

## INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE EL DETERIORO AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA<sup>1</sup>

### IMPACT OF ECONOMIC GROWTH ON ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN LATIN AMERICA

Oscar Hernán Cerquera Losada<sup>2</sup>  
María de los Ángeles Clavijo Tovar<sup>3</sup>  
Cesar Javier Vega Cabrera<sup>4</sup>

#### Resumen

En este trabajo se analiza la relación existente entre el crecimiento económico y la calidad medioambiental en los siete países con menor nivel de producción por habitante de Latinoamérica, a saber, Paraguay, Guatemala, Bolivia, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Venezuela, para el periodo 1990-2018. La metodología consiste en la estimación de un modelo de panel de datos de efectos aleatorios y efectos fijos. Los resultados obtenidos muestran que el crecimiento económico incide significativamente junto con otras variables en las emisiones de dióxido de carbono per cápita de los países objeto de estudio. A su vez se comprobó, que los países en sus fases iniciales de producción aumentan considerablemente las emisiones de dióxido de carbono, mientras superan dicho periodo, logran un punto de inflexión en la curva que disminuye su nivel de degradación ambiental, así como se sustenta en los planteamientos de Kuznets con su hipótesis de la curva medioambiental.

**Palabras Claves:** Emisiones de  $CO_2$ , Crecimiento económico, Datos de Panel, Efectos Aleatorios, Efectos Fijos.

#### Abstract

This paper analyzes the relationship between economic growth and environmental quality in the seven countries with the lowest level of production per inhabitant in Latin America, namely Paraguay, Guatemala, Bolivia, Honduras, El Salvador, Nicaragua and Venezuela, for the period 1990-2018. The methodology consists of estimating a panel model of random effects and fixed effects data. The results show that economic growth has a significant impact, along with other variables, on per capita carbon dioxide emissions in the countries under study. In turn, it was found that the countries in their initial stages of production considerably carbon dioxide emissions, while they exceed that period, achieve an inflection point in the curve that decreases their level of environmental degradation, as well as is sustained by the Kuznets' approaches with his environmental curve hypothesis.

Recepción: Julio de 2020 / Evaluación: Septiembre de 2020 / Aprobado: Noviembre de 2020

---

<sup>1</sup> Este artículo es producto de la investigación de Crecimiento Económico y Medio Ambiente, desarrollado en el programa de Economía de la Universidad Surcolombiana el cual no contó con financiación interna, solo con la disposición de tiempo de los autores.

<sup>2</sup> Magister en Economía. Docente de Tiempo Completo del Programa de Economía de la Universidad Surcolombiana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7945-6670>. Correo Electrónico: oscar.cerquera@usco.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante de últimos semestres de economía de la Universidad Surcolombiana. Asistente de investigación. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5304-0100>. Correo Electrónico: clavijomaria6@gmail.com

<sup>4</sup> Estudiante de últimos semestres de economía de la Universidad Surcolombiana. Asistente de investigación. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8806-0256>. Correo Electrónico: vegac137@hotmail.com

**Key words:**  $CO_2$  Emissions, Economic Growth, Panel Data, Random Effects, Fixed Effects.

### Introducción

La aparente relación que existe entre deterioro medioambiental y crecimiento económico ha generado a lo largo de la historia grandes discusiones de política pública. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente desarrollada en Estocolmo en 1972, es para muchos, el punto de partida en el que medio ambiente empieza a cobrar relevancia internacional. No fueron muchos los avances que se lograron desde esta época, la integración del medio ambiente en la planificación de desarrollo de los países fue escasa, pero en cambio, aparecieron nuevos problemas ambientales como el desgaste del ozono, el calentamiento global y el agotamiento de bosques y selvas (Correa, 2004). Fue hasta 1983, cuando las Naciones Unidas instauraron la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en donde el medio ambiente empezó a adquirir mayor importancia, pues se convirtió en un tema de supervivencia para todos, a partir de allí, el crecimiento económico debía analizarse de manera conjunta con el medio ambiente.

Con este trabajo acerca de la elasticidad de contaminación y deterioro ambiental de los siete países con menor ingreso per cápita de Latinoamérica (Nicaragua, Honduras, Venezuela, Bolivia, El Salvador, Guatemala y Paraguay) se busca encontrar el nivel de asociación que existe entre la actividad o el crecimiento económico y los problemas medioambientales que nos aquejan hoy en día, uno de ellos sino el más importante, las emisiones de gases efecto invernadero y el cambio climático que presenta la tierra en la actualidad.

La principal comprobación sobre estos temas es la curva medioambiental de Kuznets (EKC) que establece ciertas correlaciones entre los ingresos per cápita y las afectaciones negativas que hacen los países al planeta en materia medioambiental, esta hipótesis argumenta, que las primeras etapas de desarrollo o crecimiento económico, este incide negativamente al medio ambiente, mientras que, a media que los países que alcanzan niveles más altos de desarrollo, largo plazo, tienden a presentar menores niveles de contaminación ambiental. A medida que los individuos y las economías se encuentran mucho mejor preparadas, disminuirán sus niveles contaminantes (emisiones de dióxido de carbono) y se encontrarán mejor capacitadas para las externalidades negativas que han causado para llegar a niveles altos de desarrollo (Nahman y Antrobus, 2005).

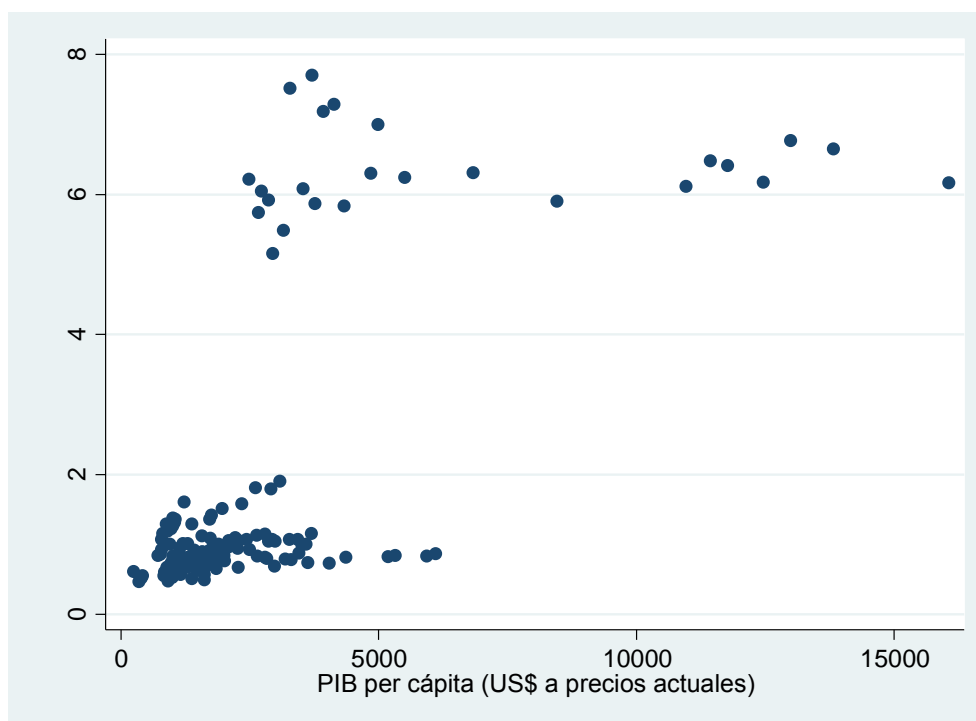
La degradación ambiental junto con la actividad económica siempre ha estado en la mira de los debates mundiales sobre medioambiente y economía, de ahí la importancia del tema estudiado en este trabajo. Kuznets con su curva medioambiental (KFC) juegan un papel fundamental en estos debates, pues se ha convertido en una comprobación experimental entre indicadores de degradación ambiental e ingresos económicos, además de agregar variables importantes acerca de crecimiento y eficiencia que nos harán preguntarnos ¿qué tan grande es el nivel de contaminación y deterioro ambiental que ha provocado el crecimiento económico de estos países? ¿qué significa crecer económicamente frente a la afectación medioambiental? ¿cuál es el efecto real que se ha causado? ¿sus políticas han ayudado a mitigar estos problemas? Estas preguntas permitirán constatar la hipótesis que rodea la relación que existe entre el crecimiento económico y las características ambientales de los países o las regiones (Kaufmann *et al.*, 1998; Galeotti, Lanza, y Pauli, 2006; De Bruyn *et al.*, 1998; Lessmann, 2014)

El informe sobre la disparidad en las emisiones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2019, confirmó que el dióxido de carbono proveniente de combustible fósil derivado del consumo de energía y los procesos industriales, se incrementaron considerablemente en un 2% y se posicionaron en un 37,5 GtCO<sub>2</sub> (Gigatoneladas de dióxido de carbono) en el año

2019. El estudio muestra además, que los países que integran la OCDE, los estados más desarrollados del mundo, ya están presentando disminuciones considerables de las emisiones frente a los que no hacen parte de la Organización, hipótesis relacionada estrechamente con la curva medioambiental de Kuznets suscitada en el presente artículo.

El estudio empírico de la relación del ingreso nacional (variable proxy que explica el crecimiento económico) y las variables de calidad ambiental, se vuelve relevante en la formulación de estrategias que permitan una producción más eficiente y con mayores niveles de sostenibilidad en pro de conservar o no degradar los recursos naturales disponibles.

En la gráfica 1 se evidencia la relación existente entre las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) por persona con respecto al Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en todos los siete países estudiados durante el periodo 1990-2018. Como se puede observar, existe una aparente relación positiva entre estas dos variables, un mayor PIB por persona se relaciona con un menor nivel de emisiones  $CO_2$ .



*Figura 1:* Diagrama de dispersión entre las Emisiones de  $CO_2$  y PIB per cápita: 1990-2018  
Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Banco Mundial.

En efecto, en valores superiores a este nivel, las emisiones de  $CO_2$  en algunos casos se mantienen constantes entre 0 y 2 toneladas por persona. Pese a que los niveles de PIB per cápita son relativamente bajos para los países en estudio, se evidencia valores superiores a 10.000 dólares anuales los cuales no corresponden a una reducción de las emisiones de  $CO_2$ , lo que sería una evidencia empírica en contra de una forma U-invertida de EKC, y a favor de un patrón no lineal en forma de N. Es decir, las economías en desarrollo mantienen una fuerte asociación entre el crecimiento económico y las emisiones, mostrando una trayectoria creciente. Por otro lado, los países más desarrollados con mayores niveles de ingresos no muestran una reducción de las emisiones per cápita, de hecho, éstas tienden a permanecer constantes.

Para encontrar los elementos necesarios en la comprobación econométrica, que avalen la relación que existe entre estas dos variables, los datos se obtuvieron del Banco Mundial para un lapso de 28 años (1990-2018), dado la estructura que presentaban los datos, se estimó un modelo econométrico de datos de panel, con sus respectivas especificaciones, efectos fijos, efectos aleatorios así como una regresión múltiple agrupada, que no tiene en cuenta ni el efecto temporal ni la distribución por países. Por lo anterior, se encontró necesario realizar la prueba de Hausman que permitiera establecer si existían diferencias sistemáticas y significativas entre las especificaciones del panel de datos. El trabajo se encuentra estructurado en cinco partes, la primera corresponde a la presente introducción. En la segunda sección, se evidencia teorías que sustentan la curva medioambiental de Kuznets, en la tercera se expone la metodología y estudio econométrico realizado, seguida por la cuarta parte que muestra los resultados obtenidos de la comprobación empírica y finalmente se establece las conclusiones.

## Referente teórico

### Antecedentes

El crecimiento económico y el medio ambiente son dos variables cuya relación ha sido ampliamente estudiada, tanto en Colombia (Palacios, Pareja y Velásquez, 2019; Urbano, Audretsch, Aparicio y Noguera, 2020; Granda, Pérez y Muñoz, 2008; Vergara, Maza y Quesada, 2018), como el resto del mundo (Gara, 2019; De Souza y Silva, 2019; Khan, Khan, y Rehan, 2020; Huang, y otros, 2020; Blampied, 2021; Radmehr, Henneberry y Shayanmehr, 2021). Debido a que el estudio gira en torno a las hipótesis teóricas y empíricas de la curva de Kuznets, medio ambiente, emisiones de gases de efecto invernadero, ingresos per cápita, cambio climático y eficiencia de los estados en todos estos ámbitos. Se revisan a continuación los trabajos más relevantes en torno a estas temáticas de la curva medioambiental durante los últimos años.

Gomez (2011), estudió como el producto interno bruto, principal variable de crecimiento económico del país mexicano se asocia con variables como las emisiones de gases producidas por el efecto invernadero, el consumo de energía eléctrica, entre otras. En su estudio logra mostrar con un modelo autorregresivo que existía una relación positiva del PIB de México, con el consumo energético y las emisiones de dióxido carbono.

Grossman y Krueger (1995), estudiaron la relación existente entre los ingresos per cápita y varios indicadores medioambientales. Estos abarcaron, la contaminación del aire urbano, la oxigenación de las cuencas fluviales, y diferentes tipos de contaminaciones fluviales por metales pesados y por materia fecal. Sus muestras comprendieron a 7 ciudades en 28 países en 1977, 52 ciudades en 32 países en 1982, y 27 ciudades en 14 países en 1988, para un total de 42 países. Los autores desarrollaron varias estimaciones de ecuaciones de forma reducida que relaciona el nivel de contaminación en un lugar (aire o agua) a una función flexible del ingreso per cápita actual y rezagada, esto los llevo a deducir que el crecimiento económico lleva a las condiciones ambientales a unas fases iniciales de deterioro seguidas de un proceso posterior de mejora.

Catalán (2014), centró su atención en la consecución de una curva de Kuznets, vista desde un crecimiento económico sustentable; realizó la estimación de la hipótesis empírica y teórica de la curva medioambiental en 144 países para un periodo de 20 años estimando un modelo de panel de datos. El autor utilizó variables como las emisiones de  $CO_2$  y la producción económica. Catalán demostró que sus datos se ajustaban a la curva con una forma de (N), en donde los países menos desarrollados con menores ingresos tienden a elevar las emisiones  $CO_2$  lo que se traduce en un mayor deterioro ambiental, los Estados con elevado nivel de desarrollo ya van presentando una

reducción significativa en las emisiones, pues a través del tiempo se han vuelto más eficientes en términos ambientales, pues han incorporado procesos que ayudan a conservar el medio ambiente.

Yasmeen, Tan, Zameer, Vo y Shahbaz (2021), intentan descubrir la relación que existe entre los recursos naturales, la formación bruta de capital, el consumo de energía y el crecimiento económico. Además, el estudio también enfatiza en explorar si la apertura financiera puede convertir la maldición de los recursos en una bendición en Pakistán. Los autores encontraron que existe una relación negativa entre la cantidad de recursos naturales y el crecimiento económico, lo que confirma la existencia de la hipótesis de la maldición de los recursos. La apertura financiera también estimula el crecimiento económico de forma positiva. Sin embargo, no encontraron evidencia de que la formación bruta de capital tenga algún efecto sobre el crecimiento.

Correa (2005), estudió la hipótesis empírica de la curva medioambiental propuesta por Kuznets, utilizó dos variables relacionadas con la degradación ambiental, las emisiones de  $CO_2$  y el dióxido de sulfuro, los datos son para Colombia y corresponden al periodo de 1975-2000; como variables de control el autor utilizó el PIB en términos per cápita y las distribuciones de las ganancias por medio del coeficiente de Gini. A través de la estimación econométrica su investigación mostró que el Estado colombiano, se encuentra en las fases ascendentes de la curva medioambiental, es decir, en un periodo en el cual cualquier aumento del producto interno bruto traducido en mayores ingresos, presentará un mayor aumento de estas emisiones y por ende un mayor deterioro ambiental.

Zafar y otros (2019), estudiaron el efecto de las cantidades de recursos naturales, capital humano e inversión extranjera directa sobre la huella ecológica en presencia de consumo de energía y crecimiento económico en EE. UU. Usando el método de raíz unitaria de Zivot-Andrews para verificar las propiedades estacionarias de las series de datos, junto un modelo de retraso distributivo autorregresivo (ARDL) para estimar el efecto de corto y largo plazo. Los autores encontraron que el crecimiento económico y el consumo de energía tienen relaciones negativas con la huella ecológica. Los recursos naturales y el capital humano son útiles para reducir la huella ecológica, al igual que la inversión extranjera directa.

Apergis y Payne (2009), estudiaron la relación causal entre la contaminación ambiental medida a través de las emisiones de  $CO_2$ , el consumo energético y la producción por persona, a través de un modelo de panel cointegrado para seis países centroamericanos en el período 1971-2004. Los autores encuentran que en el corto plazo existe una causalidad bidireccional entre la producción per cápita y el consumo energético, mientras que en el largo plazo la causalidad bidireccional se presenta entre las emisiones de dióxido y el consumo energético.

Hettige, Mani, y Wheeler (2000), estudiaron la relación entre la producción económica y la contaminación industrial, desde tres factores claves: la participación del sector de la industria manufacturera en el PB total, la composición sectorial de la industria manufacturera y la intensidad unitaria de la contaminación emergente de esta producción para el periodo 1975-1994 en 20 países diferentes. Los resultados obtenidos a través de la estimación de un modelo de datos de panel muestran que, el primer factor sigue el comportamiento establecido en la hipótesis empírica de Kuznets, mientras que los dos restantes muestran un patrón diferente justificado por los autores como una complementariedad existente entre contaminación-trabajo en la producción.

Como se puede evidenciar, los estudios generalmente se realizan a nivel agregado de países, o integrando determinadas regiones en donde se analizan países con diferentes niveles de desarrollo y crecimiento económico. Con este trabajo se busca, estudiar la relación entre el crecimiento económico, medido a través del PIB per cápita, y el deterioro ambiental, medido a

partir de las emisiones de  $CO_2$  por persona, pero aplicado a un contexto nuevo, países homogéneos, de un mismo continente y con los menores niveles de desarrollo económico. Resulta interesante mostrar, si en países con estas características, se puede llegar a cumplir o no los planteamientos de Kuznets.

### Marco teórico

Todas las hipótesis que explican en sus mayorías los efectos del crecimiento económico (en este caso el símbolo más significativo PIB) sobre los problemas y las degradaciones medioambientales, se traducen en la curva medioambiental de Kuznets, introducida por primera vez por Panayotou (1993) en temas de intensos debates nacionales y mundiales. En términos generales esta hipótesis muestra que existe una correlación entre estas dos variables explicada gráficamente en una forma de U invertida, entre las afectaciones ambientales y los ingresos económicos de los países y regiones (Stern, Common, y Barbier, 1996; Dinda, 2004). Esta gráfica ha sido establecida también con otras variables que pueden explicar estos sucesos, como lo son avances tecnológicos, reglamentaciones de los países, consumos y eficiencias. La gráfica se puede ver de la siguiente forma:

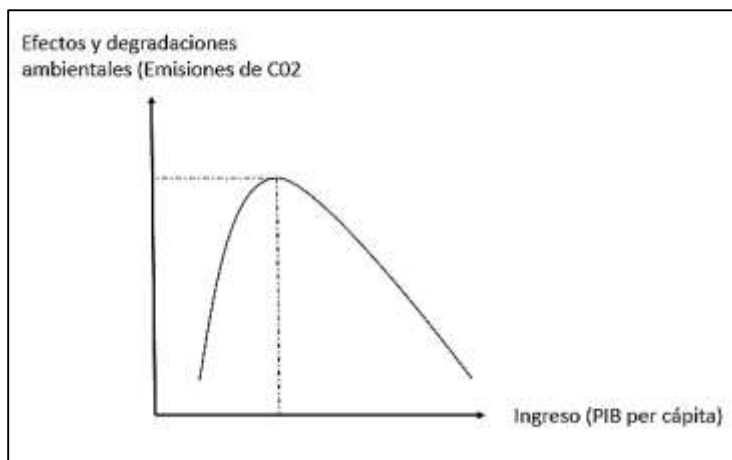


Figura 2: Emisiones de  $CO_2$  frente al PIB per cápita.

Fuente: Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable.

La curva medioambiental propuesta por Kuznets (EKC), muestra que las regiones y los países provocan en sus ciclos económicos y en sus primeros afanes de crecer una desmejora y un deterioro al medio ambiente, es decir, en las fases iniciales de desarrollo, las economías, debido a la explotación de sus recursos, sus escasas experiencias y sus limitadas tecnologías tenderán a contaminar y a emitir mucho más dióxido de carbono para el medio ambiente. En definitiva, los países menos desarrollados tendrán los índices más altos de degradación medioambiental en fases iniciales de crecimiento; en especial en economías dependiente de los productos agrícolas, petroleros y en general en los países en los cuales su producto interno bruto depende potencialmente de las extracciones de los recursos naturales.

Por otra parte, esta correlación exige y llega a mostrar un punto en la curva, en el cual los países al alcanzar unas fases medias de desarrollo encuentran un punto de inflexión, en donde las emisiones y las degradaciones medioambientales empiezan a disminuir y el crecimiento económico, traducido en mayores ingresos individuales, empieza en una fase ascendente, es decir,

se llega a un momento en el cual los países al tener más experiencia, mayor tecnología y unos mayores índices de eficiencia en los procesos productivos, disminuyen los problemas medioambientales que han ocasionado en el pasado, al mismo tiempo que aumenta sus ingresos.

Muchos de los autores han coincidido que los cambios y los efectos más evidentes, se pueden ver en la estructura interna del producto, como lo explica Stern (2004), quien encontró unos mayores impactos en sectores como la industria manufacturera y servicios. Esto indica que todos los sectores económicos no contaminan de la misma manera y varían sus niveles de intensidad, es por eso de vital importancia introducir variables que permitan evaluar los efectos de la eficiencia energética de los sectores menos contaminantes que pueden presentar los países y que ayudan a mejorar considerablemente la degradación ambiental producida por el crecimiento económico (Rothman, 1998; Moomaw y Unruh, 1997).

La hipótesis empírica de la curva medioambiental de Kuznets, es un símbolo que permite abarcar también otros fenómenos (producto, tecnología, eficiencia, reglamentaciones y demandas), si bien es cierto que una forma reducida de la EKC no permite hallar el efecto real de unas políticas económicas, si se puede establecer una representación paramétrica de estos efectos (Ekins, 1997) que se define como:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 PIB^2_{it} + \beta_n X_{it} + \mu_{it}$$

$$i = 1,2 \dots N \quad t = 1,2 \dots T$$

Donde Y indica una o más variables representativas en la degradación medioambiental en el estudio las emisiones de  $CO_2$ , seguida de la variable concerniente al crecimiento económico de los países en este caso el PIB per cápita, tanto niveles como al cuadrado. Las demás variables independientes  $X_{it}$  se toman de control e indican detalles sobre los procesos productivos, eficiencias y uso de los recursos, en este aspecto unas de las más importantes es la eficiencia energética ya que como lo expresa Stern (2004), cuando los países tienden a generar procesos productivos limpios producen menores niveles de degradación medioambiental.

### Metodología

Este artículo se clasifica en lo que se conoce como el enfoque cuantitativo, cuyo objetivo es determinar la relación que existe entre el deterioro medioambiental y crecimiento económico. Hernandez, Cuevas, Leal y Mendoza (2016), plantean que, el investigador analiza el problema trazado y aporta evidencias útiles al tema en cuestión a través de la implementación del enfoque cuantitativo, en este caso, se busca determinar si el crecimiento económico junto con otras variables de control afecta la calidad medioambiental de siete países de América Latina. A su vez, el presente estudio hace parte de lo que se conoce como investigación ex post facto o no experimental, en el entendido que, “la investigación no experimental es un tipo de investigación sistemática en la que el investigador no tiene control sobre las variables independientes porque ya ocurrieron los hechos o porque son intrínsecamente manipulables” (Kerlinger, 1983, p. 269). En este trabajo, se tienen datos para el periodo comprendido entre 1990-2018, es decir, ya el suceso tuvo lugar, por lo tanto, el propósito es explicar cuáles son las variables que incidieron en la cantidad de dióxido de carbono que fueron emitidas durante dicho periodo.

Para llegar a los resultados, se estimó un modelo estadístico y econométrico de panel de datos, el cual, según Wooldridge (2015) y Gujarati (2013) se refiere a una serie de tiempo con dimensiones de corte transversal. Lo anterior, implica que existe una dimensión tanto del tiempo como del espacio. Gujarati y Porter (2009) explican que al aplicar los métodos de datos de panel,

se hace seguimiento a los mismos siete países para todo el periodo de estudio, a su vez, se cumple con el objetivo de captar la heterogeneidad no observada, tanto en el tiempo como en las unidades u individuos analizados.

En el modelo se incluyen variables de control como el PIB per cápita, consumo de energía eléctrica, densidad de población, consumo de energía procedente de combustibles fósiles, industrialización y producción de energía eléctrica renovable, seleccionadas después de realizar una exhaustiva revisión de la literatura. Los datos utilizados provienen del Banco Mundial para el periodo ya referenciado, las estimaciones se realizaron a través del software estadístico y econométrico Stata 16. Formalmente el modelo de panel de datos se puede definir como:

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{emisiones})_{it} &= \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(\text{Pib})_{it} + \beta_2 \text{Log}(\text{Pib})^2_{it} + \beta_3 \text{Conenergíaeléctrica}_{it} \\ &+ \beta_4 \text{Conenergíafósil}_{it} + \beta_5 \text{Densidadpoblación}_{it} \\ &+ \beta_6 \text{Industrialización}_{it} + \beta_7 \text{Producciónenergíaeléctrica}_{it} + \mu_{it} \end{aligned}$$

Siendo,  $i$  un subíndice que hace referencia al país, y  $t$  al año. La variable dependiente  $\text{Log}(\text{emisiones})_{it}$ , indica el logaritmo de las emisiones de  $\text{CO}_2$ , medido en toneladas métricas por persona. El conjunto de variables independientes está compuesto por  $\text{Log}(\text{Pib})_{it}$  y  $\text{Log}(\text{Pib})^2_{it}$  que representan la producción per cápita en niveles y al cuadrado expresadas en logaritmo, respectivamente,  $\text{Conenergíaeléctrica}_{it}$  indica el consumo de energía eléctrica medido en kWh por persona,  $\text{Conenergíafósil}_{it}$  hace referencia al uso de energía derivado de combustibles fósiles medido como una proporción del total del consumo de energía,  $\text{Densidadpoblación}_{it}$  representa el número de personas por kilómetro cuadrado,  $\text{Industrialización}_{it}$  indica el nivel de industrialización expresado como una proporción del PIB,  $\text{Producciónenergíaeléctrica}_{it}$  representa la producción de energía eléctrica renovable como un porcentaje de la producción total de electricidad. Para poder dar forma a la curva medioambiental de Kuznets se elevó al cuadrado la variable PIB per cápita. Todas estas variables son importantes porque se consideran que inciden en la calidad medioambiental de los países objeto de estudio.

En el presente artículo se estimó un modelo de regresión múltiple agrupado con fines informativos y de comparación, pues debido a la estructura propia de los datos encontrado, la literatura recomienda la estimación de los modelos de datos de panel, por tanto, se aplicaron dos distinciones, 1) Modelo de efectos aleatorios (MEA), el cual supone que la heterogeneidad inobservable no se relación con las variables explicativas del modelo, y 2) Modelo de efectos fijos (MEF), que estima promedio fijo con respecto al tiempo de cada una de las variables a tratar con el fin de eliminar la heterogeneidad inobservable antes de la estimación.

Al realizar y comparar los resultados obtenidos en las estimaciones, resulta interesante identificar y contrastar cuál de las metodologías de datos de panel ofrece mejores resultados. Por tanto, se estimó la prueba de Hausman, herramienta ampliamente utilizada para establecer si en el término error se presentan efectos constantes, es decir, permite determinar si las diferencias son estadística y sistemáticamente significativas entre las estimaciones de efectos aleatorios y fijos.

### Resultados y Discusiones

Para determinar los resultados de la relación existente entre el deterioro ambiental y el desarrollo económico resulta importante, en primero medida, caracterizar la muestra objeto estudio. Para este caso, se cuenta con información entre los años 1990-2018 de los siete países con

menor ingreso por persona de Latinoamérica (Nicaragua, Guatemala, El Salvador, Venezuela, Honduras, Bolivia y Paraguay); de esta manera, la base de datos de panel está conformada por 7 individuos y 28 periodos, para un total de 170 observaciones.

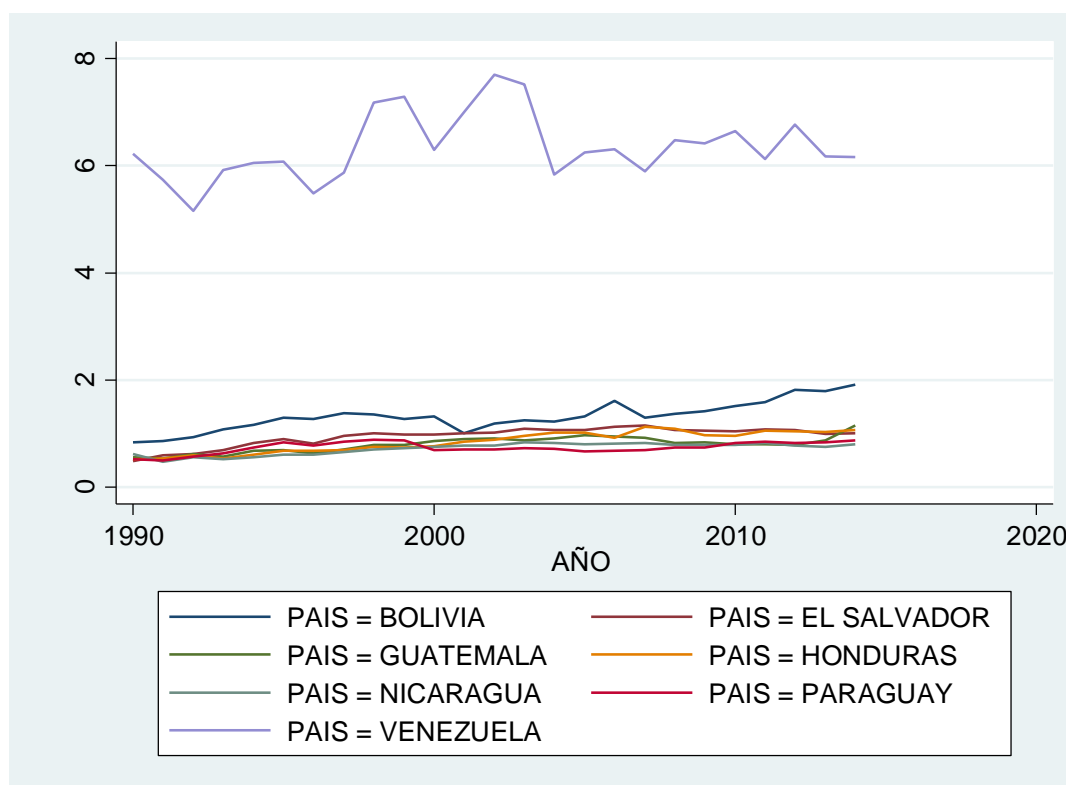


figura 3: Comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono  
Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Banco Mundial.

En la figura 3 se muestra el comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono medidas en toneladas métricas por persona; como se evidencia, Venezuela es el único país que no está en el rango 0- 2 toneladas, pues las emisiones de dicho país se sitúan por arriba de 5 toneladas promedio por año. Con respecto a los demás países, todos presentan un crecimiento sostenido a lo largo del periodo, con excepción de Bolivia, quien a partir del 2008 presenta un crecimiento más acelerado.

Tabla 1. Caracterización de países

PAÍS	PROMEDIO PIB PER CÁPITA (US\$ a precios actuales)	TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO DEL PIB PER CÁPITA	PROMEDIO EMISIONES $CO_2$ (toneladas métricas per cápita)	TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO DE LAS EMISIONES DE $CO_2$
Nicaragua	1230,25	9,43%	0,71	1,4%
Honduras	1479,91	3,49%	0,84	3,3%
Venezuela	6541,50	9,45%	6,34	0,5%
Bolivia	1602,16	6,16%	1,32	4,0%

<b>El Salvador</b>	2448,29	5,53%	0,94	3,4%
<b>Guatemala</b>	2328,45	6,44%	0,79	3,6%
<b>Paraguay</b>	3059,62	6,07%	0,73	2,5%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

La tabla 1 caracteriza a los países objeto de estudio dentro de la relación que enmarca el deterioro ambiental y el crecimiento económico, la primera dada por el promedio de las emisiones de dióxido de carbono y la segunda por medio del producto interno bruto per cápita. De acuerdo con los planteamientos de Grossman y Krueger (1995) la hipótesis empírica de Kuznets ubican a estos países en la primera fase de crecimiento, en donde sus niveles de contaminación aún son altos, y aumenta conforme al incremento en la producción; esta relación aparentemente positiva, se puede apreciar al ver el PIB per cápita promedio y las emisiones de dicho contaminante por año.

Para Nicaragua, las emisiones de dióxido de carbono han sido de 0,71 toneladas métricas por año durante todo el periodo de estudio, mientras que presenta un PIB per cápita promedio de 1.230 dólares por año con una tasa promedio de crecimiento del 9% durante el periodo de estudio. Nicaragua es el país con el nivel de pobreza más alto de Centroamérica, en donde la industria representa el 24,4% del PIB, y la agricultura participó con el 15,5% durante el año 2017. Honduras ocupa el segundo lugar en países con mayor pobreza de Latinoamérica, produce en promedio 0,84 toneladas métricas por año, y presenta un PIB per cápita promedio de 1.479 dólares; el 14,2% del producto interno bruto lo representa la agricultura, mientras que el 28,8% lo conforma la industria. Venezuela es quien más produce emisiones de dióxido de carbono, en promedio 6,39 toneladas métricas, pero también es el territorio con mayor PIB per cápita de todos los países analizados, 6.541 dólares por año, esto debido a que antes del año 2012 y a la crisis tanto política como económica que viene a travesando, la mayoría de sus ingresos dependían altamente del mercado petrolero, sin embargo, en los últimos años la caída del precio y la producción crudo, han llevado al país, a situarse entre los países con menores ingresos por habitante de Latinoamérica.

Bolivia, a pesar del resurgimiento en las exportaciones de gas natural a países latinos, continúa siendo uno de los Estados menos desarrollados de Suramérica, produce en promedio 1,32 toneladas métricas de  $CO_2$  por año, y presenta un PIB percapita anual de 1.602 dolares con una tasa de crecimiento del 6%; para el año 2017 la composición de su producto interno bruto fue de 13,8% para agricultura, y 37,8% para el sector industrial. El Salvador, siendo el territorio con menor tamaño de Centroamérica, se ha mantenido actualmente con un crecimiento económicamente bajo, sus emisiones contaminantes han sido en promedio de 0,94 toneladas métricas por año, mientras que su PIB per cápita alcanzó los 2.448 dólares en promedio cada año; el sector de la industria y la agricultura representan el 27,7% y el 12% del PIB, respectivamente. Guatemala es el país con mayor número de habitantes de Centroamérica, produce en promedio 0,79 toneladas métricas per cápita de  $CO_2$ , y tiene un PIB per cápita promedio de 2.328 dolares anuales; cerca del 13% del PIB esta compuesto por el sector agrícola, y el 23,4% por el sector industrial. Finalmente, Paraguay presenta unas emisiones de  $CO_2$  promedio más bajas de la región, 0,73 toneladas métricas por persona, y un PIB de 3.059 dolares anuales por habitante con un crecimiento económico en promedio del 6%. En el año 2017 la agricultura participó con el 17,9% del PIB, y el sector industrial con el 27,7%

La información de la tabla 1, junto con los resultados de la gráfica 1, refuerzan la idea que la tasa de crecimiento promedio del producto interno bruto y la tasa de crecimiento promedio de

las emisiones de  $CO_2$  se relacionan positivamente, ya que los países con menores ingresos percapita o con un menor desarrollo están emitiendo unos mayores niveles de contaminación que los países más desarrollados o con una mayor tasa de crecimiento económico; esto se complementa además, al observar el peso que tiene el sector agrícola e industrial en la economía, que para el caso de los países con menor PIB per cápita, tiende a ser mayor.

En el anexo 1 se muestra el valor promedio para cada una de las variables explicativas por países. El Salvador registra en promedio la mayor concentración de personas por kilómetro cuadrado (287) seguido de Guatemala (120), frente a Bolivia que presenta en promedio la menor densidad poblacional (8 personas por kilómetro cuadrado). Por otro lado, Honduras tiene la mayor participación del sector industria en el PIB (18,22%) seguido de El Salvador (17,69%) y Bolivia (12,97%).

En cuanto a la producción de energía eléctrica, Paraguay registra un 99,97% del total de la producción eléctrica frente a Nicaragua que reporta solo un 39,02%. Por otro lado, Venezuela y Paraguay presentan los índices más altos de demanda de energía eléctrica, 2835 y 920 kWh per cápita respectivamente, contrario a Nicaragua que registra índices moderados del uso de energía eléctrica (396 kWh). La demanda de energía derivada de combustibles fósiles fue mayor en Venezuela con un 88,69% del total del consumo de energía frente a Paraguay que registra un 29,52% en la demanda de dicha energía.

En la tabla 2 se expone los resultados que resultan al estimar un modelo de datos de panel balanceado que incluye las tres opciones de estimación para las emisiones  $CO_2$ , mínimos cuadrados ordinarios agrupados (Pool OLS), panel de datos de efectos fijos y datos de panel de efectos aleatorios. Igualmente, se muestra el número de observaciones,  $R$  cuadrado<sup>5</sup>,  $R$  cuadrado *within*<sup>6</sup>,  $R$  cuadrado *between*<sup>7</sup>,  $R$  cuadrado *overall*<sup>8</sup> y la prueba de Hausman. El efecto del PIB, del consumo tanto de energía eléctrica como la derivada de combustible fósil, la densidad poblacional, la industrialización y la producción de energía eléctrica sobre el deterioro ambiental ( $CO_2$ ), no presentan diferencias significativas entre las tres estimaciones, pues coinciden en los signos de las relaciones y en la significancia estadística de las variables explicativas.

**Tabla 2: Estimación con datos de panel**

	Pool OLS	Efectos Aleatorios	Efectos Fijos
Variables	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes
<i>Lemisiones CO<sub>2</sub></i>			
<i>Lpib</i>	1,6962*** (0,2378)	1,6962*** (0,2378)	1,1109*** (0,2446)

<sup>5</sup> Se utiliza en primeras diferencias, debido a que esta alternativa se emplea el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

<sup>6</sup> Estima el efecto de la variabilidad en las variables independientes sobre las emisiones de contaminación ambiental (variable dependiente) en el tiempo.

<sup>7</sup> Estima el efecto de la variabilidad en las variables independientes sobre las emisiones de contaminación ambiental (variable dependiente) entre individuos (países).

<sup>8</sup> Estima el efecto total (within y between) de la variabilidad en las variables independientes sobre las emisiones de contaminación ambiental (variable dependiente).

<b>Lpib<sup>2</sup></b>	-0,1101*** (0,0153)	-0,1101*** (0,0153)	-0.0651*** (0.0159)
<b>Consumo de energía eléctrica kW</b>	0,0006*** (0,0000)	0,0006*** (0,0000)	0.0000 (0.0001)
<b>Consumo de energía derivada de combustibles fósiles</b>	0,0157*** (0,0007)	0,0157*** (0,0007)	0.0151*** (0.0026)
<b>Densidad de población</b>	0,0002** (0,0001)	0,0002** (0,0001)	0.0034*** (0.0009)
<b>Industrialización</b>	0,0038 (0,0034)	0,0038 (0,0034)	0.0007 (0.0031)
<b>Producción de energía eléctrica renovable</b>	-0,0019*** (0,0005)	-0,0019*** (0,0005)	-0.0024** (0.0010)
<b>Within</b>		0,8035	0.8449
<b>Between</b>		0,9946	0.4226
<b>Overall</b>	0,9816	0,9816	0.4391
<b>Número de Observaciones</b>	170	170	170
<b>Test Hausman</b>			47.49
<b>Prob (Chi2)</b>			(0.0000)

**Nota: \*\*\*, \*\*, \*: indican el nivel de significancia del 1%, 5% y 10% respectivamente**

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

El efecto de mayor interés, en los tres modelos, es el nivel de producción, el cual, en las primeras fases de crecimiento, incide de manera positiva en la contaminación ambiental, pero que a medida que los países tiendan a especializarse en ciertos sectores y a alcanzar mayores niveles de producción estos disminuirán progresivamente las emisiones de  $CO_2$ , traducido en una menor degradación ambiental. El consumo de energía eléctrica, la densidad poblacional, la industrialización y el consumo de combustible fósil inciden de manera negativa en las emisiones. La producción de energía renovable influye de manera considerable a la disminución en los niveles de contaminantes emitidos por parte de dichos países, con respecto a la industrialización, no hay evidencia empírica para afirmar que tiene algún efecto sobre el deterioro ambiental, esto puede deberse básicamente a que los niveles de desarrollo industrial de estos países son relativamente bajos.

Al comparar el modelo de efectos aleatorios y efectos fijos a través del test de Hausman, se evidencia que el mejor modelo para explicar la relación del deterioro ambiental y el crecimiento económico, es el modelo de efectos aleatorios ya que la probabilidad, al ser mayor que el nivel de significancia, indica que no existen diferencias sistemáticas entre las estimaciones; este modelo se estimó con errores estándares robustos, lo que soluciona posibles problemas de heterocedasticidad y supone la no existencia de endogeneidad.

Es la especificación de efectos aleatorios, el modelo más adecuado para explicar la relación entre el deterioro ambiental y el desarrollo económico<sup>9</sup>, se encuentra que, en el caso del producto interno bruto, las estimaciones econométricas arrojan que por un incremento de 1% en el PIB de los 7 países latinoamericanos con menores ingresos por habitante, las emisiones de dióxido de carbono tienden a aumentar en 1,69%, manteniendo todas las demás variables constantes. Esto coincide con las hipótesis teóricas y empíricas de los autores que han estudiado la curva medioambiental de Kuznets, ya que los resultados arrojan que en unas fases iniciales de desarrollo los países contaminarán en una mayor proporción. Con respecto al producto interno bruto al cuadrado, se muestra una relación negativa con las emisiones de  $CO_2$ , es decir, los países al terminar sus fases iniciales de desarrollo alcanzan un punto de inflexión donde los efectos de dichas emisiones bajarán a medida que aumentan sus ingresos por habitante. Se estima, el punto de inflexión en aproximadamente 8,53%, lo que indica que, cuando el grupo de países alcance niveles promedios de crecimiento de 8,53% en el PIB per cápita, sus niveles de contaminación ambiental medidos a través de las emisiones de  $CO_2$  empiezan a disminuir.

Miranda, Hausler, Lopez, Glaus y Pasillas (2020), coinciden con los resultados de este trabajo, los autores mostraron a través de estudios econométricos la existencia marcada de la curva medioambiental de Kuznets en países norteamericanos, luego de la entrada en vigor del acuerdo comercial entre Estados como México, Canadá y Estados Unidos, la hipótesis empírica EKC se ajustó a el comportamiento de México y Estados Unidos ya que mientras pasaba el tiempo desde los años 90 hasta el 2016, estas naciones se ubicaron en fases donde el incremento comercial, traducido en un mayor crecimiento económico, provocaba unos mayores niveles de contaminación y degradación medioambiental y a medida que mejoraban sus condiciones productivas o se especializaban industrialmente, bajaron el detrimento que provocaban al planeta en materia de daños ambientales. El estudio se controló con variables que involucran el producto interno bruto y el consumo de energía dentro de las emisiones de ( $CO_2$ ), lo que da cierta analogía a el estudio en cuestión, así mismo, ofrece una perspectiva donde los Estados desarrollados ya han pasado las etapas a las que se enfrentan los países latinoamericanos utilizados en el análisis y que posiblemente, sea similar a el comportamiento futuro que vayan a tener en la búsqueda y generación de producción de bienes y servicios a lo largo del tiempo.

Con respecto al consumo de energía eléctrica en KW, los datos muestran que, por el aumento de un KW adicional en el uso de energía eléctrica de los 7 países latinoamericanos con menor ingreso por habitante, las emisiones de  $CO_2$  tenderán a aumentar en un 0,06%, manteniendo todas las demás variables constantes. Esto indica que actualmente estos países no son conscientes de los daños que puede causar este consumo y son dependientes de este recurso. Esto también puede ser consecuencia de que, en la mayoría de estos países se cuenta con producciones enfocadas en la utilización de energía y en su mayoría basan su PIB en economías dependientes de petróleo, y estas prácticas tienden a impactar negativamente al medio ambiente.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Zhang, Zhang y Yuan (2019), quienes demostraron mediante el análisis de 50 Estados emergentes o economías en desarrollo, que el consumo de energía afecta positivamente a las emisiones  $CO_2$ , es decir, que aumentos constantes ocasionan elevados niveles de contaminación, aún más en países con bajas tasas de crecimiento

---

<sup>9</sup> En la evidencia empírica se encontró que el modelo de datos de panel de efectos aleatorios es el más utilizado para estimar la Curva Medioambiental de Kuznets.

económico y con procesos industriales poco desarrollados, que no les permiten generar energía limpia que compense el daño medioambiental. Así mismo, Rahman, Zaman y Górecki (2021), estudiaron los determinantes de las emisiones de  $CO_2$ , en los países que conforman el BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) y encontraron que el consumo de energía se convertía en la principal fuente de contaminación ambiental ocasionada por la producción de este gas de efecto invernadero, generado durante el periodo que abarca los años 1989 a 2019, resultados que confirman la existencia de una relación estable entre el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono.

Para la variable consumo de energía derivada de combustibles fósiles, se encuentra que por un aumento adicional en el porcentaje del uso de esta energía, las emisiones de dióxido de carbono por habitante aumentan en un 0,015%, manteniendo todas las demás variables constantes. En definitiva, el uso de la energía de origen fósil, como el petróleo, causa una mayor contaminación y por ende una mayor degradación ambiental convirtiéndola en uno de los principales detonantes de los altos niveles de contaminantes.

Moutinho, Madaleno y Elheddad (2020), llegan a resultados similares mediante un modelo de datos de panel para un periodo de 23 años, desde 1992 hasta 2015, lograron encontrar que 12 de los Estados que conforman la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), constituían una forma de U invertida en torno al tema de la comprobación empírica de la curva de Kuznets, en dicho estudio los autores comprueban que los Estados exportadores de este recurso natural no renovable, inciden en mayor medida en la degradación medioambiental, así mismo, las regiones tomadas en el presente análisis (Nicaragua, Guatemala, El Salvador, Venezuela, Honduras, Bolivia y Paraguay) son reconocidas por ser altamente dependientes de este hidrocarburo, en especial en el uso de energía proveniente de combustibles fósiles, utilizados en la mayoría de los procesos industriales.

La densidad de población de personas muestra que por una persona adicional dentro un área territorial medida en kilómetros cuadrados, las emisiones de  $CO_2$  por habitante aumentarían 0,02%, manteniendo todas las demás variables constantes. Esto indica que la sobrepoblación tiende a asociarse con mayores emisiones y degradación ambiental, no obstante, el impacto de esta variable no es tan grande como el de otras variables de mayor relevancia.

Este resultado concide con autores como Li, Shi y Wu (2020), quienes evaluaron, con un modelo de datos de panel, la incidencia de la producción y el consumo de energía en el entorno ambiental y sus respectivas implicaciones en las regiones con estratos medios-altos de China en un periodo de 17 años. Dentro de sus resultados se destaca la relación positiva de la densidad poblacional dentro de los efectos medioambientales introducidos por el uso de energía, ya que en definitiva las personas son las que emplean y se benefician de todos los procesos que involucran el crecimiento económico, una mayor tasa poblacional se relaciona con una mayor cantidad de emisiones de  $CO_2$ .

Finalmente, la producción de energía eléctrica renovable como otra variable de control, muestra que, por un punto porcentual adicional en la participación sobre el total de la producción de corriente eléctrica de los 7 países latinoamericanos, disminuirán en 1,9% las emisiones de dióxido de carbono, manteniendo todas las demás variables constantes. Dicho resultado indica que, si los países implementaran medidas encaminadas a la eficiencia energética se lograrían disminuir la emisión de dicho gas contaminante.

Xu, Zhong y Qiao (2020) encuentran resultados similares mediante el estudio del efecto que tiene el uso de biocombustibles de combustibles limpios para siete Estados pertenecientes a los

G20 en 16 años de implementación de esta variable dentro de los procesos de producción, a través de la utilización de métodos econométricos encontraron que la evidencia da un panorama positivo a que la implementación de estas herramientas, reducen las emisiones de dióxido de carbono que se causan a la tierra. Así mismo, Vural (2020), en un intento por cuantificar el efecto real de los procesos productivos en los aspectos ambientales, logró identificar que no solo el consumo de energía y los procesos industriales afectan de manera positiva al incremento de las emisiones de  $CO_2$ , sino que el uso de energías y procesos renovables mitigan y disminuyen la producción de este gas de efecto invernadero, validando las hipótesis presentadas en el estudio en cuestión.

En términos generales, el modelo estimado presenta un buen ajuste, pues la variación temporal del conjunto de variables explicativas que varían en el tiempo, explican en un 80% la variación temporal de las emisiones de  $CO_2$ , mientras que, la variación temporal del conjunto de las características de los 7 países objeto de estudio explican en 99,4%, en conjunto, la variación temporal de las emisiones entre individuos y la variación temporal del conjunto de las variables independientes, explican en un 98% la variación de las emisiones de  $CO_2$ .

### Conclusiones

Las relaciones existentes entre la degradación medioambiental y el crecimiento económico para América Latina, se traducen en diferentes aspectos, el más común, visto desde la hipótesis empírica de la curva medioambiental de Kuznets que abarca las variables más significativas como el PIB y las emisiones de  $CO_2$ , junto a otras variables como el consumo de energía tanto eléctrica, como la derivada de combustibles fósiles, densidad poblacional, industrialización y producción de energía eléctrica renovable, que en conjunto muestran un impacto directo o indirecto en la incidencia de cierto nivel de desarrollo de los países latinos, sobre las emisiones de  $CO_2$  medida en toneladas métricas por habitante.

El planteamiento inicial del estudio que abarca la hipótesis empírica de la curva medioambiental de Kuznets (EKC) correlaciona a los países en unas fases iniciales de crecimiento económico, en las cuales contaminan en una mayor proporción; sin embargo, a medida que estos países se desarrollen o tiendan a especializarse en tecnología, en eficiencia energética y en políticas económicas, podrán crear un punto de inflexión en las cuales, las emisiones de  $CO_2$  disminuirán a medida que aumentan sus ingresos por persona; por lo tanto, el artículo muestra en general que, al considerar un modelo de panel de datos en un periodo de 28 años, el crecimiento económico, en este caso expresado por la variable de producto interno bruto de los siete países latinoamericanos con menores ingresos per cápita, se relacionan con la degradación ambiental y con las emisiones de dicho gas de efecto invernadero que se presentan actualmente en las regiones y en las economías de América Latina.

Para el caso de las variables de control, consumo de energía tanto eléctrica, como la derivada de combustible fósiles, la densidad de población, industrialización y producción de energía eléctrica, muestran una relación acorde a lo que se está viviendo actualmente; el consumo de energía eléctrica afecta de manera negativa al medio ambiente junto con el consumo de combustible fósil y la densidad poblacional. En el caso de la producción de energía eléctrica renovable no está contribuyendo a la degradación ambiental pero tampoco en gran medida representa un cambio real y fuerte en los esfuerzos por disminuir las emisiones de gases contaminantes, para la industrialización no existe evidencia empírica para comprobar que altera

de alguna manera las emisiones de  $CO_2$ , debido a que son naciones que poco a poco se están desarrollando, entonces, la relación de las variables ubican a los países en fases iniciales y medias de desarrollo, es decir, que cualquier muestra de crecimiento económico se traducirá en una mayor degradación ambiental, sin embargo, algunos países se pueden estar aproximando al punto de inflexión que nos presenta la curva medioambiental de Kuznets.

Para los países objeto de estudio, se evidencia que Venezuela, Nicaragua, Guatemala y Bolivia, se ubican en fases medias de crecimiento y desarrollo, donde su producto interno bruto en el futuro se puede estar aproximando a un punto donde sus emisiones se logren disminuir mientras crecen económicamente, sin embargo, siguen generando grandes emisiones de  $CO_2$  a medida que se desarrollan; en el caso de Venezuela sus dificultades económicas y políticas presentadas en los últimos años los alejan de este objetivo; para el caso de Paraguay, El Salvador y Honduras la relación entre las emisiones de  $CO_2$  y el crecimiento económico muestran que cualquier incremento en el producto interno bruto afectará negativamente al medio ambiente.

Son muchos los campos aún por explorar en el estudio conjunto del medio ambiente y la economía, una línea interesante de profundización en este contexto sería incluir más países de la región con características similares, lo cual ampliaría la muestra de datos, permitiendo obtener resultados más robustos. También sería importante determinar cuál sector económico es el que ha permitido generar un mayor crecimiento en estos países, y establecer como ha sido su impacto en el deterioro ambiental. Resulta interesante realizar comparaciones con países de otros continentes de características similares.

Finalmente, la propuesta del estudio planteado es que funcione como guía para próximos trabajos, acerca de las relaciones que enmarcan los planteamientos de la contaminación medioambiental en adición al desarrollo económico de los Estados, e incluso que pueda funcionar como herramienta para las futuras decisiones en materia de políticas económicas y ambientales de Latinoamérica, entendiendo que cada país es diverso y funciona de manera distinta a los referenciados en el actual estudio, sobre el efecto que tiene el crecimiento económico en el deterioro ambiental de América Latina.

### Referencias bibliográficas

- Apergis, N., & Payne, J. (Agosto de 2009). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37(8), 3282-3286. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>
- Blampied, N. (2021). Economic growth, environmental constraints and convergence: The declining growth premium for developing economies. *Ecological Economics*, 181. doi:[doi:10.1016/j.ecolecon.2020.106919](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106919)
- Catalán, H. (Noviembre-Diciembre de 2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía informa*, 389, 19-37. doi:[https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(14\)72172-3](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(14)72172-3)
- Correa Restrepo, F. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de kuznets. *Semestre Económico*, 7(14), 74-104. Obtenido de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1131>
- Correa Restrepo, F. (Enero de 2005). La curva medioambiental de Kuznets evidencia empirica para Colombia. *Semestre economico*, 8(15), 13-30. Obtenido de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1104>

- De Bruyn, S., Van de Bergh, J. C., & Opschoor, J. B. (Mayo de 1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 25(2), 161-175. doi:[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00178-X)
- De Souza, H. G., & Silva Tabosa, F. J. (2019). Análise das relações entre crescimento econômico e emissões de gases de efeito estufa na América Latina. *Economia Aplicada*, 23(3), 157-176. doi:[doi:10.11606/1980-5330/ea146724](https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea146724)
- Dinda, S. (Agosto de 2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Ekins, P. (Mayo de 1997). "Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence". *Environment and Planning A: Economy and Space*, 29(5), 805-830. doi:<https://doi.org/10.1068/a290805>
- Galeotti, M., Lanza, A., & Pauli, F. (Abril de 2006). Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise. *Ecological Economics*, 57, 57(1), 152-163. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.031>
- Gara, T. (2019). Sustainable development or environmental kuznets curve model: Which route for Africa? *Environment, Development and Sustainability*. *Environment, Development and Sustainability*, 21(3), 1341-1356. doi:[doi:10.1007/s10668-018-0084-4](https://doi.org/10.1007/s10668-018-0084-4)
- Gomez Lopez, C. S. (Octubre de 2011). Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana. *Revista Fuente*, 3(9), 67-80. Obtenido de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-09/4.pdf>
- Granda, C., Pérez, L. G., & Muñoz, J. C. (2008). The environmental kuznets curve for water quality: An analysis of its appropriateness using unit root and cointegration tests. *Lecturas De Economía*, 69(69), 221-244. Obtenido de Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Grossman, G., & Krueger, A. (Mayo de 1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377. doi:<https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gujarati, D. N. (2013). *Basic Econometrics* (Fifth Edition ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill/Irwin, Inc.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2009). *Econometría* (Quinta Edición ed.). México: McGraw Hill.
- Hernandez Sampieri, R., Cuevas Romo, A., Leal Perez, B., & Mendoza Torres, C. (2016). Enseñanza-aprendizaje de ciencia e investigación en educación básica en México. *Electrónica de Investigación Educativa*, 18(3), 187-200.
- Hettige, H., Mani, M., & Wheeler, D. (Agosto de 2000). "Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited". (Elsevier, Ed.) *Journal of Development Economics*, 62(2), 445-476.
- Huang, Y., Raza, S. M., Hanif, I., Alharthi, M., Abbas, Q., & Zain-ul-Abidin, S. (2020). The role of forest resources, mineral resources, and oil extraction in economic progress of developing Asian economies. *Resources Policy*, 69. doi:[doi:10.1016/j.resourpo](https://doi.org/10.1016/j.resourpo)
- Kaufmann, R., Brynhildur, D., Garnham, S., & Pauly, P. (Mayo de 1998). The determinants of atmospheric SO2 concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 209-220. doi:[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00181-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00181-X)
- Kerlinger, F. (1983). Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología. En F. Kerlinger, *Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología* (pág. 827). McGraw-Hill.
- Khan, M. K., Khan, M. I., & Rehan, M. (2020). The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*, 6(1). doi:[doi:10.1186/s40854-019-0162-0](https://doi.org/10.1186/s40854-019-0162-0)

- Lessmann, C. (Enero de 2014). Spatial inequality and development-Is there an inverted-U relationship? *Journal of Development Economics*, 106, 35-51. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2013.08.011>
- Li, S., Shi, J., & Wu, Q. (2020). Environmental kuznets curve: Empirical relationship between energy consumption and economic growth in upper-middle-income regions of china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 1-26. doi:10.3390/ijerph17196971
- Miranda, R. A., Hausler, R., Lopez, R. R., Glaus, M., & Pasillas-Diaz, J. R. (2020). Testing the environmental kuznets curve hypothesis in north america's free trade agreement (NAFTA) countries. *Energies*, 13(12). doi:10.3390/en13123104
- Moomaw, W., & Unruh, G. (1997). Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO2 emissions. *Environment and Development Economics*, 2(4), 451-463. doi:<https://doi.org/10.1017/S1355770X97000247>
- Moutinho, V., Madaleno, M., & Elheddad, M. (2020). Determinants of the environmental kuznets curve considering economic activity sector diversification in the OPEC countries. *Journal of Cleaner Production*, 271. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122642
- Nahman, A., & Antrobus, G. (Marzo de 2005). The environmental Kuznets curve: a literature survey. *South African Journal of Economics*, 73(1), 105-120. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1813-6982.2005.00008.x>
- Palacios, F. R., Pareja, M. M., & Velásquez, C. (2019). Analysis of worldwide poultry production resilience through kuznets curve. Análisis de la resiliencia en la producción avícola a nivel mundial mediante curva de Kuznets. *Produccion y Limpia*, 14(1), 4-17. doi:10.22507/pml.v14n1a1
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. (I. L. Office, Ed.) *ILO Working Papers*.
- Radmehr, R., Henneberry, S. R., & Shayanmehr, S. (2021). Renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth nexus: A simultaneity spatial modeling analysis of EU countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13-27. doi:10.1016/j.st
- Rahman, H. U., Zaman, U., & Górecki, J. (2021). The role of energy consumption, economic growth and globalization in environmental degradation: Empirical evidence from the brics region. *Sustainability*, 13(4), 1-16. doi:10.3390/su13041924
- Rothman, D. (Mayo de 1998). Environmental Kuznets curves: real progress or passing the buck?: a case for consumption-based approaches. *Ecological Economics*, 25(2), 177-194.
- Stern, D. (Agosto de 2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439. doi:<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Stern, D., Common, M., & Barbier, E. (1996). Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24(7), 1151-1160.
- Urbano, D., Audretsch, D., Aparicio, S., & Noguera. (2020). Does entrepreneurial activity matter for economic growth in developing countries? the role of the institutional environment. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(3), 1065-1099. doi:10.1007/s11365-019-00621-5
- Vergara Schmalbach, J. C., Maza Avila, F. J., & Quesada. (2018). Economic growth and CO2 emissions: The case of south american countries. [Crecimiento económico y emisiones de CO2: El caso de los países suramericanos]. *Espacios*, 39(13).

- Vural, G. (2020). How do output, trade, renewable energy and non-renewable energy impact carbon emissions in selected sub-saharan african countries? *Resources Policy*, 69. doi:doi:10.1016/j.resourpol.2020.101840
- Wooldridge, J. M. (2015). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (Fifth Edition ed.). Ciudad de México, México: Cengage Learning.
- Xu, B., Zhong, R., & Qiao, H. (2020). The impact of biofuel consumption on CO2 emissions: A panel data analysis for seven selected G20 countries. *Energy and Environment*, 31(8), 1498-1514. doi:doi:10.1177/0958305X20915426
- Yasmeen, H., Tan, Q., Zameer, H., Vo, X. V., & Shahbaz, M. (2021). Discovering the relationship between natural resources, energy consumption, gross capital formation with economic growth: Can lower financial openness change the curse into blessing. *Resources Policy*, 71. doi:doi:10.1016/j.resourpol.2021.102013
- Zafar, M. W., Zaidi, S., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F., & Kirmani, S. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The case of the united states. *Resources Policy*, 63. doi:doi:10.1016/j.resourpol.2019.101428
- Zhang, X., Zhang, H., & Yuan, J. (2019). Economic growth, energy consumption, and carbon emission nexus: Fresh evidence from developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(25), 26367-26380. doi:doi:10.1007/s11356-019-05878-5

## Anexos

### Anexo I. Promedio por países y variables

Variables	Bolivia	El Salvador	Guatemala	Honduras
	Media	Media	Media	Media
<i>Emisiones CO<sub>2</sub></i>	1,31	0,94	0,79	0,84
<i>PIB per cápita</i>	1602,16	2448,288	2328,45	1479,90
<i>Consumo de energía eléctrica kW</i>	459,08	670,18	400,07	503,41
<i>Consumo de energía procedente de combustibles fósiles</i>	78,60	44,61	37,58	46,54
<i>Densidad de población</i>	8,38	287,56	120,99	64,95
<i>Industrialización</i>	12,97	17,69	16,92	18,72
<i>Producción de energía eléctrica</i>	44,29	61,52	60,37	56,01

Variables	Nicaragua	Paraguay	Venezuela
	Media	Media	Media
<i>Emisiones CO<sub>2</sub></i>	0,71	0,73	6,34

<i>PIB per cápita</i>	1230,24	3059,62	6541,49
<i>Consumo de energía eléctrica kW</i>	396,18	920,02	2835,69
<i>Consumo de energía procedente de combustibles fósiles</i>	42,34	29,52	88,69
<i>Densidad de población</i>	44,49	14,25	29,06
<i>Industrialización</i>	13,83	16,96	14,71
<i>Producción de energía eléctrica</i>	39,02	99,97	69,89