

Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía. El caso de Ecuador 1971-2010

Rentería Victor¹; Toledo Elisa¹; Bravo-Benavides Diana¹; Ochoa-Jiménez Diego¹

¹Departamento de Economía, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

Resumen: En este trabajo se busca comprobar si las emisiones contaminantes son el resultado del crecimiento económico y el consumo de energía en el Ecuador para el periodo 1971-2010. La metodología se basó en econometría de series de tiempo las mismas que incluyeron pruebas de estacionaridad, vectores autorregresivos (VAR) y cointegración de Johansen. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) en forma de U invertida no se cumple para el caso ecuatoriano; sin embargo, se puede observar una relación lineal monótona creciente, la cual señala que el PIB está asociado a crecientes niveles de emisiones de CO₂ a largo plazo; con respecto al consumo de energía (CE) se encontró una relación inversa en el largo plazo, es decir, a medida que aumenta el consumo de energía, el PIB disminuye. Dada la relación entre degradación ambiental y el PIB para el caso ecuatoriano y tomando en consideración la evidencia empírica desarrollada, el Ecuador deberá buscar mecanismos que ayuden a sostener su proceso de crecimiento económico sin comprometer el medio ambiente.

Palabras clave: Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico, Consumo de Energía, Curva Ambiental de Kuznets.

Relationship between Pollutant Emissions, Economic Growth and Energy Consumption. The case of Ecuador 1971-2010

Abstract: The objective of this study is to investigate the relationship between pollutant emissions, economic growth and energy consumption in Ecuador for the period 1971-2010. The methodology is based in econometrics time series involving the same stationarity tests, vector autoregression (VAR) and Johansen cointegration was used. The results do not support the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis for the case of Ecuador; however, we can observe a monotonically increasing linear relationship, which states that GDP is associated with increased levels of CO₂ emissions in the long term; with respect to energy consumption (EC) is an inverse relationship in the long term, in other words, as energy consumption increases, GDP decreases found. Given the relationship between environmental degradation and product for the Ecuadorian case and taking into account the empirical evidence developed, Ecuador should seek mechanisms to help sustain its economic growth process without compromising the environment.

Keywords: Pollutant Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Environmental Kuznets Curve.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo está atravesando cambios climáticos importantes, como el aumento en la temperatura global, sequías, inundaciones, incendios naturales, entre otros. Uno de los determinantes de estos problemas ambientales resultan del uso de combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y gas utilizados en la generación de energía para la actividad industrial, comercial y residencial, por tanto, son considerados como los principales contribuyentes del deterioro ambiental por la cantidad de gases de efecto invernadero que emiten a la atmósfera provocando el calentamiento global que genera impactos negativos en los seres vivos dejando millones de afectados y llevando a grandes pérdidas económicas (Barros, 2006).

El medio ambiente es considerado un sistema importante puesto que en él se dan todas las formas de vida, por ello su cuidado debe ser un tema de importancia del día a día. En el plano científico desde 1987, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo impulsa un estudio denominado "Nuestro Futuro Común" o "Informe Brundtland", centrado en el calentamiento global, los peligros que corre la capa de ozono, la desertificación y la declinación de la biodiversidad, dando importancia al desarrollo tecnológico pues este tiene la capacidad de mitigar, renovar y reciclar los recursos naturales. En base al informe Brundtland se impulsó estudios globales sobre el ambiente por ejemplo; las Cumbres de la Tierra: Estocolmo, 1972; Río de Janeiro, 1992; Kioto, 1997; Buenos Aires, 1998; Marrakech, 2001; y, Johannesburgo, 2002, entre

dbbravo@utpl.edu.ec
Recibido: 12/06/2015
Aceptado: 30/06/2016
Publicado: 30/09/2016

otros, siendo tema principal el cuidado y el control de gases de efecto invernadero, todo esto con el propósito de crear informes para encontrar medios prácticos del como revertir los problemas ambientales no solo continentalmente sino a nivel local y por núcleo familiar (Cantos, 2011).

Con respecto a las investigaciones económicas con objetivos ambientales, la evidencia empírica demuestra que el crecimiento económico puede llegar a convertirse en un factor negativo para el medio ambiente hasta el punto de recrear un crecimiento nulo, contrarrestando estas investigaciones existen trabajos económicos donde apoyan el criterio de que un país necesariamente requiere del crecimiento económico, hasta cierto umbral o nivel de renta per cápita, a partir del cual se pueden revelar efectos positivos para el medio ambiente (Grossman-Krueger, 1991; 1995; Panayotou, 1997).

La evidencia empírica, desarrollada hasta la actualidad, sobre la relación entre economía, medio ambiente y consumo de energía ha permitido identificar tres líneas de investigación que abordan los temas antes mencionados, en la literatura de la economía ambiental. La primera línea se centra en verificar la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), la segunda línea consiste en estudios que analizan el nexo entre el consumo de energía y el crecimiento económico y la tercera línea es una combinación de las dos primeras líneas (Robledo y Guzmán, 2007). Los estudios de esta tercera línea de investigación pueden ser divididos en dos subgrupos.

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

Bhattacharyya y Ghoshal (2010) muestran que la relación entre el crecimiento de las emisiones de CO₂ y el desarrollo económico es más significativa para los países con mayor población y altos niveles de emisiones. Estos resultados sugieren que la política pública orientada a reducir las emisiones contaminantes tendría mayor impacto en el producto de los países desarrollados que en los países en desarrollo.

Ozcan (2013), analiza la relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO₂ bajo análisis de panel de raíces unitarias, de cointegración y causalidad para 15 y 12 países de Oriente Medio respectivamente, los resultados obtenidos para el primer caso revelan que no existe una relación causal entre el PIB y el consumo de energía, y entre las emisiones de CO₂ y el consumo de energía en el corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo, hay una causalidad unidireccional que va desde el PIB y las emisiones de CO₂ al consumo de energía. Mientras que en el segundo caso los resultados proporcionan evidencia contraria a la hipótesis de la CKA. Únicamente se encuentra evidencia favorable a la CKA para 5 países de Oriente Medio. Para los países restantes no parece que existan vínculos causales entre los ingresos y las emisiones de CO₂.

Para América Latina, los estudios sobre la relación entre el crecimiento económico, el consumo de energía y las emisiones de CO₂, sugieren que Argentina, República Dominicana, México y Panamá podrían implementar políticas de conservación sin afectar el crecimiento, mientras que Bolivia, El Salvador, Guatemala y Trinidad y Tobago no podrían considerar esta política ya que el crecimiento disminuirá y los doce países restantes (incluido Ecuador) deben centrarse en el crecimiento económico antes de adoptar cualquier política de conservación (Chang y Soruco, 2011).

El segundo grupo que aborda la relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO₂, incluye análisis de series de tiempo y se enfoca en países individuales. Dentro de este grupo se puede mencionar a Azlina y Mustapha (2012), quienes analizan la relación causal entre energía, crecimiento económico y emisiones contaminantes para el caso de Malasia, para lo cual aplicaron técnicas de cointegración y modelos VEC. Los resultados obtenidos indican que existe una relación de largo plazo entre el consumo de energía, el crecimiento económico y las emisiones contaminantes. En términos de causalidad existe una relación unidireccional entre las variables analizadas.

Similarmente, otro estudio para este mismo país encuentra dos formas de relación en el largo plazo entre estas variables. Primero, las emisiones de CO₂ están determinadas por el consumo de energía, el ingreso y la apertura comercial. Segundo, el ingreso está determinado por las emisiones de CO₂, el consumo de energía y la apertura comercial y el ingreso es la variable que mejor predice las emisiones de CO₂ (Halicioglu, 2009). En este sentido, tanto los estudios para un grupo de países como para un solo país sugieren una estrecha relación entre el nivel de ingreso y la degradación ambiental.

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

Soytas, Sari, y Ewing (2007), investigan el efecto del consumo de energía y la producción sobre las emisiones de carbono en los Estados Unidos, además de estas variables se incluye como variables al empleo y a la formación bruta de capital fijo. Los resultados demuestran que en el largo plazo no existe causalidad entre el ingreso y las emisiones de CO₂, sucede lo contrario con el consumo de energía sobre las emisiones de CO₂. Por lo tanto, el crecimiento del ingreso por sí mismo no puede llegar a ser una solución a los problemas ambientales.

Gómez (2011), analiza la relación entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana, se aplica la metodología del análisis de los vectores autorregresivos VAR con las pruebas de causalidad de Granger y las funciones de impulso respuesta.

Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis de que existe una relación siempre positiva entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de CO₂.

Los estudios con respecto a Ecuador se han basado principalmente en comprobar la hipótesis de la CKA, sin considerar el consumo de energía, en este marco se pueden citar los trabajos de Almeida, (2013) y Espinosa, (2013). El primer estudio busca comprobar si en el Ecuador, el crecimiento económico basado en el indicador PIB per cápita influye positiva o negativamente en la degradación del medio ambiente, medido a través del indicador CO₂, para lo cual utiliza el método de estimación de MCO en series de tiempo con datos anuales. Encontrando que el crecimiento económico tiene una relación monótona creciente con la disminución de la calidad ambiental en el Ecuador durante el período 1970-2010, es decir las emisiones de dióxido de carbono aumentan con el crecimiento económico. Bajo este entorno el Ecuador se encontraría en el tramo creciente de la CKA con un crecimiento económico sustentado en métodos intensivos de producción agrícola, intensificación en la extracción de recursos, en un proceso de industrialización y urbanización que está provocando el deterioro del ambiente y podría pasar décadas antes de acceder al tramo decreciente de la curva. En este sentido, no se puede generalizar que la teoría de la CKA se aplica para cualquier caso.

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

De acuerdo con evidencia empírica, las variables crecimiento económico y consumo de energía explican en mayor grado las emisiones de CO₂. La relación entre estas variables puede variar de acuerdo al país, las técnicas de estimación y el grado de desarrollo de los países.

En algunos países latinoamericanos, ya forma parte de su plan de gobierno el tema ambiental y sus repercusiones económicas. Sin embargo, los esfuerzos son aún limitados dados los escasos recursos económicos de los que disponen estos países, resulta pues importante y necesario observar la dinámica económica y ambiental en el Ecuador. En consecuencia, el objetivo de esta investigación es analizar la relación existente entre las emisiones contaminantes de CO₂, el consumo de energía y el crecimiento económico, para el Ecuador, durante el periodo 1971-2010. Además de evaluar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets para el caso ecuatoriano, para posteriormente proponer recomendaciones que permitan sostener el crecimiento económico del Ecuador sin comprometer el medio ambiente. La hipótesis a verificar señala que; “en el Ecuador, el crecimiento económico y el

consumo de energía son consideradas como los principales factores explicativos del deterioro de las condiciones ambientales (medidos a través de las emisiones de CO₂).

El presente trabajo se encuentra estructurado en cuatro secciones adicionales a la introducción: en la sección II se incluye una síntesis teórica sobre la CKA que analiza y la metodología que se utilizará. En la Sección III se presentan los resultados de la estrategia econométrica utilizada y se realiza la discusión de los resultados para el caso ecuatoriano. Finalmente, se presenta la sección de conclusiones y recomendaciones.

2. MARCO TEÓRICO/METODOLOGÍA

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

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

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

2.1 Metodología

El presente estudio utiliza información anual de la base de datos World Development Indicators, compiladas por el Banco Mundial (2015) para el periodo 1971-2010. Las variables que intervienen en el estudio son:

- Emisiones de CO₂ (CO₂), medidas en toneladas métricas per cápita.
- Consumo de Energía Eléctrica (CE) medida en kWh per cápita.
- PIB Per Cápita (PIB), US\$ a precios constantes del 2005.

Además, se incluye una variable dicotómica que recoge los cambios estructurales por los cuales ha atravesado el país, (se asigna un valor de 1 en los años en los que se han dado cambios significativos).

La Tabla 1 reporta las estadísticas descriptivas de las variables incorporadas en las estimaciones econométricas.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables

Variable	Obs.	Media	Desviación	Min	Max
LCO ₂	40	0,50	0,33	-0,38	0,88
LCE	40	6,13	0,53	4,98	7,02
LPIB	40	7,88	0,12	7,51	8,09

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial, 2015

La estrategia econométrica aplicada para verificar empíricamente la relación de largo plazo entre las emisiones contaminantes, el crecimiento económico y el consumo de energía se basa en el test de cointegración de Johansen (1988), lo cual permite detectar el rango de la matriz de cointegración, que resulta la mejor opción para modelar el sistema cuando se confirma cointegración. La estimación del mismo determinará la relación de largo plazo que se verifica entre las variables y permitirá obtener información sobre la velocidad de ajuste a la senda de equilibrio tras una perturbación verificada en el corto plazo (Zilio, 2010). Teniendo como base el marco teórico revisado y los trabajos empíricos de Gómez (2011), Zhang y Cheng (2009) y Soyta et al, (2007) en este artículo se planteó las Ecuaciones (1), (2) y (3) del modelo de Vectores Autorregresivos (VAR):

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

$$\log CE_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^a \beta_1 \log CE_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_2 \log CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_3 \log PIB_{t-i} + \mu_1 \tag{2}$$

$$\log PIB_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^a \beta_1 \log PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_2 \log CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^a \beta_3 \log CE_{t-i} + \mu_1 \tag{3}$$

El estudio de la condición de estabilidad, se basa en la raíz inversa del polinomio autorregresivo del modelo VAR, a través de los eigenvalores, que para el caso del presente trabajo son menores a la unidad, lo que permite determinar que el modelo propuesto es estable.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La existencia de una relación de largo plazo como la planteada por la CKA, requiere que las series LCO₂ per cápita y LPIB per cápita así como las variables de control incluidas (CE) se encuentren vinculadas en una relación de cointegración lo que significa que comparten una tendencia estocástica común y por

ende la relación entre estas series sea estadística y económicamente significativas (Galeotti, Manera y Lanza, 2009).

En el campo econométrico, esto se traduce en el desarrollo de pruebas de raíz unitaria para verificar no estacionariedad como condición necesaria para llevar adelante el análisis de cointegración propiamente dicho que garantice la existencia de una relación de largo plazo entre emisiones de LCO₂, LPIB y LCE. El análisis de cointegración se desarrolla en tres etapas: en la primera, se establecen las propiedades temporales de las series a través de test de raíz unitaria para analizar estacionariedad y determinar el grado de integración. En la segunda etapa se busca establecer la existencia de una relación de cointegración entre las variables involucradas en las estimaciones econométricas. Sobre estos resultados, se presentan las ecuaciones de cointegración de largo plazo en los casos que sean posibles.

El análisis de las variables se realizó a través de dos test: Dickey Fuller Aumentada –ADF (1979) y Phillips y Perron-PP (1988), en niveles y en primeras diferencias, con intercepto y con intercepto y tendencia, basado en Halicioglu (2009) y Saboori y Soleymani, (2011). En ambos test se prueba la hipótesis nula de que una serie tiene raíz unitaria frente a la alternativa de estacionariedad en las series. La Tabla 2 resume los resultados de las pruebas ADF y PP para las variables, así como, sus primeras diferencias.

Tabla 2: Pruebas de Raíces Unitarias

	Augmented Dickey Fuller Test		Phillips-Perron Test	
	Intercept	Intercept & Trend	Intercept	Intercept & Trend
LCO ₂	-2,87*	-2,73	-2,97**	-2,79
LCE	-2,12	-2,16	-1,75	-2,16
LPIB	-3,24*	-3,42*	-2,91*	-3,34*
ΔLCO ₂	-7,69***	-7,87***	-7,97***	-8,02***
ΔLCE	-3,79***	-3,97**	-3,82***	-3,94***
ΔLPIB	-4,15***	-4,27***	-4,17***	-4,25***

Donde Δ, indica las primeras diferencias y * denota un nivel de significancia al 10%, ** al 5% y *** al 1%, respectivamente

Los resultados indican que existe la presencia de raíces unitarias por lo que resulta indispensable aplicar primeras diferencias a las variables con el fin de volverlas de orden I tal como se muestra en la Ecuación (1).

Una vez comprobado que las series resultan ser integradas del mismo orden, el método de Johansen propone estimar un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) para estos dos grupos según lo especificado en las Ecuaciones (1), (2) y (3).

Partimos de la estimación individual de las regresiones que integran el sistema de ecuaciones, con la finalidad de determinar la longitud óptima de rezago, utilizamos el Criterio de Información Akaike (1974) y Schwartz (1978) llamado AIC, determinando como óptimo un rezago, procediendo a estimar el VAR incluyendo todas las variables involucradas en el análisis.

Como parte del test de cointegración de Johansen se presentan, en la Tabla 3, los resultados del test de la traza y del Max-

Eigen, los cuales determinan la existencia de uno o más vectores cointegración.

Tabla 3. Evaluación de los Estadísticos de la Traza y Max-Eigen

H0	Eigenvalue	Traza Estadística	5% Valor Crítico	Prob.*
Ninguno *	0,566	60,05	35,19	0,000
Al menos 1 *	0,421	28,28	20,26	0,003
Al menos 2	0,179	7,497	9,164	0,102

H0	Eigenvalue	Max-Eigen Estadístico	5% Valor Crítico	Prob.**
Ninguno *	0,566	31,76	22,29	0,001
Al menos 1 *	0,421	20,79	15,89	0,007
Al menos 2	0,179	7,497	9,164	0,102

Nota: * denota el rechazo de la hipótesis al 0,05 y

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-valores

De esta manera, se verifica una relación estable de largo plazo entre las emisiones de CO₂, el consumo de energía y el Producto Interno Bruto (todas en términos per cápita) expresadas en logaritmos, esta relación se ajusta a un patrón lineal. En la Ecuación (4) se muestra el vector cointegrante que mejor se ajusta a la prueba de la traza y Max-Eigen.

$$LCO2 = -83 + 12,21 PIB - 2,01CE \quad (4)$$

Cabe destacar además que los signos presentados en el coeficiente del PIB, indican que a medida que aumenta el producto, la degradación ambiental (medida por las emisiones de CO₂) también aumentan, estos resultados corroboran lo mencionado por Bhattacharyya y Ghoshal (2010); Ozcan (2013); Halicioglu (2009) y Robledo y Olivares (2013). Sin embargo, la relación entre el consumo de energía CE y las emisiones de CO₂ no es la esperada, puesto que en el largo plazo a medida que aumenta el consumo de energía, las emisiones de CO₂ disminuyen. Esto podría explicarse debido a que en el largo plazo el país contaría con tecnologías limpias que permitan sostener o incrementar un nivel de producción óptimo para el desarrollo del país y a su vez permitan mitigar el impacto del uso de la energía proveniente de combustibles fósiles.

Con respecto a la CKA en forma de U invertida para el caso de Ecuador no se cumple puesto, que la inclusión del PIB² en logaritmos resulta en multicolinealidad y en el largo plazo no satisface las condiciones de estabilidad por lo cual los resultados del test cointegración no son significativos. Esta relación se representa gráficamente en la Figura 1.

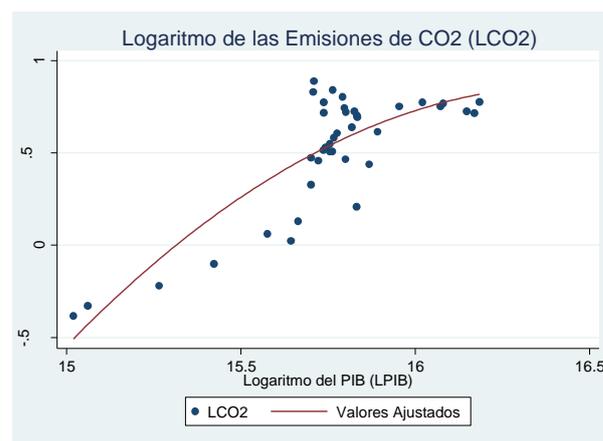


Figura 1. Relación entre las Emisiones de CO₂ y el PIB

De acuerdo a la Figura 1, la relación entre las emisiones de CO₂ y el PIB es monótona creciente y no en forma U invertida, estos resultados concuerdan con los encontrados por Zilio (2008), quien analiza la validez empírica de la hipótesis de la CKA, para una muestra de países de la región de América Latina y el Caribe durante el período 1970-2008 a través de un análisis de panel e individual. En el caso específico de Ecuador pese a que se encuentra una relación de largo plazo entre las emisiones de CO₂, el PIB² y PIB³, la relación no satisface la condición de estabilidad, resultados que se corroboran con lo mencionado por Saravia (2002) quien expone que la CKA no es válida para países en desarrollo.

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

Finalmente, cabe mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos la relación entre las variables incluidas no es muy significativa, ante esta situación y dado el contexto económico-ambiental del país, algunos autores sugieren utilizar otras variables proxy para poder explicar la degradación ambiental, cuyo análisis no se centre únicamente en las emisiones de CO₂. Algunos autores como Bhattarai y Hammig, (2001); Stern y Common (2001), sugieren estudiar la relación medio ambiente-economía utilizando variables ambientales como la deforestación y como variables económicas el ingreso.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo se planteó con el objetivo de analizar la relación existente entre las emisiones contaminantes de CO₂, el consumo de energía y el crecimiento económico, para el Ecuador, durante el periodo 1971-2010. A través de la estrategia econométrica aplicada se pudo concluir que existe una relación estable de largo plazo entre el logaritmo de las emisiones de CO₂, CE y el PIB.

En el largo plazo, la relación entre el logaritmo de las emisiones de CO₂ y PIB es positiva, es decir, a medida que aumenta el ingreso del país, las emisiones de CO₂ también aumentan. Con respecto a la relación emisiones de CO₂ y CE en el largo plazo se evidencia una relación inversa, esto se podría explicar debido a que en el largo plazo el país ha podido mejorar el acceso a tecnologías limpias que permitan disminuir el uso de energía proveniente de combustibles fósiles.

A partir de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis establecida, para la relación emisiones de CO₂ y PIB puesto que en el Ecuador, el crecimiento económico es uno de los principales factores explicativos del deterioro de las condiciones ambientales, lo cual se corrobora a través del método de MCO y cointegración de Johansen. Sin embargo, en cuanto al consumo de energía se rechaza la hipótesis de una relación significativa existente con las emisiones de CO₂, dado el coeficiente de la variable en MCO no es estadísticamente significativa, aunque el signo es el esperado, es decir, a medida que aumenta el consumo de energía aumentan las emisiones de CO₂.

Si bien es cierto, el PIB es una variable de gran impacto para analizar el efecto de la actividad económica sobre el medio ambiente, la variable emisiones de CO₂ podría reemplazarse por otra que recoja la realidad ambiental de países como Ecuador, una variable que se aproxime a esta realidad es la deforestación como resultado de la actividad primaria-extractivista y dada la escasa actividad industrial.

De manera específica, con respecto a la evaluación de la CKA en forma de U invertida para el Ecuador, se concluye que ésta no se ajusta para el caso ecuatoriano, dado que los resultados de la inclusión del PIB y sus potencias ocasionan problemas econométricos que hacen que los resultados no sean estadísticamente significativos, se observa únicamente una relación lineal monótona creciente la cual señala que el ingreso está asociado a crecientes niveles de emisiones. En la actualidad el crecimiento económico del Ecuador se basa en la actividad agrícola, intensificación en la extracción de recursos; además de un creciente (aunque no significativo) proceso de industrialización y urbanización, los cuales están provocando el deterioro del ambiente y podría pasar décadas antes de acceder al tramo decreciente de la curva.

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

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

Dados los resultados de Grossman y Krueger (1995), Ecuador deberá ir cambiando su modelo extractivista por un modelo conservacionista, optando por otras formas de creación de riqueza que tome en cuenta objetivos de sustentabilidad y que ayuden a reducir la progresiva destrucción o degradación de los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Akaike, H. (1974). *A new look at the statistical model identification*. *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 19(6), 716-723.
- Almeida, D. (2013). *Crecimiento Económico y Medio Ambiente: La Curva Ambiental de Kuznets para el Ecuador en el Periodo 1970-2010*. Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Azlina, A. A., & Mustapha, N. N. (2012). *Energy, economic growth and pollutant emissions nexus: the case of Malaysia*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 65, 1-7.
- Barros, V. (2006). *Cambio climático global*. Libros del Zorzal.
- Bhattacharyya, R., & Ghoshal, T. (2010). *Economic growth and CO₂ emissions*. *Environment, development and sustainability*, 12(2), 159-177.
- Bhattarai, M., & 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.
- Cantos, J., & Lorente, D. (2011). *Las energías renovables en la Curva de Kuznets Ambiental: Una aplicación para España*. *Estudios de economía aplicada*, 29(2), 17-32.
- Dickey, D. A. y Fuller, W. A. (1979). *Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root*. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 74(366a), pp. 427-431.
- Chang, C.C. & Soruco Carballo, C. F. (2011). *Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean*. *Energy Policy*, 39 (7), 4215-4221.
- Espinosa, J. (2013). *Estimación de la curva de Kuznets medioambiental en el Ecuador durante el período 1961-2010*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Galeotti, M., Manera, M., & Lanza, A. (2009). *On the robustness of robustness checks of the environmental Kuznets curve hypothesis*. *Environmental and Resource Economics*, 42(4), 551-574.
- Gómez-López, C. S. (2011). *Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana*. *Revista Fuente Año*, 3(9).
- Grossman, G. & Krueger, A. (1991). *Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economic Research, Cambridge, working paper 3914.

- Grossman, G. & Krueger, A. (1995). *Economic Growth and the Environment*. Quarterly Journal of Economics, 110, 353–357.
- Halicioglu, F. (2009). *An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey*. Energy Policy, 37 (3), 1156–1164.
- Johansen, S. (1988). *Statistical analysis of cointegration vectors*. Journal of economic dynamics and control, 12(2), 231-254.
- Kuznets, S. (1955). *Economic growth and income inequality*. The American economic review, 45(1), 1-28.
- MacKinnon, James G., Alfred A. Haug, and Leo Michelis (1999), "Numerical Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests For Cointegration" Journal of Applied Econometrics, 14, 563-577.
- Ozcan, B. (2013). *The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: A panel data analysis*. Energy Policy. Vol. 62, pp. 1138–1147.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development* (No. 292778). International Labour Organization.
- Panayotou, T. (1997). *Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool*. Environment and development economics, 2(04), 465-484.
- Phillips, P. C. y Perron, P. (1988). *Testing for a unit root in time series regression*. Biometrika. 75(2), 335-346.
- Robledo, J. C., & Guzmán, V. S. (2007). *Relación Consumo de Energía Eléctrica y PIB: Evidencia desde un Panel Cointegrado de 10 países de América Latina entre 1971-2007*.
- Robledo, J. C., & Olivares, W. (2013). *Relación entre las emisiones de CO₂, el consumo de energía y el pib: el caso de los civets*. Semestre Económico, 16(33), 45-65.
- Sabori, B. y Soleymani, A. (2011). *CO₂ emissions, economic growth and energy consumption in Iran: A co-integration approach*. International Journal of Environmental Sciences. 2 (1), 44–53.
- Stern, D. I., & Common, M. S. (2001). *Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?* Journal of Environmental Economics and Management, 41(2), 162-178.
- Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B. T. (2007). *Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States*. Ecological Economics, 62(3), 482-489.
- Zilio, M. (2008). *Emisiones de dióxido de carbono en América Latina: un aporte al estudio del cambio climático*. Economía y Sociedad, Vol. XIV, Núm. 22, pp. 133-161.
- Zilio, M. (2010). *La curva de Kuznets Ambiental: Evidencia para América Latina y el Caribe*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.
- Zhang, X. P. & Cheng, X. M. (2009). *Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China*. Ecological Economics, 68(10), 2706–2712.



Elisa Toledo Macas. Economista. Docente investigadora del Departamento de Economía de la Universidad Técnica Particular de Loja. Maestra en Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente trabaja en temas de: crecimiento económico y medio ambiente, prácticas e indicadores ambientales y modelos de elección discreta.



Bravo Benavides Diana. Maestra en Economía con especialidad en "Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable". Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. Economista por la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. Docente Investigador en la UTPL. Actualmente trabaja en temas de: prácticas e indicadores ambientales, cambio climático y modelos de elección discreta.



Diego Alejandro Ochoa-Jiménez PhD(c) por la Universidad de Alcalá, Madrid-España. Master en Economía Aplicada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En la actualidad es profesor de la Titulación de Economía. Investigador de la Sección de Teoría Económica del Departamento de Economía de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Ecuador.



Víctor Rentería Tituaña. Economista. Docente invitado de la Titulación de Economía de la Universidad Técnica Particular de Loja. Actualmente trabaja en temas de: crecimiento económico y medio ambiente.