Fijos, reforzando la técnica de trabajo tomada en la mayoría de trabajos similares (Vincent, 1997; Bengochea, Higon y Martínez; 2001; Al Sayek y Sek, 2013; entre otros), explicando que esta estimación por esta metodología permite adaptarse al objetivo, al permitir hacer una inferencia condicional eligiendo algunas Naciones que hacen parte de la cuenca del pacifico.

3.1 Gases de Efecto Invernadero

En la tabla 3 se encuentran los resultados acerca de la regresión para las emisiones de gases de efecto invernadero; se evidencia que se obtuvieron p-valúes no significativos en las variables de PIB per cápita, PIBpc2 y PIBpc3 siendo mayores al 5, 10 y 20%.

Tabla 3. Resultados estimación de Gases de Efecto Invernadero

VARIABLES	Fixed Effects Gei
Pibpc	-9.420 (8.875)
pibpc2	0.000174 (0.000284)
pibpc3	3.94e-09 (3.24e-09)
Dp	4,018*** (697.2)
Apertcomer	188,264* (112,592)
Pepcg	2,503*** (791.6)
Constant	-141,712** (68,975)
Observations	339
Number of country	8
R-squared	0.737

Standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Por otro lado, la variable como densidad poblacional presenta una significancia del 1% traduciéndose en que es posible explicar el comportamiento de GEI, en donde, un incremento de una persona por kilómetro cuadrado, genera un efecto negativo por medio del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en 4017,97 toneladas métricas.

En cuanto a la apertura comercial, presenta un nivel de significancia del 10%, queriendo decir que es una variable relevante en el comportamiento de las emisiones. Como resultado, un incremento en la apertura comercial genera un aumento de 188263,8 toneladas métricas, reafirmando que, para estas economías analizadas existe el efecto escala y efecto composición con este tipo de contaminante, demostrando que a través del comercio se presenta una importación del daño ambiental para las emisiones de GEI (He y Richard,2010; Cole, 2004).

Por último, la producción de electricidad a partir de fuentes de petróleo, carbón y gas evidencia una relación directa con las emisiones de GEI, dando como resultado que un incremento del 1% de la producción eléctrica con estos tipos de energéticos implica un aumento de 2502,95 toneladas métricas, mostrando que la matriz energética basada en hidrocarburos tiene un impacto negativo para el medio ambiente.

Todo lo anterior da cuenta de que con la metodología utilizada para estimar el comportamiento de las emisiones de GEI no hay evidencia para determinar algún comportamiento explicado por la CMK para los países analizados, pues no se pudo establecer relación significativa entre las emisiones de GEI y el PIB per cápita. Esta situación es similar a la que expresan los resultados obtenidos por Zilio y Caraballo (2014), los cuales no encuentran relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico en el largo plazo, pero si con las variables de control usadas en su estudio.

Esto puede estar fundamentado en que este tipo de emisiones agregadas no se pueden llegar a mitigar en función del crecimiento económico, ya que la reducción de este tipo de contaminantes se les atribuye más a las políticas ambientales presentes en los distintos países (Selden y Song, 1994)

Lo anterior, permite resolver el interrogante principal de esta investigación, como consecuencia no se determina la incidencia del crecimiento económico en el comportamiento de este indicador de degradación ambiental, sin embargo, esto no implica que dicha relación no exista, sino que para encontrarla deben usarse otros métodos.

3.2. Dióxido de Carbono

Tabla 4. Resultados estimación para Dióxido de Carbono per cápita

VARIABLES	Fixed Effects co2pc
Pibpc	0.000392*** (0.000123)
pibpc2	-1.56e-08*** (3.95e-09)
pibpc3	1.96e-13*** (0)
Dp	-0.000614 (0.00968)
Apertcomer	-8.904*** (1.564)
Pepcg	0.0527*** (0.0110)
Constant	3.529*** (0.958)
Observations	339
Number of country	8
R-squared	0.398

Standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

En los resultados de la *tabla 4* se evidencia que la densidad de la población no es relevante para explicar las variaciones de las emisiones de CO₂pc. Por otra parte, la apertura comercial es una variable que sirve para entender el comportamiento de las emisiones de CO₂pc, teniendo un efecto inverso, ya que al presentarse un aumento porcentual de esta variable genera una disminución en las emisiones en 8,9 toneladas métricas per cápita. Así, tal y como lo encontraron Grossman y Krueger (1991), el comercio tiene un efecto positivo en la reducción de emisiones de dióxido de carbono, dado que la apertura del comercio induce un efecto composición que modifica los patrones de producción de los países y para este caso contrae entonces los sectores que emiten dióxido

de carbono (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente {PNUMA} y Organización Mundial del Comercio {OMC}, 2009).

Con respecto a la producción de electricidad a partir de fuentes de petróleo, carbón y gas, tiene un efecto directo, puesto que un incremento del 1% de la producción de electricidad con estos compuestos se traduce en un aumento de 0,053 toneladas métricas per cápita, con un nivel de confianza del 95%.

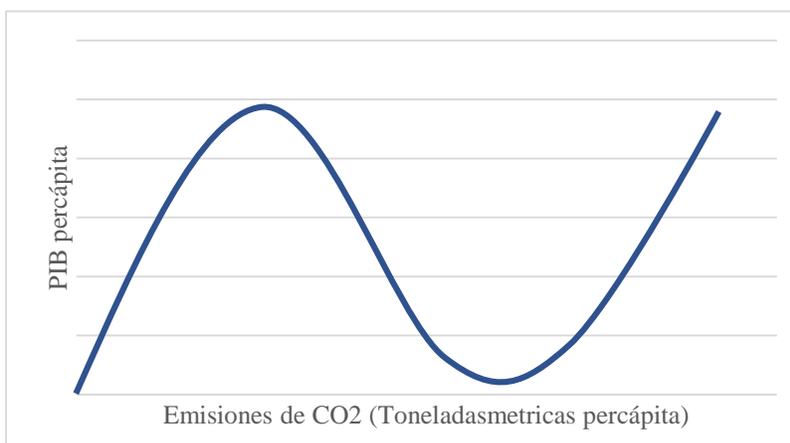


Figura 6. N abierta para las emisiones de CO2

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar el PIBpc, se encontró que es relevante para explicar el comportamiento de las emisiones, mostrando que frente al aumento de 1 dólar tiene un impacto negativo al incrementar las emisiones, con un nivel de significancia del 5%. Así mismo, las variables que determinan el patrón de la curva de Kuznets (PIBpc, PIBpc2 y PIBpc3), se encontró que $\beta_{2}<0$ y $\beta_{3}>0$, llegando al resultado que para los países analizados la CMK tiene una forma de “N”, tal y como se muestra en la *Figura 6*.

La forma de N implica que a partir de determinado nivel del ingreso per cápita se entra en una etapa de reducción de las emisiones de CO_2 , sin embargo esta sólo se prolonga hasta un ingreso más alto a partir del cual el crecimiento económico se traduce nuevamente en más emisiones de Dióxido de Carbono. Dicho esto, podemos concluir que no se evidencia el comportamiento de “U” invertida aunado por la CMK, pero sí se explica el impacto del crecimiento económico en las emisiones de Dióxido de Carbono.

Algunos autores han querido explicar porque se da este comportamiento y han llegado a la conclusión de que el comportamiento en forma de N es explicado por los costos y limitaciones de mantener un crecimiento económico amigable con el medio ambiente.

Los resultados presentados en la *Tabla 3* y *Tabla 4* mostraron la relación existente entre el crecimiento económico y la degradación ambiental medida a partir de las emisiones de GEI y CO₂, sin embargo, no se profundizó en considerar la importancia de la apertura comercial, la siguiente sección considera la importancia de esta variable a partir de un acuerdo de integración que se teje en los países de la cuenca del pacífico.

Conclusiones

En respuesta a la necesidad de mitigar el cambio climático han surgido diferentes teorías que aseguran que el crecimiento económico es quizás la herramienta más eficiente para solucionarlo, sin embargo, la evidencia empírica que se ha diseñado alrededor del tema demuestra que este no debería ser en exclusiva el factor más importante en la búsqueda de soluciones a este problema.

La evidencia empírica ofrecida por este trabajo muestra que para los 8 países considerados en el período del 1970-2012, estimado a través de un panel de datos, la relación que existe entre las emisiones de dióxido de carbono per cápita y el ingreso per cápita evidencia un comportamiento en forma de "N" abierta; por otra parte, con las metodologías utilizadas no fue posible establecer relación significativa entre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el PIB per cápita, por tanto para este no se determina evidencia bajo la teoría de la curva medioambiental de Kuznets.

Los resultados obtenidos para las emisiones de dióxido de carbono, dan cuenta de evidencia en forma de N, donde los países en el curso de bajos ingresos per cápita son causa de mayores emisiones. Esto se debe a las dinámicas de producción y consumo relacionada con el nivel de desarrollo de los países. Los resultados también demuestran que la apertura comercial tiene un efecto positivo para la reducción de emisiones de dióxido de carbono, indicando que a medida que los países abren sus economías al comercio internacional obtienen beneficios de ello que contribuyen en la reducción de las emisiones

de CO₂, efectos del comercio tales como la creación de economías de escala, innovación, aumento de la competitividad y uso eficiente de recursos, apoyan este resultado. Por otra parte, como era de esperarse la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles tiene un efecto negativo en las condiciones ambientales pues hacen que las emisiones de CO₂ aumenten, este resultado sirve para invitar a los países a diseñar una matriz energética más amigable con el medioambiente a través de energías desarrolladas a partir de otros activos naturales.

Por otra parte, como ya se mencionó, no es posible determinar un comportamiento bajo la teoría de la curva medioambiental de Kuznets que dé cuenta del impacto del crecimiento económico en la degradación ambiental medida a través de la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante las estimaciones realizadas para este contaminante también arrojan resultados significativos pero poco consistentes con la teoría, por su parte, la apertura comercial presentó un impacto negativo en las emisiones de GEI, esto implica que para aquellas emisiones diferentes del CO₂ la apertura comercial no representa un alivio de sus emisiones de gases de efecto invernadero, por ello la apertura se traduce en un aumento de la actividad económica que no logra cambiar los patrones de producción y consumo.

La importancia que en este trabajo se dio a la apertura comercial se debe en primer lugar a la teoría que la apoya y a los resultados obtenidos en este estudio, en primer lugar, quedó en firme que la apertura es significativa para explicar las emisiones de gases de efecto invernadero y dióxido de carbono, aunque con efectos inversos para ambos casos. Así, el efecto positivo del comercio en la reducción de emisiones de dióxido de carbono da cuenta del efecto composición en donde la apertura comercial desplaza de la estructura industrial de los países sectores con altas emisiones de gases de efecto invernadero y esto se debe a que la apertura comercial trae consigo efectos estáticos y dinámicos del comercio.

Sin importar el resultado la apertura comercial da cuenta del efecto escala en donde la liberalización comercial aumenta la actividad económica y en su defecto apoya o afecta la mitigación del cambio climático a través del efecto composición que esta tenga.

Dicho esto, se ha considerado a la alianza del pacífico como un exponente potencial de la integración económica en los países de la cuenca del pacífico, sin embargo, se debe prestar particular atención a la manera en que esta se desarrolla, pues debe mantener el horizonte en sus objetivos, es decir, apoyar el crecimiento económico con miras a Asia pacífico, pues, como se mencionó en varias ocasiones el pacífico es *un mar de oportunidades* más económicas que políticas.

Finalmente, a pesar de que no se obtuvieron resultados que validen la relación entre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el crecimiento económico, esta investigación deja abierta la discusión acerca de si otros métodos de estimación pudiesen evidenciar una relación más fuerte entre las variables bajo análisis, de allí que este trabajo puede servir como punto de partida para futuras investigaciones con respecto a esta temática.

Referencias

- Abdou, D.M.S. y Atya, E.M. (2013). *Investigating the energy-environmental Kuznets curve: evidence from Egypt*, Int. J. Green Economics 7 (2): 103–115.
- Acosta, I. (2014). *Sobre las ventajas de la Alianza del Pacífico para Colombia*. Revista Prolegónomos, Derechos y Valores, 17:33, 159-172.
- Al Sayed, A., & Sek, S. (2013). *Environmental Kuznets curve: Evidences from developed and developing economies*. Applied Mathematical Sciences, 7(22), 1081-1092.
- Arrow, K. et al (1995). *Economic Growth, carrying capacity and the environment*. *Ecological Economics*. Vol. 15
- Ballesteros, H.O. y Aristizabal, G.E., (2007). *Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*. IDEAM. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Bengochea, A., F. Higón y I. Martínez Zarzoso (2001), *Economic Growth and CO2 Emissions in the European Union*, Environmental and Resource Economics, 19, pp. 165-172.
- Bhattarai, M. y Hammig, M. (2001). *Institutions and the Environmental Kuznets Curve for Deforestation: A Crosscountry Analysis for Latin America, Africa and Asia*. World Development, 29(6), 995–1010

Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). *Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. Revista digital universitaria 8:10, p.p 5-12

CEPAL. (2015). *Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/4/S1420656_es.pdf

Carbaugh, R.J. (2009). *Economía Internacional*, 12ª edición. ISBN-10: 607-481-344-2

Catalán, H. (2014). *Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento 3sustentable*. *Economía informal*, 389(14), 19- 37. doi:10.1016/S0185-0849(14)72172-3

Cole, M. A. (2004), *Trade, the Pollution Haven Hypothesis and Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages*, *Ecological Economics*, 48, pp. 71-81.

Day, K. M., y Grafton, R. Q. (2003). *Growth and the Environment in Canada: An Empirical Analysis*. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne D'agroéconomie*, 51(2), 197–216.

Duran, J. y, Álvarez, M. (2008). *Indicadores de comercio exterior y política comercial: medidores de posición y dinamismo comercial*. CEPAL. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3690/S2008794_es.pdf

Falconi, F., Burbano, R. y Cango, P. (2016). *La Discutible Curva de Kuznets*. Ecuador. Recuperado de <https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/62767-la-discutible-curva-de-kuznets>

Fan, C., y Zheng, X. (2013). *An empirical study of the environmental Kuznets curve in sichuan province, China*. *Environment and Pollution*, 2(3), 107-115.

Fodha, M., Y Zaghdoud, O. (2010). *Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: An empirical analysis of the environmental Kuznets curve*. *Energy Policy*, 38(2), 1150–1156.

Chourmet, J., Motel, P., Dakpo, K. (2013). *The Environmental Kuznets Curve for Deforestation: A thretened Theory? A Meta Analysis*. *Ecological Economics*, 90: 19-28.

Egli, H. (2004). *The environmental Kuznets curve-evidence from time series data for Germany*, Working Paper Series 04–33, Institute of Economic Research.

Fuentes, J. (1994). *El regionalismo abierto y la integración económica*. Revista de la CEPAL, 53:81-91. ISBN- 92-1-321400-6

Galeoti, M., Lanza, A. y Pauli, F. (2006). *Reassessing the Environmental Kuznets Curve for Co2 Emissions: A Robustness Exercise*. Ecological Economics, 57: 1452-163.

Granja, F., Mendoza, A., y Nogueira, J. (2002). *Poverty and Environmental Degradation: The Kuznets Environmental Curve for the Brazilian Case*. Texto para Discusión 267, Universidad de Brasilia

Grossman, G. M., y Krueger, A. B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. NBER Working Papers, 3914, Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=232073>, 353-376. doi: 10.3386/w3914

Grossman, G. M., y Krueger, A. B. (1995). *Economic Growth and the Environment*. The Quarterly Journal of Economics, 110(2), 353–377. doi:10.2307/2118443

He, J., y Wang, H. (2012). *Economic structure, development policy and environmental quality: An empirical analysis of environmental Kuznets curves with Chinese municipal data*. Ecological Economics, 76, 49–59. doi:10.1016/j.ecolecon.2012.01.014

Jordi, R., Padilla, E., Farre, M. y Galletto, V. (2001). *Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spain: Discussing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis*. Ecological Economics, 39: 85-99

Kaufman, K., Davidsdottir, B., Garnham, S., Pauly, P. (1998). *The Determinants of Atmospheric SO2 Concentrations: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve*. Ecological Economics, 25:209-220

Kuznets, S. (1955). *Economic Growth and Income Inequality*. The American Economic Review, 45(1), 1-28. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1811581>

Liu, L. (2012). *Environmental Poverty, a Decomposed Environmental Kuznets Curve, and Alternatives: Sustainability Lessons from China*. Ecological Economics, 73: 86-92

Lorente, D., Herranz, A., Iniesta, A. y Cantos J. (2016). *La curva Medioambiental de Kuznets y la Innovación Energética en Países de la OCDE*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5696478>

Magnani, E. (2001). *The Environmental Curve: Development Path or Policy Result?* Environmental Modeling & Software 16: 157-165

Mendoza, E. (2015). *La Curva Medioambiental de Kuznets ¿Un modelo fiable sobre la degradación ambiental?* (Tesis de Pregrado). Universidad de la Rioja, España.

Millán, J.A. (1993). La cuenca del PacíficoPacífico: Mito o Realidad. Comercio Exterior. p.p 1121-1127. Recuperado de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/253/4/RCE4.pdf>

Mohammad, S., Solarin, A. y Ozturk, I. (2016). *Environmental Kuznets Curve Hypothesis and the Role of Globalization in Selected African Countries*. Ecol Indic, 67: 623-636

Moran, T. P. (2005). *Kuznets Inverted U-Curve Hypothesis: The Rise, Demise, and Continued Relevance of a Socioeconomic Law*. Sociological Forum, 20 (2): 209-244. DOI: 10.1007/S11206-005-4098-Y

Özokcu, S., y Özdemir, Ö. (2017). *Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 639–647.doi:10.1016/j.rser.2017.01.059

Petit, J.G. (2014). *La Teoría Económica de La integración y sus Principios Fundamentales*. Revista Venezolana de Coyuntura, 20:1, p.p. 137-162. Caracas, Venezuela.

Pierri, N. (2005). *Historia del concepto de desarrollo sustentable*. En G. Foladori (ed.), *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* (27-83). México: Miguel Ángel Porrua, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura, ISBN 970-701-610-8.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente {PNUMA} y Organización Mundial del Comercio {OMC}. (2009). *El comercio y el Cambio Climático*. OMC. ISBN: 978-92-870-3524-0

Prado, J.P. y Velázquez, R. (2016). *La alianza del pacífico: comercio y cooperación al servicio de la integración*. Revista Mexicana de Política Exterior, núm. 106, enero-abril de 2016, pp. 205-235, ISSN 0185-6022

Restrepo, F. C., Ramirez, A. F. y Montoya, C. (2005). *La Curva Medioambiental de Kuznets: Evidencia Empírica Para Colombia*. Semestre Económico 8 (15): 13-30. Recuperado de <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1104/1075>

Saboori, B., Sulaiman, J. y Mohd, S. (2012). *An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions in Indonesia: The role of Energy Consumption and Foreign Trade*. International Journal of Economics and Finance, 4 (2).

- Sachs, J.D. y Larraín, F. (2006). *Macroeconomía en la Economía Global*, 2ª ed.. Buenos Aires: Pearson Education.
- Sánchez, L. (2019). *La Curva de Kuznets Ambiental y su Relación con el Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Un Análisis de Cointegración con Panel, 1980-2015*. Revista de Economía del Rosario, 22(1): 101-142
- Selden, M. y Song, D. (1994). *Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?*. Journal of environmental economics and management No. 27
- Shafik, N. y Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence*. Washington D.C.: World Bank.
- Vincent, J. (1997). *Testing for Environmental Kuznets Curves within a Developing Country*. Environment and Development Economics, 2:417-431 doi:10.1017/S1355770X97000223
- Wooldridge, J. (2009). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*, 4ª Edición. ISBN- 13:978-607-481-312-8
- Yurttaguler, I. y Kutlu, S. (2017). *An Econometric Analysis of the environmental Kuznets Curve: The Case of Turkey*. alphanumerical Journal, 5(1). DOI: 10.17093/alphanumeric.304256
- Zilio, M. y, Y Caraballo, M.A. (2014). *¿El final de la curva de Kuznets de carbono? Un análisis semiparamétrico para América Latina y el Caribe*. El Trimestre Económico lxxxi, (321), 241-270.

Anexos

1. Revisión de literatura Curva Medioambiental de Kuznets

Autores	Lugar y Periodo	Variyables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Vincent (1997)	17 estados de Malasia.	Partículas suspendidas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal y sólidos en suspensión.	Datos Panel: Efectos fijos y efectos aleatorios.	No se evidencia un comportamiento de Curva medioambiental de Kuznets.
Kaufman, Davidsdottir, Gamhan y Pauly (1998)	23 países. 13 desarrolladas, 7 en desarrollo y 3 planificadas, (1974-1989).	Densidad de la población, SO_2 , variables policotómicas	Panel de Datos.	Se evidencia comportamiento en forma de "N". Los puntos de inflexión son \$3.000 y \$12.500 dólares respectivamente.

Autores	Lugar y Periodo	Variyables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Bhattarai y Hamming (2001)	66 países. América Latina (20 países), África (31 países) y Asia (12 países), (1972 - 1991).	Tasa de deforestación, índice GINI, densidad de la población, índice de derechos y libertades civiles, deuda externa como porcentaje del PIB, prima del mercado negro en divisas, crecimiento poblacional, densidad de la población rural y rendimiento de los cereales.	Datos Panel: Modelos de efectos fijos (Mínimos Cuadrados Ponderados), efectos aleatorios y regresión agrupada simple.	Se evidencia comportamiento en forma de “U” invertida para América Latina y África. Los puntos de inflexión son \$6.600 y \$1.300 dólares respectivamente. Para Asia el comportamiento se da en forma de “N” invertida. Los puntos de inflexión son \$2.200 USD, \$5.500 USD y \$7.750 USD respectivamente.
Roca, Padilla, Farre y Galletto (2001)	España, (1980-1996).	CO_2 , CH_4 , N_2O , SO_2 , NO_x , Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVDM)	Series de Tiempo: Análisis de Tendencias	Hay evidencia de una curva medioambiental de Kuznets para el SO_2 . Sin embargo, no especifica punto de inflexión. Para los demás contaminantes no hay evidencia de la CMK.
Bengochea, Higon y Martínez (2001)	Unión Europea Norte de Europa: Bélgica,	CO_2 .	Panel de Datos: Efectos fijos, Efectos Aleatorios, Mínimos	No hay evidencias de la Curva Medioambiental de Kuznets. Las emisiones son

Autores	Lugar y Periodo	Varias Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
	Dinamarca, Irlanda, Países Bajos y Reino Unido. Sur de Europa: Francia, Grecia, Italia, Portugal y España, (1981 - 1995).		Cuadrados en dos Etapas, Mínimo Cuadrados Ordinarios	mayores en países de mayor ingreso.
Magnani (2001)	No específica, (1970 -).	CO_2 , SO_2 y N_2O .	Corte Transversal	Se evidencia comportamiento en forma de “N” para los países considerados individualmente. No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets cuando se consideran los países de manera agrupada.
Granja, Mendoca y Nogueira (2002)	Brasil.	Caso Especial (variables dicotómicas y policotomas): Disposición individual a pagar, Ingreso bruto mensual, nivel de educación, edad, tipo de ocupación, número de	Modelos de Probabilidad Lineal: Probit	No aplica. El estudio pretendía demostrar la implicación de variables socioeconómicas en la Curva Medioambiental de Kuznets.

Autores	Lugar y Periodo	Varias Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
---------	-----------------	---	--------------------------	--

miembros de la familia, tipo de residencia, origen, ¿visitó la Amazonia?, ¿visitó Carajás?, ¿tiene intención de visitar carajás?

Day y Grafton (2003)

Canadá.

CO_2 , CO , SO_2 , Total de Partículas Suspensas (TPS).

Mínimos Cuadrados Ordinarios y Series de tiempo (cointegración)

No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets en Canadá.

Cole (2004)

17 países de la OCDE, (1980 - 1997).

CO_2 , NO_x , SO_2 , CO , Material Particulado Suspendido (MPS), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), niveles de Nitrato, niveles de Fósforo, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Niveles de Oxígeno Disuelto (NOD), intensidad del comercio, exportaciones sucias a países no pertenecientes a la OCDE, producción nacional.

Datos Panel

Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. No especifica punto de inflexión.

Autores	Lugar y Periodo	Varias Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Restrepo, Ramírez y Montoya (2006)	Colombia (1970 - 2000).	CO_2 , SO_2 , DBO, índice GINI, densidad de la población.	Mínimos Cuadrados Ordinarios	Colombia se encuentra en la etapa creciente de la Curva Medioambiental de Kuznets.
Galeotti, Lanza y Pauli (2005)	Países de la OCDE y otros fuera de la OCDE.	CO_2 .	Datos Panel	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets para los países de la OCDE. Para los otros países no se evidencia comportamiento en forma de “U” invertida.
Fodha y Zaghdoud (2010)	Túnez, (1961 - 2004).	CO_2 , SO_2 .	Series de tiempo y análisis de cointegración (vector Autorregresivo)	Hay evidencia de la Curva medioambiental de Kuznets para los dos contaminantes. Los puntos de inflexión son \$1.200 USD para el CO_2 y \$3.700 USD para el SO_2 .
He y Wang (2012)	China (74 ciudades), (1991-2001).	SO_2 , NO_2 , Material Particulado Suspendido, Inversión Extranjera Directa (IED), relación Capital - Trabajo.	Modelo multiplicativo	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. La IED aumenta la contaminación.

Autores	Lugar y Periodo	Varias Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Liu, L.(2012)	China.	No aplica. No obstante, menciona variables comunes tales como CO_2 y SO_2 .	No aplica.	No aplica. Desarrolla el concepto de pobreza ambiental.
Al Sayed, A., y Sek (2013)	40 países: desarrollados y en vía desarrollo, (1960 - 2011).	CO_2 , SO_2 , DBO y MPS.	Mínimos Cuadrados Ordinario y Datos Panel (Efectos Fijos).	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. No especifica punto de inflexión; sin embargo, asegura que estos son más altos en países de economías desarrolladas.
Abdou, D y Atya,E (2013)	Egipto, (1961 - 2008).	CO_2 , población y participación de la industria.	Series de tiempo: Modelo de Corrección de Errores.	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. El resultado puede ser diferente si se eliminan los subsidios a la energía.
Fan, C., y Zheng, X(2013)	Provincia de Sichuan, China, (1985 - 2010).	Índice de contaminación ambiental.	Series de tiempo	Se evidencia comportamiento en forma de “U” invertida para la ecuación cuadrática. Por su parte se evidencia comportamiento en forma de “N” para

Autores	Lugar y Período	Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
				<p>la ecuación cúbica.</p> <p>No especifica puntos de inflexión.</p>
Chourmet, Y., Motel, P., Dakpo, K.(2014)	No aplica.	Variables cualitativas que dan cuenta de los elementos importantes para el metaanálisis.	Metaanálisis: Mínimos cuadrados Ordinarios	Como resultado del metaanálisis se evidenció un comportamiento en forma de “U” invertida con punto de inflexión en el año 2001.
Zilio y Caraballo (2014)	21 países de América Latina (1960 - 2008).	CO ₂ , participación de la industria en la estructura sectorial, grado de apertura e importaciones netas de energía.	Datos Panel: modelo semiparamétrico.	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets.
Catalan.H (2014)	144 países, (1990 - 2010).	CO ₂ , participación del sector servicios en el PIB, porcentaje del consumo de energía fósil respecto al total de energía, eficiencia energética y porcentaje de áreas protegidas.	Mínimos Cuadrados Ordinarios y Datos Panel (efectos fijos, efectos aleatorios, between y primera diferencia).	Se evidencia comportamiento en forma de “N”.
Mendoza, E.(2015)	España, (1990 - 2008).	CO ₂ , índice GINI y participación del consumo	Mínimos Cuadrados Ordinarios.	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets para países

Autores	Lugar y Período	Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
		energético.		desarrollados y algunas veces para países en vías de desarrollo.
Lorente, D.; Herranz, A.; Iniesta, A. y Cantos J.(2016)	25 países de la OCDE, (1995 - 2010)	GEI e innovación energética.	Datos Panel: Mínimos Cuadrados generalizados.	No expresa evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets, sin embargo, destaca la relación inversa entre contaminación y procesos de innovación energética.
Falconí, F., Burbano, R. y Cango, P. (2016)	164 países, (1961 - 2011).	CO_2 y variable dicótoma por país.	Panel de Datos: regresión por tramos.	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets para países desarrollados y alguno en vías de desarrollo.
Muhammad, S., Solarin, A. y Ozturk I. (2016)	19 países africanos, (1971 - 2012).	CO_2 , intensidad energética e indicador de globalización.	Cointegración.	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets para 7 países de África. No especifica punto de inflexión.

Autores	Lugar y Período	Variables Analizadas (además de PIB per cápita)	Metodología Econométrica	Conclusión: ¿Se evidencia una Curva Medioambiental de Kuznets? ¿Qué comportamiento evidencia? ¿Cuáles son los puntos de inflexión?
Özokcu, S., y Özdemir, Ö (2017)	26 países de la OCDE y 52 países de economías emergentes, (1980 - 2010).	CO ₂ y uso de energía.	Mínimos Cuadrados Ordinarios y Panel de Datos (efectos fijos y efectos aleatorios).	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. Se evidencia comportamiento en forma de “N” invertida, no especifica puntos de inflexión.
Yurtta Guler, I. y Kutlu, S. (2017)	Turquía, (1960 - 2011).	CO ₂ .	Series de tiempo: cointegración.	No hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets. Se evidencia comportamiento en forma de “N”, no especifica puntos de inflexión.
Sánchez y Caballero (2019)	América Latina y el caribe, (1980 - 2015).	CO ₂ , intensidad energética, consumo de energía, consumo de energía renovable y índice de apertura comercial.	Modelo de cointegración con datos panel.	Hay evidencia de la Curva Medioambiental de Kuznets con punto de inflexión en \$10.134 USD (precios constantes 2010).

SO₂: Dióxido de Azufre, *CO₂*: Dióxido de Carbono, *CH₄*: Metano, *N₂O*: Oxido Nitroso, *NO_x*: Óxidos de Nitrógeno; *CO* : Monóxido de Carbono.

Fuente: Elaboración propia.