

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Administración y Economía**

**Análisis del impacto ambiental y el crecimiento económico mediante la Curva  
Ambiental de Kuznets**

**Emilia Arias Larrea**

**Elisa Nicole Arteaga Martínez**

**Diego Nicolás Medina Posso**

**Juan Esteban Valladares Granda**

**Economía**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del  
título de economista

Quito, 20 de mayo de 2021

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Administración y Economía**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Análisis del impacto ambiental y el crecimiento económico mediante la Curva  
Ambiental de Kuznets**

**Emilia Arias Larrea**

**Elisa Nicole Arteaga Martínez**

**Diego Nicolás Medina Posso**

**Juan Esteban Valladares Granda**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Carlos Uribe, PhD**

Quito, 20 de mayo de 2021

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Emilia Arias Larrea

Código: 00202144

Cédula de identidad: 1727091488

Lugar y fecha: Quito, 20 de mayo de 2021

Nombres y apellidos: Elisa Nicole Arteaga Martínez

Código: 00200844

Cédula de identidad: 1724405988

Lugar y fecha: Quito, 20 de mayo de 2021

Nombres y apellidos: Diego Nicolás Medina Posso

Código: 00141668

Cédula de identidad: 1721484762

Lugar y fecha: Quito, 20 de mayo de 2021

Nombres y apellidos: Juan Esteban Valladares Granda

Código: 00208484

Cédula de identidad: 1722554753

Lugar y fecha: Quito, 20 de mayo de 2021

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

Contrastamos la teoría de la Curva Ambiental de Kuznets con una muestra de datos de panel de 41 países desde 1971 hasta 2016 empleando un modelo de regresión lineal, con el fin de identificar posibles conclusiones para este problema. Decidimos diferenciar nuestra muestra en países desarrollados y en desarrollo para estimar la tendencia de cada grupo en el largo plazo. Identificamos que los países desarrollados alcanzan un punto de inflexión donde su crecimiento económico se traduce en una disminución del impacto ambiental. Mientras que los países en desarrollo mantienen la relación positiva, indicando que su crecimiento económico no es suficiente para tomar acciones que reduzcan su contaminación.

**Palabras clave:** Curva Ambiental de Kuznets, Crecimiento económico, Impacto ambiental, Países desarrollados, Países en desarrollo

## **ABSTRACT**

We contrast the theory of the Environmental Kuznets Curve with a panel data sample from 41 countries from 1971 to 2016 using a linear regression model, in order to identify possible conclusions for this problem. We decided to differentiate our sample into developed and developing countries to estimate the long-term trend of each group. We identify that developed countries reach a turning point where their economic growth translates into a decrease in environmental impact. While developing countries maintain the positive relationship, indicating that their economic growth is not enough to take actions to reduce their pollution.

**Key words:** Environmental Kuznets Curve, Economic growth, Environmental impact, Developed countries, Developing countries.

**TABLA DE CONTENIDO**

Introducción.....	11
Metodología.....	13
Datos.....	15
Resultados.....	18
Caso de estudio .....	28
Reino unido y Luxemburgo.....	28
China y Filipinas. ....	30
Conclusiones.....	32
Referencias Bibliográficas.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efectos marginales de los tres modelos.....	18
Tabla 2:Efectos marginales del modelo a largo plazo.....	21
Tabla 3:Efectos marginales para países desarrollados y en desarrollo.....	23

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva Ambiental de Kuznets países desarrollados y en desarrollo .....	16
Gráfico 2: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para 22 países desarrollados. ....	27
Gráfico 3: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para 19 países en desarrollo.....	27
Gráfico 4: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para Reino Unido y Luxemburgo.....	29
Gráfico 5: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para China y Filipinas .....	31

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico es fundamental en el desarrollo de las sociedades, ya que los aumentos en la productividad permiten a las naciones reducir su nivel de pobreza. El incremento en la actividad económica es el causante de altos niveles de contaminación, los cuales se han potenciado en las últimas décadas (Banco Mundial, 2020). La economía ambiental ha permitido identificar las externalidades que la contaminación provoca sobre el bienestar social y las acciones que se deben aplicar para asegurar un desarrollo sustentable en el largo plazo (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2020).

La teoría de la Curva Ambiental de Kuznets (*CAK*) plantea que la relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental tiene forma de U-invertida. En base a esto, nuestra pregunta de investigación es: ¿Cuál es la relación entre impacto ambiental y crecimiento económico mediante la estimación de la Curva Ambiental de Kuznets para países desarrollados y en desarrollo?

La literatura existente analiza la hipótesis de la *CAK* para un país o grupos de países con características similares, lo que limita la interpretación de sus conclusiones al no otorgar una perspectiva global sobre esta teoría. Nuestra investigación aporta a este análisis por medio de la diferenciación del comportamiento entre países en desarrollo y desarrollados para evaluar las circunstancias que influyen en esta relación a largo plazo.

Utilizamos un modelo de regresión lineal con datos de panel de 41 países desde 1971 hasta 2016. Inicialmente incluimos los modelos de Mínimos Cuadrados Ordinarios, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios para tener una estimación del comportamiento de nuestra muestra. Sin embargo, identificamos que la heterogeneidad inobservable afecta a nuestro análisis, por lo que decidimos utilizar un modelo más completo que incluye el efecto a largo plazo, permitiendo que sea más preciso con nuestro objetivo.

Se encontró que la forma de U invertida se cumple para los países desarrollados, mientras que la relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para los países en desarrollo sigue siendo positiva en el largo plazo. Sustentamos estos resultados por lo expuesto por (Churchill, Inekwe, Ivanovski, & Smythc, 2018) en donde se establece que para 9 de los 20 países de la muestra cumplen con la hipótesis de la CAK, por el avance industrial alcanzado desde el siglo XIX. Por otro lado, (Caballero & Sánchez, 2019) establecen que los países de América Latina y el Caribe cumplirán con la hipótesis de la CAK al superar los \$10134 per cápita. Alcanzar este nivel de ingreso representa un desafío para estas naciones dados los conflictos políticos, sociales y económicos a los que se enfrentan. Lo que coincide con nuestros resultados ya que en un mediano y largo plazo no alcanzan el punto de inflexión necesario para cumplir con la CAK.

La estructura de la investigación es la siguiente: la sección 2 ofrece una descripción general de nuestra metodología. Los datos se describen en la Sección 3. Los resultados se encuentran en la Sección 4. La sección final concluye con una discusión de los hallazgos.

## METODOLOGÍA

La Curva Ambiental de Kuznets establece la relación entre impacto medioambiental y el crecimiento económico que toma la forma de U-invertida. Cuando alcanza el punto de inflexión, el crecimiento económico sigue en aumento mientras las emisiones contaminantes se reducen. Para su estimación, usamos la forma general especificada de la siguiente manera:

$$E = F(Y, Y^2, X) \quad (1)$$

E es un indicador ambiental, Y es el indicador de crecimiento económico y X son otras variables explicativas que pueden influir en la degradación ambiental. Todas las variables son expresadas en logaritmo natural.

Dada la ecuación 1 podemos plantear el modelo empírico de la siguiente forma:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_{1t}Y_{it} + \beta_{2t}Y_{it}^2 + \sum_{i=3}^N \beta_{it}X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Donde  $\beta_i$  son los parámetros de interés de la regresión, X es el conjunto de variables control (consumo de energía renovable, comercio internacional, nivel de desarrollo, demografía, entre otras) y  $\varepsilon_{it}$  es el término de error estocástico.

Resolvemos el modelo de regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), que explica fenómenos económicos a través de la estimación que tiene la variable independiente sobre la dependiente por medio de los parámetros  $\beta_i$  (Montero, Efectos fijos o aleatorios: test de especificación, 2011). Una de las limitaciones que acarrea este modelo es que no asume heterogeneidad inobservable y que no diferencia entre lo temporal y lo transversal. Es por esto, que descomponemos el error entre el efecto fijo y el efecto aleatorio representado de la siguiente forma:

$$\varepsilon_{it} = u_i + v_t + w_{it} \quad (3)$$

Donde  $u_i$  determina los efectos no observables que difieren entre los países, pero no en el tiempo,  $v_t$  refleja los efectos no cuantificables que varían en el tiempo, pero no entre los países y  $w_{it}$  es el término de error puramente aleatorio. Reemplazando la ecuación (3) en la (2), obtenemos la siguiente ecuación:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_{1t}Y_{it} + \beta_{2t}Y_{it}^2 + \sum_{i=1}^N \beta_{it}X_{it} + u_i + v_t + w_{it} \quad (4)^1$$

Utilizamos dos modelos, el de Efectos Fijos (*EF*) y el de Efectos Aleatorios (*EA*) para testear el comportamiento residual que establece una correlación entre el componente idiosincrático y las variables explicativas en cualquier periodo. Para el *EF*, el efecto inobservable  $u_i$  esta correlacionado con al menos una de las variables explicativas mientras que para *EA* no. Esto quiere decir, que se vuelven variables aleatorias con una  $Var \neq 0$  (Wooldridge, 2010). Con el fin de reconocer que modelo se ajusta más a nuestro estudio, realizamos una prueba para identificar la heterogeneidad no observable.

Modelamos paramétricamente el efecto fijo mediante el uso de los promedios a lo largo del tiempo para todos los controles e incluimos las interacciones entre el *Nivel de Desarrollo* con el *Crecimiento del PIB per cápita* ( $Z_{it}$ ) y el *Nivel de Desarrollo* con el *Crecimiento del PIB per cápita cuadrado* ( $T_{it}$ ) para capturar el efecto a largo plazo. Representado en la siguiente ecuación:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_{1t}Y_{it} + \beta_{2t}Y_{it}^2 + \sum_{i=3}^N \beta_{it}(X_{it} + \bar{Y}_{it} + \bar{Y}_{it}^2 + \bar{X}_{it} + Z_{it} + T_{it}) + v_t + w_{it} \quad (5)$$

---

<sup>1</sup> En este modelo se calculó la tasa de crecimiento con respecto al año inicial de la muestra de cada país para el CO2 per cápita y PIB per cápita.

## DATOS

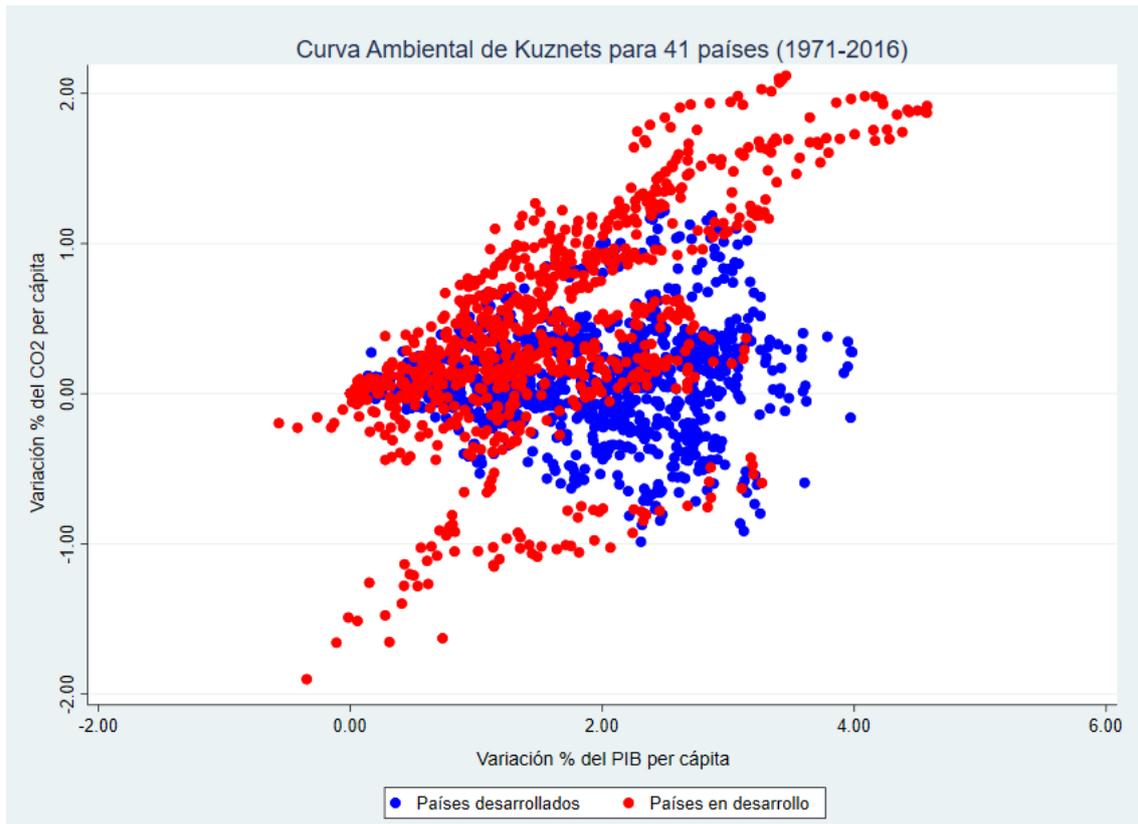
Los datos usados en esta investigación fueron obtenidos de dos fuentes: El *Banco Mundial* que recopila datos económicos, ambientales y sociales de 189 países desde 1960 y *British Petroleum (BP)* que es una multinacional dedicada a la producción de energía y el manejo de datos estadísticos de 78 países desde 1965.

Para esta investigación utilizamos datos de panel desbalanceados, ya que incluye una muestra de 41 países por 46 años desde 1971 hasta 2016. Obteniendo un total de 1886 observaciones. En base al criterio del Banco Mundial, 22 de ellos son desarrollados juntando 1012 observaciones, mientras que 19 están en desarrollo representando 874 observaciones (The World Bank, 2019).

El impacto ambiental esta medido por las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) medidos en kilotoneladas per cápita y el crecimiento económico esta medido por el Producto Interno Bruto per cápita (PIB) medido en miles de dólares. Existe una relación directa entre ambos, donde a mayor producción, mayor contaminación. No obstante, esperamos que el efecto del *Producto Interno Bruto* per cápita elevado al cuadrado ( $PIB^2$ ), presente un signo negativo que evidencie la forma cóncava característica de la *CAK*. Además, incluimos el *Nivel de desarrollo* para entablar una distinción entre los países desarrollados y en desarrollo.

En el *Gráfico 1* se comprueba visualmente la relación mencionada. Hemos diferenciado por color a los países *desarrollados* de los *en desarrollo*, esto nos permite ver en qué casos se cumple la forma cóncava y en cual esta relación sigue siendo netamente positiva.

**Gráfico 1: Curva Ambiental de Kuznets países desarrollados y en desarrollo**



Adicionalmente, hemos incluido cinco factores que creemos pueden tener un impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub> y beneficiar a nuestra investigación haciéndola más precisa. Estos factores son: *Tasa de crecimiento poblacional*, *Consumo de energía fósil*, *Consumo de energía primaria*, *Consumo de petróleo* y *Comercio*, cuya explicación es detallada a continuación.

Esperamos que el coeficiente de *Tasa de crecimiento poblacional* sea positivo, considerando que un aumento en el número de personas genera una mayor demanda de recursos, lo que puede ser perjudicial para el medio ambiente.

El *Consumo de energía fósil* esta medido como el porcentaje respecto al consumo de energía total. El *Consumo de energía primaria* esta medido en gigajoule per cápita y el *Consumo de petróleo* esta medido en toneladas per cápita. Se espera que todas ellas

tengan un efecto positivo, ya que puede ser un complemento para las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita al medir el impacto ambiental.

El *Comercio* es la suma de exportaciones e importaciones en porcentaje del PIB, el cual tiene una interpretación ambigua. Por un lado, el comercio aumenta la producción y la actividad logística que genera más contaminación y degrada la calidad ambiental. Por otro lado, las actividades de mercado abierto permiten alcanzar un mayor nivel de riqueza que deriva en acciones a favor del medio ambiente (Churchill, Inekwe, Ivanovski, & Smythc, 2018).

## RESULTADOS

Estos factores se encuentran en diferentes unidades de medición, por lo que estandarizamos cada uno de ellos para medir su efecto en términos de desviaciones estándar.

En la *Tabla 1* se presentan los efectos marginales de los tres modelos:

**Tabla 1: Efectos marginales de los tres modelos**

VARIABLES	(1) MCO CO <sub>2</sub> per cápita	(2) EF Crecimiento CO <sub>2</sub> per cápita	(3) EA Crecimiento CO <sub>2</sub> per cápita
PIB per cápita	0.758*** (0.0656)		
PIB per cápita cuadrado	-0.588*** (0.0575)		
Crecimiento PIB per cápita		0.411*** (0.0461)	0.379*** (0.0495)
Crecimiento PIB al cuadrado		-0.235*** (0.0345)	-0.167*** (0.0369)
Tasa crecimiento poblacional	-0.00845** (0.00369)	-0.0240*** (0.00702)	-0.0256*** (0.00756)
Consumo energía fósil	0.150*** (0.00886)	0.319*** (0.0159)	0.360*** (0.0168)
Consumo energía primaria	0.526*** (0.0267)	1.169*** (0.0496)	1.067*** (0.0524)
Consumo de petróleo	0.185*** (0.0253)	0.378*** (0.0500)	0.274*** (0.0530)
Comercio	0.0199* (0.0108)	0.0734*** (0.0211)	0.0781*** (0.0225)
Constante	0.218*** (0.0511)	0.701*** (0.0715)	0.657*** (0.135)
Observaciones	1,886	1,886	1,886
R-cuadrado		0.811	
Número de idpanel	41	41	41

Errores estándar en paréntesis  
\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

En el modelo de *MCO* un aumento de una desviación estándar en el *PIB per cápita*, implica que las emisiones de *CO<sub>2</sub> per cápita* aumentan en 0.758 desviaciones estándar y es significativo para todo nivel de significancia. Esto se debe a que en una

primera etapa un aumento en la producción conlleva a un mayor uso de materia prima y energía provocando un incremento en la contaminación.

Del mismo modo, un aumento en una desviación estándar del *PIB per cápita cuadrado* disminuye en 0.588 desviaciones estándar las emisiones de *CO<sub>2</sub> per cápita* y mantiene su significancia. En una segunda etapa, el aumento en la producción permitirá llegar a un nivel de ingreso suficiente para aplicar acciones y políticas a favor de la reducción del impacto ambiental, alcanzando un punto donde esta relación es negativa.

En los modelos de *EF* y *EA* se mantienen los mismos signos y su nivel de significancia con respecto al modelo de *MCO*, sin embargo, la magnitud de sus coeficientes es menor. Esto se debe a la descomposición del error y que tanto la variable dependiente como independiente están expresadas por su tasa de crecimiento reflejando una estimación más precisa. Por otro lado, el supuesto de *EA* no correlaciona directamente el error inobservable con las variables explicativas mientras que el *EF* si lo hace, esto provoca que sus coeficientes capturen este efecto y sean más altos (Wooldridge, 2010).

Para los tres modelos se explicará de forma general la intuición para las variables control, debido a que estos son resultados con modelos preliminares. El coeficiente de la tasa de crecimiento poblacional tiene signo negativo y es estadísticamente significativo al 5%. Este resultado nos muestra que el aumento poblacional no repercute negativamente en el impacto ambiental tal como lo esperábamos. Creemos que esto se debe a que en la mayoría de países, el factor humano es el causante de un enriquecimiento económico e intelectual que influye en la disminución del impacto ambiental.

Los coeficientes del *Consumo de energía fósil*, *Consumo de energía primaria* y *Consumo de Petróleo* tienen signo positivo y son estadísticamente significativos a cualquier nivel, lo que demuestra la importancia de incluirlos en el modelo. Este resultado

es lógico, ya que el uso de los mismo es el causante de una gran cantidad de contaminantes que afectan directamente en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Intuíamos que el efecto del *Comercio* iba a ser ambiguo. Sin embargo, los resultados reflejan una relación positiva, aunque en menor magnitud a los otros controles. El nivel de significancia en la columna (1) es del 10% mientras que para las demás es del 1%, demostrando que los efectos de contaminación por el intercambio comercial son más evidentes al descomponer el error como en la ecuación (3).

Para poder identificar cuál de los tres modelos es el que mejor se acopla a nuestra investigación, hemos decidido realizar la prueba Breush-Pagan<sup>2</sup>, en donde rechazamos la hipótesis nula ( $\text{Prob} > \text{chibar}2 = 0.0000$ ), lo que evidencia la existencia de heterogeneidad inobservable. Esto nos conduce al uso de dos posibles modelos: *EF* o *EA*.

Posteriormente realizamos la prueba de Hausman<sup>3</sup> para constatar qué modelo se ajusta más a nuestra investigación. Los resultados obtenidos nos indican que se rechaza la hipótesis nula ( $\text{Prob} > \text{chi}2 = 0.0000$ ), lo que implica que el modelo identifica un error estocástico alto y que se debe utilizar el modelo de *EF*. Para esto, hemos modelado paramétricamente el efecto fijo para recuperar el efecto aleatorio.

La *Tabla 2* muestra los efectos marginales de la ecuación (5) donde incluimos los promedios y las interacciones mencionadas, lo que permite una estimación en el largo plazo. Esto tiene un efecto directo en algunas de las variables, evidenciando el cambio de los niveles de significancia y en sus magnitudes.

---

<sup>2</sup> Consiste en comprobar la existencia de homogeneidad o heterogeneidad inobservable. Dado esto, la hipótesis nula establece que la varianza de todas las observaciones es igual a cero, es decir que el modelo *MCO* debe ser aplicado (García, 2020).

<sup>3</sup> Mide la consistencia de las diferencias de sus coeficientes y plantea la hipótesis nula donde las diferencias entre los coeficientes no son sistemáticas, es decir que ambas son consistentes y que se prefiere *EA* (Montero, 2005).

**Tabla 2: Efectos marginales del modelo a largo plazo.**

VARIABLES	EA Crecimiento CO <sub>2</sub> per cápita
Crecimiento PIB per cápita	0.196*** (0.0464)
Crecimiento PIB per cápita cuadrado	-0.00474 (0.0347)
Tasa de crecimiento poblacional	-0.0115* (0.00657)
Consumo energía fósil	0.313*** (0.0153)
Consumo energía primaria	1.004*** (0.0484)
Consumo petróleo	0.451*** (0.0472)
Comercio	0.0525*** (0.0197)
Promedio crecimiento PIB per cápita	0.371 (0.514)
Promedio crecimiento PIB per cápita cuadrado	0.0522 (0.475)
Promedio tasa de crecimiento poblacional	0.189 (0.122)
Promedio consumo energía fósil	0.00793 (0.110)
Promedio consumo de energía primaria	-0.651** (0.281)
Promedio consumo petróleo	-1.396*** (0.301)
Promedio comercio	0.0763 (0.126)
Interacción desarrollado y PIB	0.598*** (0.0557)
Interacción desarrollado y PIB cuadrado	-0.587*** (0.0400)
Constante	0.595*** (0.121)
Observaciones	1,886
Número de idpanel	41

Errores estándar en paréntesis  
\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

El *Crecimiento PIB per cápita* presenta un signo positivo y un nivel de significancia al 1%, donde un aumento de una desviación estándar incrementa en 0.196

desviaciones estándar el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*. La intuición de este resultado es similar a lo expuesto en la *Tabla 1*, observamos que en el largo plazo el efecto capturado es menor debido a que hubo un crecimiento económico previo que permitió un enriquecimiento y una serie de innovaciones que generaron un aumento en menor proporción del impacto ambiental.

El *Crecimiento PIB per cápita cuadrado* ha perdido su significancia debido a que se aproxima a cero. Un aumento de una desviación estándar implica que las emisiones de *CO<sub>2</sub> per cápita* disminuyen en 0.00474 desviaciones estándar. Esto indica que alcanzar la parte descendiente de la curva se dará en un periodo de tiempo indeterminado en el largo plazo.

Se puede observar que los signos de los coeficientes de las variables control son consistentes con el comportamiento que se presentan en los tres modelos iniciales y que todos son significativos a cualquier nivel excepto la *Tasa de crecimiento poblacional* que solo lo es al 10%. Esto puede deberse a que el efecto negativo sobre el aumento del *CO<sub>2</sub> per cápita* es evidente en solo una porción de la muestra.

La inclusión de las interacciones permite confirmar la tendencia que tomará la curva, dado que es estadísticamente significativo a cualquier nivel y mantiene el signo positivo del *Crecimiento PIB per cápita* y el signo negativo del *Crecimiento PIB per cápita cuadrado*. Al relacionar el nivel de desarrollo con el crecimiento económico, se refleja el comportamiento real que tendrá sobre el modelo.

Dados los resultados obtenidos, identificamos que no se puede determinar con claridad el efecto que tiene cada coeficiente sobre la variable independiente. Esto hace que su interpretación sea difícil e inexacta, por lo que hemos decidido diferenciar nuestra muestra por nivel de desarrollo.

Hacemos un análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo. En la *Tabla 3*, se reportan los resultados para cada categoría siguiendo el modelo de *EF* recuperados por el *EA*.

**Tabla 3: Efectos marginales para países desarrollados y en desarrollo.**

VARIABLES	(1) Desarrollado Crecimiento CO <sub>2</sub> per cápita	(2) En desarrollo Crecimiento CO <sub>2</sub> per cápita
Crecimiento PIB per cápita	1.039*** (0.108)	0.166*** (0.0532)
Crecimiento PIB per cápita cuadrado	-0.890*** (0.0757)	0.0120 (0.0423)
Tasa de crecimiento poblacional	-0.0107* (0.00646)	0.0765 (0.0660)
Consumo energía fósil	0.422*** (0.0228)	0.284*** (0.0286)
Consumo energía primaria	1.413*** (0.0796)	0.805*** (0.0773)
Consumo petróleo	-0.00983 (0.0722)	0.710*** (0.0646)
Comercio	0.0259 (0.0418)	0.0709*** (0.0233)
Promedio crecimiento PIB per cápita	-0.196 (1.583)	0.0468 (0.617)
Promedio crecimiento PIB per cápita cuadrado	0.462 (1.506)	0.305 (0.615)
Promedio tasa de crecimiento poblacional	0.298* (0.166)	-0.308 (0.727)
Promedio consumo energía fósil	-0.314** (0.139)	0.581* (0.301)
Promedio consumo de energía primaria	-2.107*** (0.676)	-0.867** (0.405)
Promedio consumo petróleo	-0.212 (0.705)	-1.936*** (0.375)
Promedio comercio	-0.123 (0.149)	0.535** (0.218)
Constante	1.585*** (0.430)	0.375 (0.627)
Observaciones	1,012	874
Número de idpanel	22	19

Errores estándar en paréntesis  
\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Inicialmente podemos observar que, para los países desarrollados, el *Crecimiento PIB per cápita* es de 1.039 desviaciones estándar, comparado con los países en desarrollo que tiene una desviación estándar de 0.166 sobre el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*. Es evidente que, en el largo plazo la actividad económica en los países desarrollados seguirá siendo más acelerada dado que sus medios de producción se han diversificado creando industrias independientes. Mientras que, para los países en desarrollo, su crecimiento aumenta paulatinamente debido a que existen muchas empresas emergentes que están iniciando su proceso de industrialización, lo que hace que su impacto sea menor.

Por otro lado, para los países desarrollados, el *Crecimiento PIB per cápita cuadrado* es significativo al 1% con -0.89 desviaciones estándar, mientras que para los países en desarrollo no es significativo a ningún nivel con 0,012 desviaciones estándar sobre el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*. Esto demuestra que la concavidad únicamente se cumple para los países desarrollados debido a que en los países en desarrollo en el largo plazo no tendrá un nivel de crecimiento económico suficiente para alcanzar el punto de inflexión que permita reducir la contaminación.

La *Tasa de crecimiento poblacional* es estadísticamente significativa al 10% para los países desarrollados con -0,0107 desviaciones estándar, donde un aumento en la población disminuirá el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita* en esta magnitud. Esto se debe a que en el largo plazo la tasa de natalidad se habrá reducido a tal punto en el que cada futuro individuo aportará de manera positiva y significativa al crecimiento económico y por lo tanto al impacto ambiental. A diferencia de los países en desarrollo, donde este coeficiente además de ser positivo no es significativo, demostrando que en el largo plazo un aumento poblacional no representa un impacto relevante en el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*.

El *Consumo de energía fósil* y el *Consumo de energía primaria* para ambos grupos mantienen un nivel de significancia del 1% y un signo positivo, aunque difieren en magnitud, esto demuestra que en cualquier nivel de industrialización el uso de estos recursos es importante y su desviación estándar tiene un efecto directo en el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*. Aun así, para los países desarrollados esta tendencia es más notoria que en los países en desarrollo.

A diferencia del *Consumo de petróleo* que difiere sustancialmente entre cada grupo, para los países en desarrollo es significativo a cualquier nivel con 0.71 desviaciones estándar sobre el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*. Dado que estos países se encuentran en una etapa inicial de industrialización, su principal fuente de energía es derivada del petróleo por la falta de recursos para adquirir una alternativa menos contaminante. Mientras que en los países desarrollados no es significativo con -0.00983 desviaciones estándar ya que cuentan con sustitutos amigables con el ambiente.

El Comercio no es significativo para los países desarrollados ya que estos alcanzaron un nivel suficiente de comercio que implica que en el largo plazo no tendrá una variación notoria sobre el *Crecimiento del CO<sub>2</sub> per cápita*. Por otro lado, para los países en desarrollo será estadísticamente significativo al 1% con 0.0709 desviaciones estándar, dado que aún pueden potenciar este factor en el largo plazo, aunque implique un mayor nivel de contaminación.

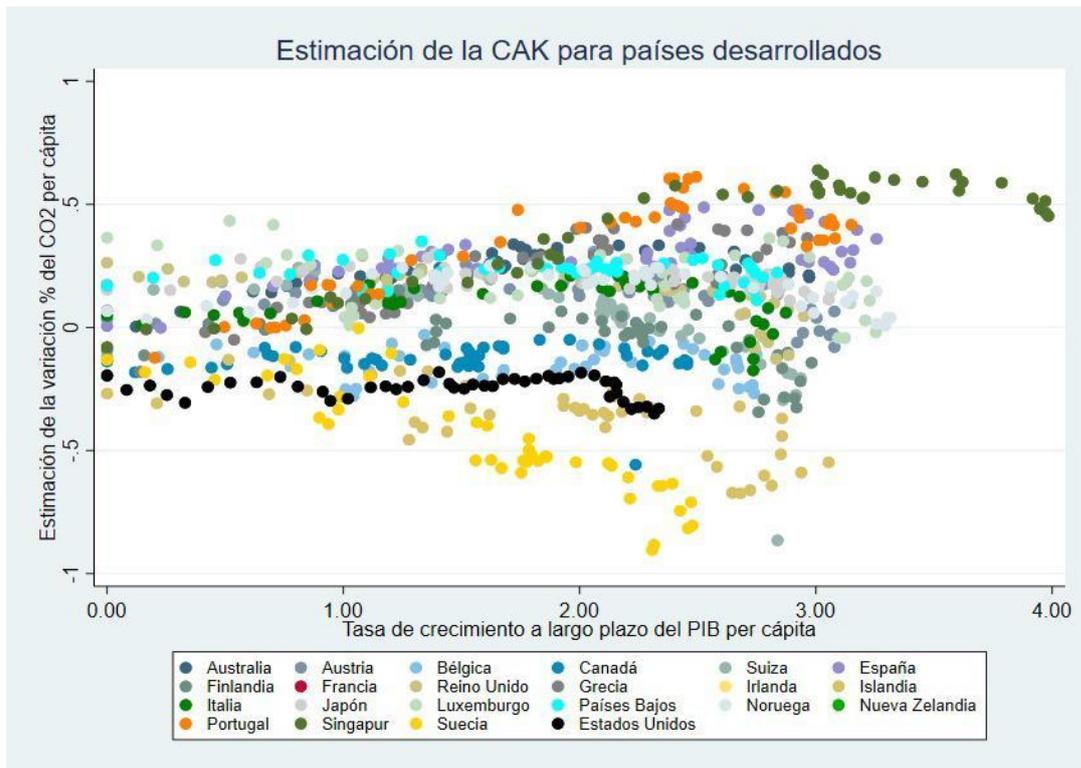
En los países desarrollados se cumple la *CAK* por diferentes razones. Primero, el aumento de ingreso de las personas permite que los agentes se encuentren en la parte superior de la pirámide de necesidades (Kiel, 1999), lo que los lleva a tomar acciones responsables sobre el medio ambiente. Segundo, el incremento en la productividad de las industrias impulsa la innovación tecnológica. Lo que genera fuentes de energía alternativa

y reduce tanto el consumo como la extracción de combustibles naturales y fósiles. Por último, tanto las entidades públicas como privadas se encuentran en una fase de post industrialización, lo que les permite tener una mayor disponibilidad de ingresos para invertir en programas y políticas enfocadas en la reducción del impacto ambiental (Pettinger, 2019).

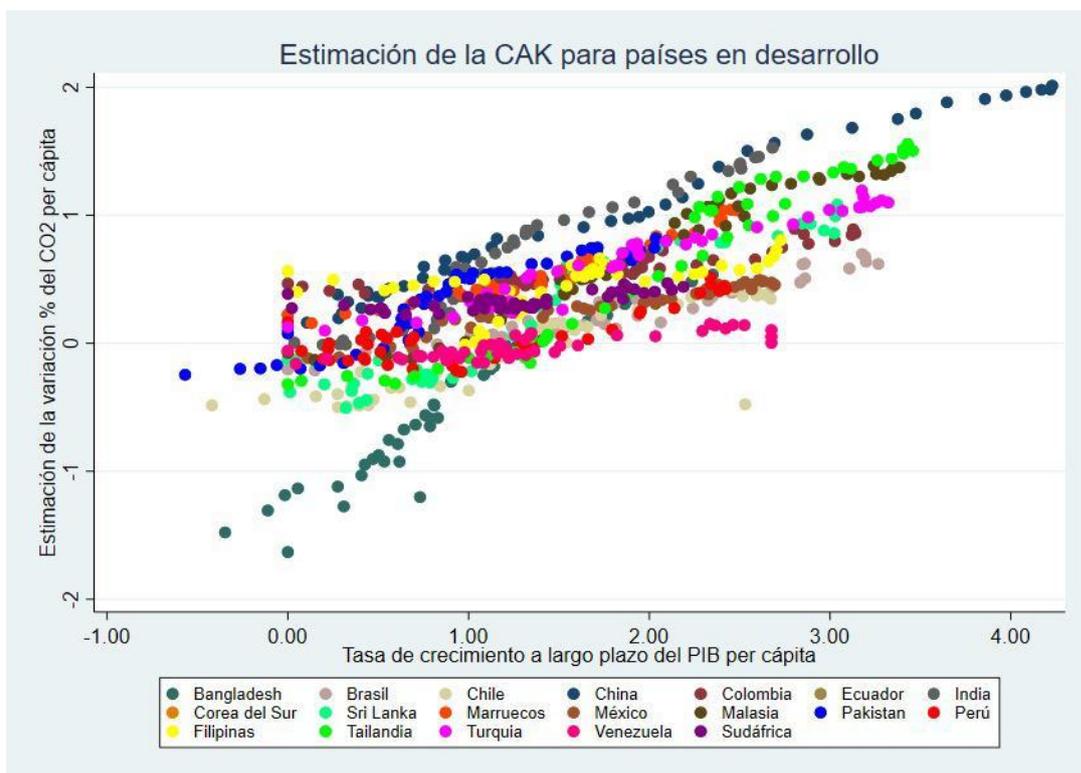
La relación positiva que evidencian los países en desarrollo es inesperada, ya que no se cumple la forma cóncava en el largo plazo. Consideramos que esto se debe a diferentes factores. Inicialmente porque los gobiernos tienen otras prioridades; reducir la pobreza y la desnutrición, garantizar el acceso a educación, salud y servicios básicos de calidad. Lo que obliga a los agentes a enfocarse en sus necesidades para poder sobrevivir, dejando de lado aspectos externos como el cuidado ambiental. Además, las actividades económicas se ubican en la pre-industrialización, lo que implica un uso elevado de materia prima causando un alto nivel de contaminación. Estas limitaciones impiden que estos países alcancen el desarrollo necesario para utilizar sus recursos en acciones que disminuyan el impacto ambiental (Sapkota & Bastola, 2017).

Para tener una noción visual de lo que sucede con la tendencia real de la *CAK* para países desarrollados y en desarrollo, incluimos dos gráficos. En el *Gráfico 2*, la tendencia se cumple a pesar de que hay diferencias en el tiempo y la proporción de crecimiento para cada país. En el *Gráfico 3*, es notoria la tendencia ascendente de los países ya que no han alcanzado un suficiente nivel de desarrollo. Exponiendo que a largo plazo mantendrán una relación positiva entre el crecimiento económico e impacto ambiental.

**Gráfico 2: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para 22 países desarrollados.**



**Gráfico 3: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para 19 países en desarrollo.**



## **Caso de estudio**

Una vez analizados los *Gráficos 2 y 3*, identificamos que existen casos atípicos que a pesar de que siguen la tendencia, su forma no coincide con la curva esperada. Por esta razón, hemos decidido comparar dos países de cada grupo, donde uno cumple con la forma y tendencia mientras el otro es atípico en su forma.

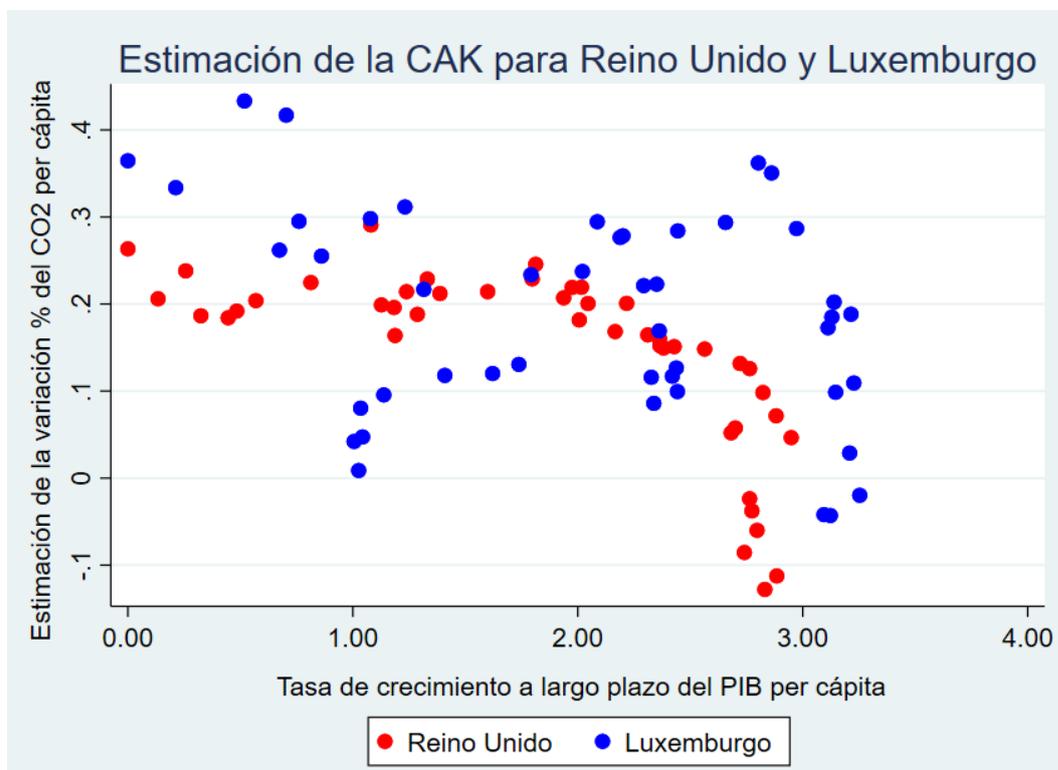
### **Reino Unido y Luxemburgo.**

Reino Unido se considera como una de las principales naciones manufactureras. Su tendencia descendente se explica por los cambios en normas y políticas ambientales que denotan esfuerzos regulatorios para limitar la contaminación mediante la reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, así como la disminución en el uso del carbón como fuente de energía. Esto expresa la iniciativa del país en garantizar la transición energética necesaria para el desarrollo sostenible. De esta forma, a medida que los agentes en la economía toman conciencia del costo social de esta externalidad negativa, mantienen sus ingresos y lo reinvierten para mejorar las condiciones medioambientales y restaurar el ecosistema (Beşe & Kalaycib, 2018).

En el caso de Luxemburgo, la principal causa de contaminación por emisiones de CO<sub>2</sub>, es el aumento poblacional, el alto uso de fuentes de energía fósil por parte de las industrias y la masiva presencia de trabajadores transfronterizos de los países cercanos que ha provocado una descomunal expansión del área urbana, así como también un aumento en la demanda de combustibles (European Environment Agency, 2015). La dependencia sobre el sector bancario y financiero de este país lo vuelve vulnerable a shocks externos como lo ocurrido en el 2008, lo que explica su fragilidad y volatilidad económica.

La unión de estos dos factores no permite un desarrollo continuo para el país y por ende la *CAK* toma la forma del *Gráfico 4*. Para mejorar sus condiciones, el país ha tomado medidas como el subsidiar por completo el transporte público, ampliar la red de tranvías y brindar apoyo a las personas en la compra de bicicletas eléctricas. Con el objetivo de desincentivar el uso de automóviles y medios de transporte contaminantes y de generar un ingreso adicional que sirva no solo para aumentar su aportación a los fondos internacionales dirigidos a esta causa, sino también a la creación del “bono de sostenibilidad” (European Environment Agency, 2015).

**Gráfico 4: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para Reino Unido y Luxemburgo**



En conclusión, Reino Unido muestra en el largo plazo un descenso continuo, mientras que Luxemburgo tiene oscilaciones no esperadas a lo largo del mismo periodo. Por lo tanto, no cumple la forma de U invertida esperada y se asemeja más a una N

invertida. Aun así, cumple la hipótesis de que a mayor crecimiento económico menor será el impacto ambiental.

### **China y Filipinas.**

China durante los últimos 40 años, ha incluido leyes promercado, proyectos de apoyo a la productividad agrícola e implementaron la Estrategia de Desarrollo Costero, lo que les permitió atraer inversión extranjera que facilitó el desarrollo de tecnología. Posteriormente, ocurrió la apertura de la Bolsa de Shanghai, junto a la instauración de dos pilares; la acumulación de capital y la mejora de la productividad (Amigot, 2011).

Actualmente mantiene un crecimiento constante de alrededor del 9% anual y se posiciona como uno de los países con la mayor economía del mundo. En consecuencia, se posiciona como el país más contaminante del mundo, con la obligación de tomar acciones dada la presión internacional (Gozzer, 2017). Es por eso, que ha optado por incluir programas de reducción y contención de las emisiones del CO<sub>2</sub>. A pesar de este esfuerzo, el cambio ha sido mínimo en relación a su contaminación, lo que impide que cumpla con lo establecido por Kuznets.

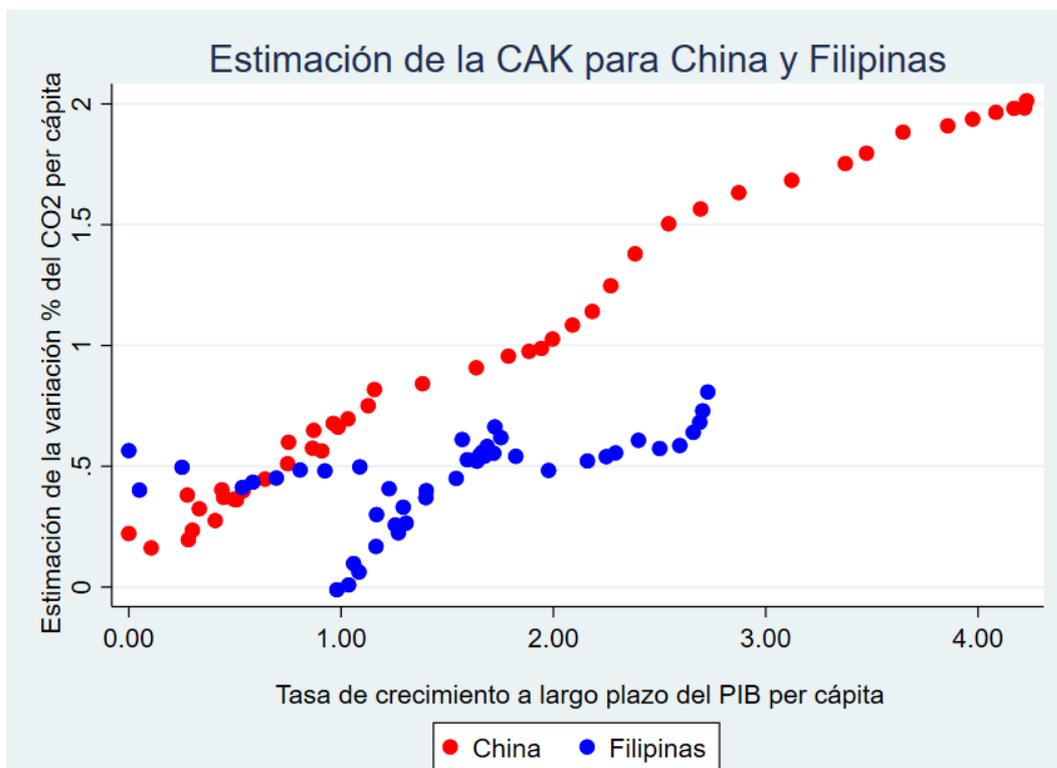
Por otro lado, Filipinas en 1965 impuso políticas económicas que ocasionaron derroche de capital, sobreendeudamiento, devaluación, cierre de actividades comerciales a nivel internacional y pérdida de ingreso para la población a lo largo de su periodo. En 1986, se implementaron una serie de reformas macroeconómicas y estructurales de libre mercado (Zanini, 1999). Desde entonces, el país ha experimentado varias fluctuaciones en cuanto a su crecimiento, dado a que tanto su situación política como social son inestables.

El país se encuentra en una situación contradictoria, ya que es un territorio vulnerable a los efectos del cambio climático, por lo que necesita una solución para frenar

la contaminación. Sin embargo, el consumo de carbón es necesario para así cubrir la demanda de la población y facilitar un crecimiento económico. Los proyectos para mitigar este daño ambiental han sido únicamente propuestos por grupos ecologistas que han logrado hacer acuerdos y promesas de combatir el uso excesivo de carbón.

En resumen, en el *Gráfico 5*, China evidencia un ascenso constante en la relación de la *CAK* dada su evolución comercial y económica. Filipinas no muestra esta tendencia ya que es un país inestable dadas las complicaciones mostradas en ciertos periodos, lo que impide un crecimiento constante. Observamos que en un punto de la estimación la relación parecía alcanzar la parte descendente de la *CAK*. No obstante, pasado este punto la forma volvió a ser ascendente para mantener la tendencia en el largo plazo

**Gráfico 5: Relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para China y Filipinas**



## CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es analizar la relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental en el largo plazo con el fin de determinar el cumplimiento de la teoría de la Curva Ambiental de Kuznets diferenciando para países en desarrollo y desarrollados.

Los resultados preliminares indican que la forma de U invertida se satisface para todos los países de la muestra. Sin embargo, al separar por nivel de desarrollo el resultado final expuso que los países desarrollados si llegarán al punto de inflexión esperado dado que el alto nivel de ingreso que tienen les permite reducir su nivel de contaminación. Por otro lado, las naciones en desarrollo no alcanzarán la parte descendente de la curva en el largo plazo ya que no tienen el crecimiento económico suficiente para tomar acciones que permitan reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para obtener estos resultados trabajamos un modelo de regresión lineal con *MCO*, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios. Estos nos dieron una referencia acertada de cómo llevar a cabo esta investigación, aun así, no fueron estimadores apropiados. Es por ello que, decidimos modelizar paramétricamente el efecto fijo para recuperar el efecto aleatorio bajo la inclusión de los promedios de las variables explicativas para poder estimar su comportamiento en el largo plazo.

Si bien el estudio reflejó un cumplimiento en las tendencias esperadas, encontramos casos atípicos tanto para los países desarrollados como en los países en desarrollo. El caso de estudio nos permitió identificar el comportamiento de estas naciones para poder compararlas con un país que cumpla correctamente con la hipótesis. Para los países desarrollados identificamos que las oscilaciones de Luxemburgo se deben a su ubicación estratégica que genera rotación de personas que obliga a un alto consumo

de combustibles al igual que un desmedido aumento del área urbana. Para los países en desarrollo, la forma inusual de la *CAK* para Filipinas se explica por su inestabilidad política y económica, ya que en ciertos periodos actúan con libertad de comercio y en otros son más restrictivos, lo que dificulta un desarrollo constante y sustentable.

Concluimos que se debe alcanzar un nivel de crecimiento económico sostenido para que tanto individuos como gobiernos puedan establecer acciones y políticas ambientales que disminuyan la degradación ambiental. Es evidente que el comercio no refleja un impacto representativo en la contaminación, sin embargo, es una herramienta útil para generar un mayor crecimiento económico, lo que eventualmente permite que las sociedades aumenten su compromiso con el ambiente. Este conjunto de estrategias permitirá que el beneficio social aumente en el largo plazo dado que existirá progreso económico y un control adecuado de la contaminación ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amigot, B. (2011). *Los secretos de cómo China se convirtió en la segunda economía del mundo*. Recuperado el 2021, de Expansión:  
<https://www.expansion.com/2011/02/25/economia/1298633236.html>
- Apergis, N., & Ozturk, I. (2014). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *ELSEVIER*, 16-22. Recuperado el 2021
- Balaguer, J., & Cantavella, M. (2015). Estimating the environmental Kuznets curve for Spain by considering fuel oil prices (1874–2011). *ELSEVIER*, 853-859. Recuperado el 2021
- Banco Mundial. (2020). *The World Bank Data*. Recuperado el 2021, de <https://data.worldbank.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>
- Baronio, A., & Vianco, A. (2014). *Datos de Panel*. Recuperado el 2021, de Universidad Nacional de Río Cuarto: <http://www.econometricos.com.ar/wp-content/uploads/2012/11/datos-de-panel.pdf>
- Beşe, E., & Kalaycib, S. (2018). *Environmental Kuznets curve (EKC): Empirical relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Evidence from 3 developed countries*. Recuperado el 2021, de <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1452-595X/2021%20OnLine-First/1452-595X1900004B.pdf>
- British Petroleum. (2021). *bp*. Recuperado el 2021, de <https://www.bp.com/>
- Caballero, K., & Sánchez, L. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Revista de Economía del Rosario*, 101-142. Recuperado el 2021
- Catalán, H. (2014). Curva Ambiental de Kuznets: Implicaciones para un crecimiento sustentable. *ScienceDirect*, 19-37. Recuperado el 2021
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Ivanovski, K., & Smythc, R. (2018). The Environmental Kuznets Curve in the OECD: 1870-2014. *ELSEVIER*, 389-399. Recuperado el 2021
- Correa, F., Vasco, A., & Pérez, C. (2005). La curva medioambiental de Kuznets: evidencia empírica para Colombia. *Semestre Económico*, 13-30. Recuperado el 2021
- European Environment Agency. (2015). *Informe nacional de Luxemburgo - El medio ambiente europeo - Estado y perspectivas 2015*. Recuperado el 2021, de <https://www.eea.europa.eu/soer/2015/countries/luxembourg>
- García, L. (2020). *Econometría 1* (Segunda ed.). Lima: Fondo Editorial. Recuperado el 2021

- Gozzer, S. (2017). *El plan de China, el país más contaminante del mundo, para reciclar sus emisiones de CO<sub>2</sub> y cómo logró que fuera rentable*. Recuperado el 2021, de BBC News: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40013678>
- Huang, W. M., Lee, G. W., & Wu, C. C. (2008). GHG emissions, GDP growth and the Kyoto Protocol: A revisit of Environmental Kuznets Curve hypothesis. *ELSEVIER*, 239-247. Recuperado el 2021
- Kiel, J. (1999). Reshaping Maslow's Hierarchy of Needs to Reflect Today's Educational and Managerial Philosophies. *Journal of Instructional Psychology*, 26(3), 160-167. Recuperado el 2021
- Montero, R. (2005). *Test de Hausman*. (U. d. Granada, Ed.) Recuperado el 2021, de Documentos de Trabajo en Economía Aplicada: <http://www.ugr.es/~montero/matematicas/hausman.pdf>
- Montero, R. (2011). *Efectos fijos o aleatorios: test de especificación*. (U. d. Granada, Ed.) Recuperado el 2021, de Documentos de Trabajo en Economía Aplicada: <https://www.ugr.es/~montero/matematicas/especificacion.pdf>
- Pettinger, T. (2019). *Curva Ambiental de Kuznets*. Recuperado el 2021, de <https://www.economicshelp.org/blog/14337/environment/environmental-kuznets-curve/#:~:text=Definition%3A%20The%20environmental%20Kuznets%20curve,levels%20of%20environmental%20degradation%20reduces>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *PNUD*. Recuperado el 2021, de <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>
- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in Malaysia: A cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve. *ELSEVIER*, 184-191. Recuperado el 2021
- Sahbi Farhani, S. M. (2014). The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *ELSEVIER*, 189-198. Recuperado el 2021
- Sapkota, P., & Bastola, U. (2017). Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America. *ELSEVIER*, 206-212. Recuperado el 2021
- The World Bank. (2019). *World Bank Country and Lending Groups*. Recuperado el 2021, de <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519>
- Tutulmaz, O. (2015). Environmental Kuznets Curve time series application for Tukey: Why controversial results exist for similar models? *ELSEVIER*, 73-81. Recuperado el 2021
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la Econometría: Un enfoque moderno* (Cuarta ed.). Ciudad de México: CENGAGE Learning. Recuperado el 2021

- Zanini, G. (1999). *Filipinas: Crisis y oportunidades*. Recuperado el 2021, de Banco Mundial: <https://www.oecd.org/countries/philippines/35287901.pdf>
- Zilio, M., & Caraballo, M. (2014). ¿El final de la curva de Kuznets de carbono? Un análisis semiparamétrico para la América Latina y el Caribe. *El trimestre económico*, 241-270. Recuperado el 2021