



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

**DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: LA CURVA  
AMBIENTAL DE KUZNETS EN LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE PERIODO  
1995-2018**

**Trabajo de Titulación para optar al título de  
ECONOMISTA**

**Autor:**

Guerra Llanga Ingrid Andrea

**Tutor:**

Econ. Patricio Juelas Carrillo

**Riobamba, Ecuador. 2023**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Ingrid Andrea Guerra Llanga, con cédula de ciudadanía 0606110104, autora del trabajo de investigación titulado: “DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE PERIODO 1995-2018”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 31 de julio de 2023



---

Ingrid Andrea Guerra Llanga

C.I: 0606110104

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Econ. Patricio Juelas Carrillo catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE PERIODO 1995-2018”, bajo la autoría de Ingrid Andrea Guerra Llanga; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los dos días del mes de agosto de 2023



---


Econ. Patricio Juelas Carrillo

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE PERIODO 1995-2018**, presentado por Ingrid Andrea Guerra Llanga, con cédula de identidad número 0606110104, bajo la tutoría de Econ. Patricio Juelas Carrillo; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 9 de noviembre de 2023

Mgs. Eduardo Zurita  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**




---

PhD. Patricia Hernández  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

PhD. Dante Ayaviri  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, Guerra Llanga Ingrid Andrea con CC: 0606110104, estudiante de la Carrera de Economía, Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE PERIODO 1995-2018", cumple con el 7 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio URKUND, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 31 de octubre de 2023

---

Econ. Patricio Juelas Carrillo  
**TUTOR(A)**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
ÍNDICE GENERAL .....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS .....	
RESUMEN .....	
ABSTRACT .....	
CAPÍTULO I.....	12
1.1 Introducción.....	12
1.2 Planteamiento del Problema .....	14
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 General.....	17
1.4.2 Específicos.....	17
CAPITULO II.....	18
2 Marco teórico.....	18
2.1 Antecedentes:.....	18
2.2 Fundamentación teórica.....	20
2.2.1 Crecimiento económico.....	20
2.2.2 Degradación ambiental y cambio climático .....	21
2.2.3 Crecimiento económico y degradación ambiental.....	22
2.3 Curva de Kuznets.....	23
2.4 OCDE .....	24

CAPITULO III .....	30
3. Metodología.....	30
3.1 Método.....	30
3.1.1 Hipotético Deductivo.....	30
3.1.2 Analítico .....	30
3.2 Tipo de investigación.....	30
3.3 Enfoque de la investigación.....	30
3.4 Datos y Muestra.....	31
3.5 Datos de panel .....	31
3.5.1 Modelo de efectos fijos.....	32
3.5.2 Modelo de efectos aleatorios .....	33
3.5.3 Test de Hausman .....	33
3.5.4 Cointegración.....	34
3.6 Variables.....	35
3.6.1 Dióxido de carbono .....	35
3.6.2 Producto interno bruto per cápita .....	35
3.6.3 Importaciones y Exportaciones .....	35
3.6.4 Población .....	36
CAPÍTULO VI .....	38
Resultados y Discusiones .....	38
4.1 Descripción de datos.....	38
4.2 Discusión .....	54
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES .....	58
BIBLIOGRAFÍA .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1</b> Antecedentes Curva Ambiental de Kuznets .....	18
<b>Tabla 2</b> Adhesión de los países a la OCDE .....	25
<b>Tabla 3</b> Estadísticas de las variables periodo 1915-2018 .....	38
<b>Tabla 4:</b> Efectos fijos y POOLED .....	39
<b>Tabla 5:</b> Efectos aleatorios y POOLED.....	40
<b>Tabla 6:</b> Test de Hausman .....	41
<b>Tabla 7:</b> Prueba de Durbin-Watson .....	41
<b>Tabla 8:</b> Diferencia de variables .....	42
<b>Tabla 9:</b> Heteroskedasticity LR Test .....	43
<b>Tabla 10:</b> Estimaciones CAK .....	43
<b>Tabla 11:</b> Pruebas de raíces unitarias .....	45
<b>Tabla 12:</b> Pruebas de raíces unitarias con una diferencia.....	45
<b>Tabla 13</b> Cointegración CO2 y PIB per cápita .....	46
<b>Tabla 14:</b> Efectos Fijos y POOLED en la CAK extendida.....	47
<b>Tabla 15:</b> Efectos Aleatorios y POOLED en la CAK extendida.....	48
<b>Tabla 16:</b> Test de Hausman CAK extendido .....	49
<b>Tabla 17:</b> Prueba de Durbin-Watson para la CAK extendida .....	49
<b>Tabla 18:</b> Datos diferenciados para la CAK extendida .....	50
<b>Tabla 19:</b> Heteroskedasticity LR Test CAK extendida .....	50
<b>Tabla 20:</b> Estimaciones CAK extendido .....	51
<b>Tabla 21:</b> Prueba de raíces unitarias CAK extendido.....	53
<b>Tabla 22:</b> Primera diferencia CAK extendido .....	53
<b>Tabla 23:</b> Cointegración CAK extendido .....	54
<b>Tabla 24</b> Anexo: Emisiones de CO2 y PIB de los países de la OCDE .....	64
<b>Tabla 25</b> Anexo Ranking de los países más contaminantes por CO2 .....	65
<b>Tabla 26</b> Anexo: Emisiones de $CO_2$ (toneladas métricas per cápita) .....	66
<b>Tabla 27</b> Anexo PIB per cápita.....	67
<b>Tabla 28</b> Anexo Importaciones de bienes y servicios (% del PIB) .....	68
<b>Tabla 29</b> Anexo Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB) .....	68
<b>Tabla 30</b> Anexo Población total de los países miembros de la OCDE.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Gráfico 1:</b> Emisiones de <i>CO2</i> (toneladas métricas per cápita) .....	16
<b>Gráfico 2:</b> Emisiones Históricas de <i>CO2</i> (toneladas métricas per cápita) en Estados Unidos .....	26
<b>Gráfico 3:</b> Emisiones Históricas de <i>CO2</i> (toneladas métricas per cápita) en Canadá.....	27
<b>Gráfico 4:</b> Emisiones Históricas de <i>CO2</i> (toneladas métricas per cápita) en Alemania .....	28
<b>Gráfico 5:</b> Emisiones Históricas de <i>CO2</i> (toneladas métricas per cápita) en Japón.....	28
<b>Gráfico 6:</b> Emisiones Históricas de <i>CO2</i> (toneladas métricas per cápita) en Australia .....	29
<b>Gráfico 7:</b> Histograma Emisiones de <i>co2</i> .....	70
<b>Gráfico 8:</b> Correlograma <i>CO2</i> .....	70
<b>Gráfico 9:</b> Histograma PIB per cápita .....	71
<b>Gráfico 10:</b> Correlograma PIB per cápita .....	71
<b>Gráfico 11:</b> Histograma población .....	71
<b>Gráfico 12:</b> Correlograma Población.....	72
<b>Gráfico 13:</b> Histograma Exportaciones .....	72
<b>Gráfico 14:</b> Correlograma Exportaciones.....	72
<b>Gráfico 15:</b> Histograma Importaciones .....	73
<b>Gráfico 16:</b> Correlograma Importaciones.....	73

## RESUMEN

Esta investigación examina cómo el crecimiento económico, medido a través del PIB per cápita afecta las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en los 38 países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). El objetivo de esta investigación es verificar la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Se recopilaron datos del Banco Mundial y la IEA en el periodo comprendido desde 1995 a 2018 y se desarrollaron dos modelos econométricos, partiendo de la hipótesis de CKA convencional y extendiéndonos a una versión extendida de la CKA. Los resultados muestran que, en los países de la OCDE, se confirma la hipótesis de la CKA, lo que implica que existe un nivel de ingresos a partir del cual las emisiones de  $CO_2$  tienden a disminuir. Además, al aplicar nuevas variables a la ecuación como el crecimiento de la población, las exportaciones, e importaciones, se descubrió que las exportaciones a medida que van aumentando ocasionan una disminución de las emisiones de  $CO_2$ , posiblemente debido a regulaciones ambientales más estrictas que incentivan a los productores a innovar y mejorar su eficiencia económica y ecológica. Por otro lado, al aplicarse un estudio de cointegración se encontró que las series de tiempo en el panel no están relacionadas a largo plazo y no hay relaciones de cointegración significativas entre ellas.

**Palabras claves:** Curva de Kuznets, deterioro ambiental,  $CO_2$ , PIB<sub>per cápita</sub> OCDE

## ABSTRACT

The main objective of this research study was to examine how economic growth, as measured by GDP per capita, affects carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in the 38 member countries of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). The objective of this research is to verify the Environmental Kuznets Curve (ECC) hypothesis. Data were collected from the World Bank and the IEA over the period from 1995 to 2018 and two econometric models were developed, starting from the conventional ECC hypothesis and extending to an extended version of the ECC. The results show that, in OECD countries, the ECC hypothesis is confirmed, implying that there is an income level at which CO<sub>2</sub> emissions tend to decrease. Furthermore, by applying new variables to the equation such as population growth, exports, and imports, it was found that as exports increase, CO<sub>2</sub> emissions decrease, possibly due to stricter environmental regulations that encourage producers to innovate and improve their economic and ecological efficiency. On the other hand, a cointegration study found that the time series in the panel are not related in the long run and there are no significant cointegration relationships between them.

**Keywords:** Kuznets curve, environmental degradation, CO<sub>2</sub>, GDP (per capita), OECD



dirigido electrónicamente por:  
MARCO ANTONIO  
AQUINO ROJAS

### Reviewed by:

Mgs. Marco Antonio Aquino

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 1753456134

# CAPÍTULO I

## 1.1 Introducción

A lo largo de los años, se ha observado un creciente interés tanto por parte de la población como de los gobiernos en la protección del medio ambiente. Este interés se ha intensificado a raíz de numerosas investigaciones científicas que han documentado variaciones climáticas significativas, tales como alteraciones en la temperatura, sequías, inundaciones e incendios, entre otros eventos. Estos sucesos han acarreado pérdidas tanto económicas como humanas. Esta situación ha impulsado a diversas personas a investigar y analizar los posibles factores que contribuyen a estos cambios, siendo la actividad humana la causa más directa de las alteraciones ambientales, ya que se empeña en satisfacer necesidades ilimitadas sin tener en cuenta los efectos perjudiciales sobre el medio ambiente (ONU, 2021).

La degradación ambiental se ha convertido en uno de los problemas más complejo e importante de la humanidad, que resulta urgente resolver debido a los efectos negativos en la salud de la población y en el ecosistema. Estos efectos pueden llevar a cambios esenciales en la actividad humana. Por ello, la ciencia económica debe plantear alternativas de solución con un enfoque sistémico (Moreno, 2018).

Desde principios de 1990, se ha estudiado la llamada curva ambiental de Kuznets (*CAK*) en diferentes contextos. Esta curva explica la relación de U invertida entre el  $CO_2$  y el ingreso per cápita, y tiene implicaciones prometedoras para hacer que el crecimiento sea sostenible en el futuro. La *CAK* es un hallazgo empírico que muestra que los niveles de emisión de un determinado contaminante al medio ambiente, o sus niveles de concentración en el medio ambiente, los cuales aumentan primero a medida que aumenta el ingreso per cápita de un país o una ciudad a lo largo del tiempo, después de alcanzar un máximo disminuyen a medida que el ingreso per cápita continúa creciendo. Grossman y Krueger (1991), fueron quienes describieron por primera vez la *CAK*, es así que, otros autores han sido optimistas sobre la promesa implícita contenida en la relación de U invertida estimada para algunos contaminantes en diferentes países o ciudades.

Estos autores tienen la expectativa de que un crecimiento económico frenaría de alguna manera el aumento de la degradación ambiental provocada generalmente por el aumento de la producción y la actividad económica. Sin embargo, Panayotou (1997) y Figueroa y Pastén (2009) se muestran escépticos al respecto, ya que la relación de la 'U' invertida existe solo para algunos contaminantes, mientras que otros contaminantes muestran una relación positiva con la actividad económica o los ingresos, como el  $CO_2$  y el metano. Estos dos gases han sido señalados como dos de los principales gases de efecto invernadero responsables del cambio climático.

Por ende, aprender más sobre la *CAK*, sus determinantes y los diferentes contextos institucionales en los que existe ha sido un importante desafío de investigación en los últimos años. Como resultado, se han publicado varios estudios empíricos sobre la *CAK* para diferentes países y diferentes tipos de contaminantes. Sin embargo, un inconveniente crucial de la mayoría de los estudios entre países que prueban empíricamente la presencia de una *CAK* es su suposición de que los coeficientes de la relación U invertida son los mismos para todos los países, lo que implica que la forma esperada de la *CAK* es la misma para todos los países y el punto de inflexión previsto en el ingreso también es el mismo para todos los países.

No obstante, debido a que los países difieren significativamente en factores políticos, sociales, económicos y biofísicos, se debe esperar que diferentes países muestren diversos patrones en la relación entre el medio ambiente (o diferentes niveles de contaminantes) y los ingresos. Por lo tanto, suponer que los coeficientes *CAK* son constantes entre países es engañoso en la mayoría de los casos. Para abordar este problema, algunos trabajos utilizan modelos de efectos fijos. Sin embargo, estos modelos asumen que las intersecciones son diferentes, pero aún asumen una pendiente constante para todos los países. Dado que la *CAK* es una relación cuadrática, la forma implícita y el punto de inflexión de las predicciones de la *CAK* permanecen constantes en el estado.

Además, el estudio de la *CAK* no ha escapado a la controversia. Gran parte de las críticas hacia esta hipótesis proviene de la falta de robustez en los diferentes análisis, debido a la alta sensibilidad de los resultados a la técnica econométrica de estimación y al sesgo que puede introducir la falta de consideración de ciertos fenómenos. Resulta sorprendente cómo muchos estudios han abordado esta relación sin profundizar en el análisis de la cointegración entre el crecimiento económico y las emisiones de  $CO_2$ . Dado que ambas variables muestran raíces unitarias, se hace necesario evaluar la posible existencia de relaciones de cointegración entre ellas, sin importar la especificación utilizada (Iglesias et al., 2013).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (*OCDE*) es una organización internacional intergubernamental que reúne a los países más industrializados, y cuenta con sus propias estadísticas y este organismo ha apoyado a sus países miembros para alcanzar estándares globales en áreas como la gobernanza, la lucha contra la corrupción, la responsabilidad corporativa, el desarrollo, la inversión internacional, el medio ambiente, entre otras (BCE, 2019).

Esta investigación constata la presencia de una *CAK* utilizando datos obtenidos del Banco Mundial y de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). El contaminante que se estudia en este trabajo es el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), lo que permite comparar los resultados obtenidos con varios trabajos que han estudiado la presencia de un *CAK*. Por consiguiente, el propósito de esta investigación es verificar si se cumple la hipótesis de la *CAK* en los países de la *OCDE*. Esto se va a verificar mediante el uso de un enfoque de datos panel y cuenta con diferentes variables como las emisiones de  $CO_2$ , el PIB per cápita y otras

variables causantes del comportamiento de las emisiones de  $CO_2$  como es el caso del aumento del número de la población y el crecimiento de las exportaciones e importaciones.

## 1.2 Planteamiento del Problema

¿Qué relación hay entre el crecimiento económico y la degradación ambiental provocada por el  $CO_2$ ?

¿Es posible lograr un equilibrio sostenible entre el crecimiento económico y la preservación del medio ambiente, o existe un punto crítico en el que el deterioro ambiental no puede detenerse a medida que aumenta el crecimiento económico?

¿En qué medida los países desarrollados muestran una mayor conciencia y acción hacia el deterioro ambiental en comparación con otros países, y cuáles son las iniciativas que han implementado para abordar este problema?

La conservación del medio ambiente y el cambio climático en los últimos años ha tomado relevancia como tema de investigación, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 24% de la carga mundial de morbilidad son atribuibles a factores medioambientales. La contaminación del aire es el factor de riesgo más significativo para las muertes prematuras, contribuyendo a aproximadamente una de cada diez muertes en todo el mundo. Además, esta situación genera importantes pérdidas tanto en términos de bienestar como de ingresos.

La degradación ambiental puede ser provocada por el  $CO_2$ . El  $CO_2$  es uno de los principales gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera debido a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles. El aumento de la concentración de  $CO_2$  en la atmósfera puede contribuir al cambio climático y a la degradación del medio ambiente.

La relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental provocada por el  $CO_2$  está representada por la *CAK*. Según esta teoría, inicialmente, a medida que un país experimenta un aumento en su ingreso per cápita, las emisiones de  $CO_2$  también aumentan. Sin embargo, existe la posibilidad de que después de alcanzar cierto nivel de crecimiento, la degradación ambiental disminuya debido a políticas ambientales más estrictas, tecnologías más limpias y conciencia ambiental.

Las emisiones de  $CO_2$  juegan un papel importante en la degradación ambiental, es por ello que es importante estudiar la relación entre estas emisiones y el PIB per cápita, especialmente desde una perspectiva histórica (Churchilla et al., 2018). La hipótesis de la *CAK* plantea que el crecimiento económico, medido por del ingreso per cápita (PIB per cápita), y el deterioro ambiental, medido por el  $CO_2$  tienen una relación de “U” invertida, es

decir, que el  $CO_2$  aumenta con el crecimiento económico, pero luego de cierto punto ocurre un decrecimiento a partir de un nivel crítico de ingreso (Catalán, 2014).

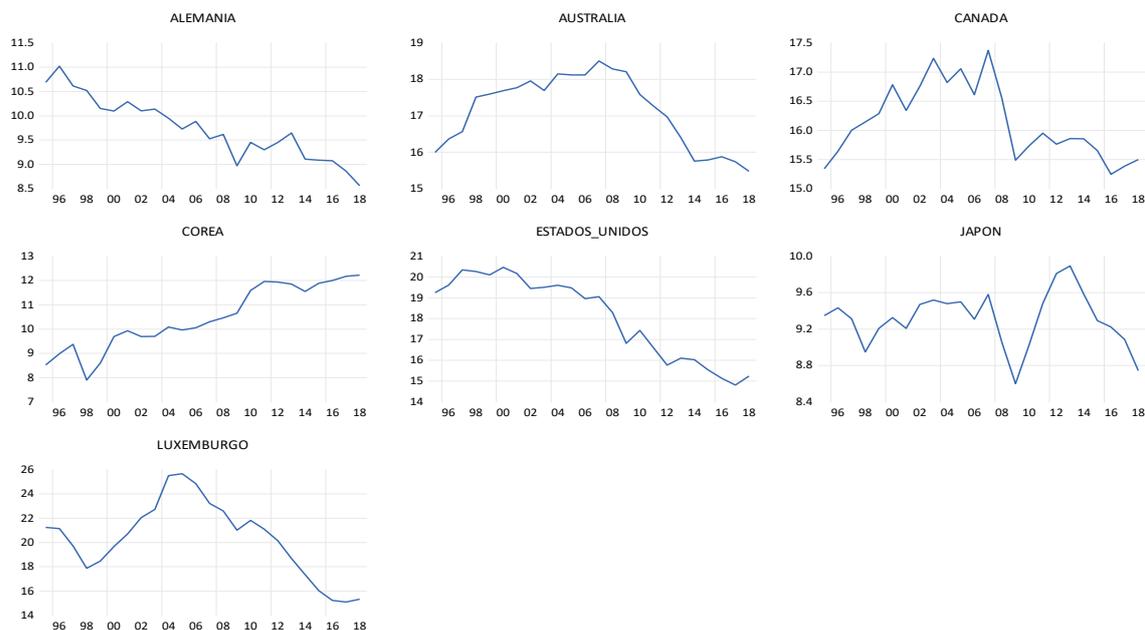
Según la teoría de la CAK, existe la posibilidad de un punto de inflexión en el que el deterioro ambiental se detenga o incluso disminuya a medida que aumentan los ingresos per cápitas. Sin embargo, este punto de inflexión puede variar según el país y las políticas implementadas para abordar el deterioro ambiental.

El último informe de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) señaló que, en 2018, la concentración de  $CO_2$  en la atmósfera alcanzó un máximo histórico. Numerosos artículos publicados que discuten la relación entre la degradación ambiental, la salud y el calentamiento global muestran que, la humanidad se enfrenta a un número creciente de enfermedades que, a largo plazo, pueden incluso causar la muerte, especialmente en pacientes con enfermedades crónicas y niños. Específicamente, la concentración alcanzó las 407,8 partes por millón (ppm), así un 47% más que en el período preindustrial anterior a 1750 (OMM, 2019).

Muchos países desarrollados han mostrado una mayor conciencia sobre la degradación ambiental y han implementado políticas y tecnologías para mitigarlo. Sin embargo, también es importante tener en cuenta que el nivel de conciencia ambiental y las medidas para abordar el deterioro varían ampliamente entre los países desarrollados. Además, muchos países en desarrollo también están intensificando sus esfuerzos para abordar problemas ambientales debido a la creciente conciencia global sobre la importancia de la sostenibilidad.

En la Gráfica 1 se pueden apreciar siete de los países más ricos, los cuales ocupan un lugar destacado en las emisiones per cápita actuales de  $CO_2$ . En contraste, los países de ingresos bajos y medianos tienen las emisiones más bajas. Incluso dentro de cada país, las personas relativamente ricas generan la mayor parte de las emisiones de carbono.

**Gráfico 1:** Emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita)



**Nota:** se tomaron en cuenta a los 7 países que tuvieron altas emisiones de carbono en el 2018; los datos recogidos para el gráfico fueron obtenidos del Banco Mundial.

Por ejemplo, Alemania (país miembro de la OCDE desde 1961) a pesar de ser un país desarrollado, tiene las emisiones de CO<sub>2</sub> más altas de Europa. Como resultado, una cuarta parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Unión Europea (UE) provienen de Alemania. Por otro lado, Francia (miembro de la OCDE desde 1961) destaca en el ranking debido a la principal fuente de energía del país, la energía nuclear. Los países con las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita más altas frecuentemente muestran una relación proporcional diferente entre el número de residentes y las tasas de contaminación en comparación con los países de la clasificación anterior. Encontramos casos en los que países escasamente poblados tienen industrias o economías muy fuertes debido a fuentes de energía altamente contaminantes, como el petróleo, lo que los convierte en relativamente más contaminantes.

Es por ello que, a pesar de los esfuerzos realizados por la OCDE mediante políticas de reducción de emisiones, no se ha logrado mitigar de manera efectiva estas emisiones, y estos países siguen estando en la lista de los principales emisores CO<sub>2</sub>. Sin embargo, es importante destacar la OCDE adoptó el uso de tecnologías más limpias y eficientes, la promoción de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética.

### 1.3 Justificación

La situación medioambiental que está experimentando el mundo es motivo de gran preocupación, según los informes de la BBC (2021). El cambio climático está alcanzando su punto crítico y en algunos lugares del mundo ya se ha convertido en una realidad. Este

cambio ambiental ha afectado la productividad de varios países debido a eventos como inundaciones o incendios que dañan sus productos (BBC, 2021). En la actualidad, el cuidado del medio ambiente es de vital importancia, ya que los recursos naturales se han deteriorado debido a la actividad humana. Por esta razón, existen organizaciones encargadas de proteger el medio ambiente, prestando especial atención a las especies en peligro de extinción.

El análisis de la curva de Kuznets señala que, a corto plazo, el crecimiento económico genera un mayor deterioro ambiental, pero, a medida que las economías se vuelven más prósperas, cuidan mejor el medio ambiente. Por lo tanto, este análisis permite actuar de manera oportuna frente al daño ambiental causado, ya que en la mayoría de los casos el deterioro ambiental presenta un alto grado de irreversibilidad (Correa et al., 2005).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Verificar bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets la existencia de una relación entre el dióxido de carbono y el crecimiento económico los países de la *OCDE*.

### **1.4.2 Específicos**

- Analizar el comportamiento ambiental de los países de la *OCDE* luego de su adhesión a esta organización.
- Determinar el efecto del aumento del PIB per cápita, como indicador de crecimiento económico en la degradación ambiental de los países de la *OCDE*.
- Especificar que tanto afectan otras variables como población, importación, y exportación, al incremento del contaminante  $CO^2$  en los países miembros de la *OCDE*.

## CAPITULO II

### 2 Marco teórico

#### 2.1 Antecedentes:

El modelo de la "U invertida" muestra que la degradación ambiental aumenta a medida que el ingreso per cápita aumenta, pero llega a un punto donde se vuelve negativo. La curva de la CKA muestra cómo la gente valora más los bienes y servicios ambientales a medida que su ingreso aumenta, pero luego disminuye después de alcanzar un cierto nivel de crecimiento económico (Sánchez y Caballero, 2019).

La existencia de la CAK ha sido un tema relevante y objeto de frecuentes estudios. En la Tabla 1, se resumen algunas de las investigaciones realizadas sobre este tema. Estos hallazgos ayudan a identificar variables importantes que podrían influir en la determinación de la CKA. Como se podrá ver en la Tabla 1, algunos estudios utilizan el método de panel para analizar la hipótesis de la CAK.

**Tabla 1** Antecedentes Curva Ambiental de Kuznets

Autor	Periodo	Países	Metodología	Resultado
Grossman and Krueger (1991)	1977,1982, 1988	NAFTA	Datos de panel	Existe CAK
Cole (1997)	1970-1992	11 países de la OCDE	Datos de panel	Existe CAK
Galeotti, et al (2006)	1950-1997	24 países	Datos de panel	Existe CAK
Li, et al (2007)	1992-2005	141 países	Meta-análisis	Existe CAK
Mor y Jindal (2012)	1997-2008	39 países del protocolo de Kyoto	Datos de panel	Existe CAK
Cho (2014)	1971-2000	22 países	MCO modificados	Existe CAK
Parra (2016)	1995-2011	34 países OCDE	Datos de panel	Existe CAK
Sanches y Caballero (2017)	1980-2015	Países de América latina y el Caribe	Datos de panel	Existe CAK

**Nota:** Elaboración propia con información obtenida de Sánchez et al. (2019) y Şenay, Aykut (2017).

La Tabla 1 muestra diferentes investigaciones que analizan los efectos del ingreso en las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, el dióxido de azufre y el óxido de nitrógeno, así como otros impactos ambientales, como la deforestación y la contaminación del aire, en diferentes niveles geográficos o grupos de países utilizando diversas metodologías econométricas. La mayoría de los estudios realizados sobre las emisiones de  $CO_2$  per cápita indican la presencia de la CKA en la

mayoría de los países analizados, excepto en algunos estudios específicos (Sánchez y Caballero, 2019).

En el año 2014, Duro, Teixidó Figueras y Padilla llevaron a cabo un análisis sobre las desigualdades en la intensidad de las emisiones de  $CO_2$ , junto con los factores que las explican, con el objetivo de informar el diseño de políticas para los países. Utilizaron datos a nivel global proporcionados por la IEA y aplicaron diversas metodologías, incluyendo técnicas de agrupación, suma y multiplicación, así como la técnica de descomposición. Sus hallazgos revelaron que la reducción en la intensidad de las emisiones estaba asociada a una disminución evidente en su variabilidad a nivel internacional. La principal fuente de desigualdad se encontraba entre los distintos grupos considerados, lo que significa que, si el crecimiento económico superaba las expectativas, esto se traduciría en una reducción por debajo de las emisiones esperadas. Cabe destacar que estos autores fueron pioneros en aplicar la técnica de descomposición para medir la desigualdad en las emisiones (Parra, 2016).

En 2015, Ben Jebli y Ben Youssef desarrollaron un modelo basado en la hipótesis de la *CAK* para investigar la relación entre el comercio, el PIB y las emisiones de  $CO_2$  y la energía no renovable. A pesar de sus esfuerzos, no encontraron evidencia a largo plazo que respaldara esta relación unidireccional. El estudio fue en Túnez, buscando entender cómo se relacionan las emisiones de  $CO_2$  con el PIB, el consumo de energía renovable y no renovable, así como el comercio internacional. Sus resultados a largo plazo indicaron que tanto la energía no renovable como el comercio tenían un impacto positivo en las emisiones de  $CO_2$ , en última instancia, concluyeron que Túnez aún no había alcanzado el nivel necesario de PIB per cápita para observar una *CAK* en forma de U invertida (Parra, 2016).

Apergis y Ozturk en el año 2015 investigaron cómo el ingreso y las políticas en 14 países asiáticos influyen en la relación entre el ingreso y las emisiones ambientales. Su objetivo fue probar la hipótesis de la *CAK* para estos países asiáticos mediante un análisis de panel. En su modelo multivariado, consideraron emisiones de  $CO_2$  per cápita, PIB per cápita, población, superficie de tierra, contribución industrial al PIB y cuatro indicadores de calidad institucional. Las estimaciones mostraron signos esperados y fueron estadísticamente significativas en términos de la presencia de una relación en forma de U invertida entre las emisiones y el ingreso per cápita. Estos resultados respaldan teóricamente la existencia de la hipótesis de la *CAK*. Indicaron que la degradación ambiental aumenta con el PIB per cápita durante las primeras etapas del crecimiento económico y luego disminuye después de alcanzar cierto nivel de PIB per cápita (Parra, 2016).

En otro enfoque, Al-Mulali, Saboori y Ozturk en el año 2015 comenzaron su investigación con la premisa de que el aumento del ingreso en un país también aumenta la demanda pública de una mejor calidad ambiental, lo que lleva a un mayor esfuerzo gubernamental por mejorar esta calidad. Para su modelo, consideraron variables como el PIB per cápita, el capital, la fuerza laboral, las exportaciones y las importaciones. Los

resultados revelaron que esta hipótesis no se cumple en Vietnam, ya que el aumento del capital está asociado con un aumento en la contaminación. Además, las importaciones también se correlacionan con un aumento en la contaminación, indicando que muchos productos importados por Vietnam son altos consumidores de energía y altamente contaminantes. Curiosamente, las exportaciones no muestran ningún efecto significativo sobre la contaminación, sugiriendo que el nivel de exportaciones no es lo suficientemente importante como para impactar significativamente en los niveles de contaminación del país (Parra, 2016).

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1 Crecimiento económico**

Según autores como Barro y Sala i Martín (2018) explican que “los economistas clásicos como Adam Smith, David Ricardo, Thomas Malthus y Frank Ramsey, entre otros, contribuyeron significativamente a los fundamentos que se encuentran en las teorías contemporáneas del crecimiento económico” (p. 15). Estas ideas abarcan los conceptos esenciales de la dinámica del comportamiento competitivo y del equilibrio, así como el papel de los rendimientos decrecientes y su conexión con la acumulación de capital físico y humano. También exploraron la relación entre el ingreso per cápita y la tasa de crecimiento de la población.

El crecimiento económico se considera un factor clave para el desarrollo humano, siempre y cuando genere igualdad de oportunidades para todos. En caso de que no lo logre directamente, al menos debería permitir la existencia de mecanismos institucionales que fomenten la igualdad y la libertad, promoviendo así el desarrollo mediante acciones a nivel nacional (Márquez, 2020).

Por otra parte, se argumenta que el crecimiento económico tiene consecuencias significativas para el bienestar de las personas. Autores como Barro y Sala i Martín (2018) sostienen que “de hecho el crecimiento es probablemente el factor que por sí solo tiene una mayor influencia sobre los niveles de la vida individuales” (p. 6) Por lo tanto, comprender los factores que determinan el crecimiento económico es fundamental para mejorar los estándares de vida de la población y, por ende, reducir la pobreza a nivel mundial.

Para medir su nivel de crecimiento se utiliza el producto interno bruto el cual cuantifica las actividades productivas, y se obtiene sumando el valor de todos los bienes y servicios de consumo final producidos en un año, es decir, no se utilizan para producir otra cosa.

## 2.2.2 Degradación ambiental y cambio climático

La degradación ambiental es un proceso mediante el cual el medio ambiente natural se ve comprometido de alguna manera, reduciendo la diversidad biológica y la salud general del medio ambiente. Según Nadal y Aguayo (2020) “El impacto negativo de las actividades humanas en el medio ambiente es la externalidad negativa del crecimiento económico y demográfico. Sin embargo, en estas amplias razones, las fuerzas económicas endógenas están jugando un papel, que es productivo y financiero” (p. 8).

Este proceso puede ser de origen completamente natural, o puede ser acelerado o causado por actividades humanas (Leff, 2013). En otras palabras, la degradación ambiental es la desintegración de la tierra o el deterioro del medio ambiente por el consumo de activos, por ejemplo, aire, agua y suelo; la destrucción del medio ambiente y la erradicación de la vida silvestre. Se caracteriza como cualquier cambio o agravación del césped natural que se considera pernicioso o indeseable. El efecto o degradación ecológica se crea mediante la consolidación de una población humana sustancial y en expansión, en constante expansión, el desarrollo monetario o la fortuna per cápita y la aplicación de tecnología contaminante y agotadora de activos.

El cambio climático es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima. Puede ser causado por factores naturales, como variaciones en la energía proveniente del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos, entre otros, o por influencia antrópica, es decir, causado por actividades humanas (Cambio Climático Global, 2021). Entre estas actividades, se destaca la emisión de gases como el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y otros que atrapan calor, así como la alteración del uso del suelo, lo que contribuye al calentamiento global.

Indudablemente, las actividades humanas son la principal causa del calentamiento global. El uso de combustibles fósiles para generar energía eléctrica y térmica conlleva la emisión de contaminantes perjudiciales para la salud. La combustión, extracción, elaboración y transporte de estos combustibles liberan gases a la atmósfera, que contribuyen al efecto invernadero.

Desde la revolución industrial, la quema de combustibles a base de carbono ha llevado a un rápido aumento en las concentraciones de  $CO_2$  en la atmósfera. Esto ha contribuido al acelerado calentamiento global y al cambio climático. Además, esta emisión de gases también es una causa significativa de la acidificación de los océanos, ya que el  $CO_2$  se disuelve en el agua formando ácido carbónico (Elcacho, 2019).

La adición de gases de efecto invernadero de origen humano a la atmósfera perturba el equilibrio natural de la Tierra. Como resultado, estamos experimentando un aumento en la temperatura de la superficie terrestre y sus efectos asociados en el clima, como eventos

climáticos extremos. También se está observando un aumento en el nivel del mar y se están produciendo impactos significativos en la agricultura a nivel mundial.

### **2.2.3 Crecimiento económico y degradación ambiental**

A lo largo de los años, se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre el cambio climático, muchas de las cuales buscan comprobar la relación en forma de U invertida en las emisiones contaminantes. Lamentablemente, tanto a nivel nacional como internacional, la política económica suele pasar por alto las cuestiones medioambientales. El uso irresponsable de los recursos naturales resulta en una reducción de su capacidad de regeneración, lo que a su vez limita la capacidad del planeta para generar recursos. Es evidente que esta situación tiene grandes impactos en el medio ambiente. Sin lugar a dudas, es un problema que se ha venido manifestando desde hace años y que seguirá persistiendo si no se toman medidas al respecto (Arrow et al., 1995).

El cambio climático global evidencia las desigualdades económicas y sociales presentes en el mundo. A pesar de que los tratados climáticos otorgan a los países desarrollados la responsabilidad de resolver el problema debido a su histórico mayor consumo y emisiones en comparación con los países en desarrollo, esto no ha sido suficiente. La situación es alarmante a nivel mundial, y se requerirán medidas adicionales para abordar las consecuencias del cambio climático, considerando los beneficios sociales, económicos y políticos

López (2011) señala que en las últimas décadas ha surgido un creciente interés y una gran preocupación sobre la relación entre la economía y el medio ambiente. Es evidente que, a partir de la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, el problema del cambio climático se ha convertido en un punto de referencia y ha generado amplio debate. Este tema controvertido ha ganado importancia en la agenda global.

Resulta evidente que el problema de la degradación ambiental adquiere importancia, ya que las acciones contaminantes de una persona no solo la afectan a ella misma, sino que también pueden tener impactos geográficos en otros lugares. En este sentido, el cambio climático se convierte en un problema global debido a los cambios en la temperatura de la Tierra, que son consecuencia de las actividades económicas de los países. Estas actividades incluyen la producción industrial, el transporte, la generación de energía y la gestión de residuos (López, 2013).

Según Cabrera (2019), una de las principales consecuencias del crecimiento económico es la producción masiva de bienes y servicios, lo cual implica un aumento en el consumo y la producción. Sin embargo, esta perspectiva no toma en cuenta los daños ambientales causados por la actividad industrial.

Es importante destacar que el aumento de la degradación ambiental y el rápido crecimiento de la población representan una amenaza para el suministro y la sostenibilidad de los recursos en el futuro. Esta situación ha dado lugar al surgimiento de varias teorías que exploran la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental, como la conocida hipótesis medioambiental de Kuznets. Según esta hipótesis, en presencia de un crecimiento económico, en una primera fase el daño ambiental tiende a aumentar, pero posteriormente alcanza un equilibrio y se reducirá (Sánchez & Caballero, 2019)

### 2.3 Curva de Kuznets

La hipótesis de la curva de Kuznets toma su nombre de Simon Kuznets, quien inicialmente propuso que la desigualdad de ingresos aumenta y luego disminuye a medida que se desarrolla la economía (Catalán, 2014). Alejo (2012, como se citó en Ayaviri y Medina, 2017), menciona que la conjetura de Kuznets propone que existe una relación de U invertida entre el nivel de desigualdad y el desarrollo económico, es decir plantea que en el proceso económico de un país o región existe una primera etapa de subdesarrollo en la cual la desigualdad de ingresos es baja, luego una etapa posterior de crecimiento en donde surge una mayor tensión distributiva para finalmente pasar al desarrollo económico con mejoras en la equidad.

Por otro lado, la teoría de la CAK propone que, al igual que la desigualdad de ingresos, la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental sigue una forma de curva invertida. Inicialmente, a medida que un país experimenta un crecimiento económico y aumenta su nivel de ingresos per cápita, es probable que se produzca un incremento en la degradación ambiental. Sin embargo, una vez que se supera cierto umbral de desarrollo, se espera que la relación se invierta y la degradación ambiental comience a disminuir (Grossman & Krueger, 1993).

En el contexto de la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental, se reconoce que existe una presión tanto en la oferta como en la demanda de recursos naturales y energéticos, especialmente los provenientes de fuentes fósiles. Esta presión lleva a una mayor degradación y contaminación ambiental durante el proceso de industrialización. La hipótesis de la CAK sugiere que una vez que se alcanza un nivel suficientemente alto de desarrollo económico, las sociedades tienen la capacidad y los recursos para implementar políticas y tecnologías que reduzcan la degradación ambiental y protejan los recursos naturales (Grossman & Krueger, 1995).

El comienzo de la CAK parte de un modelo donde la economía es perfectamente competitiva y en el siguiente escenario se consideran las imperfecciones del mercado. La relación entre los beneficios netos ( $BL$ ), los beneficios ( $B$ ) y los costos ( $C$ ) con el ingreso per cápita ( $Y$ ) y la calidad ambiental ( $E$ ) se puede representar de la siguiente manera:

$$MaxBL = B(E, Y) - (E, Y) \quad (1)$$

En este contexto, el nivel de ingreso per cápita ( $Y$ ) tiene un impacto en los beneficios y los costos. A medida que el ingreso per cápita aumenta, es probable que los beneficios también aumenten, ya que las personas tienen más capacidad adquisitiva y demandan más bienes y servicios. Sin embargo, el incremento del ingreso per cápita también puede generar mayores costos, especialmente en términos de degradación ambiental.

La calidad ambiental ( $E$ ), o el nivel de degradación ambiental, también influye en los beneficios y los costos. A medida que la calidad ambiental se deteriora, los costos asociados con la degradación aumentan. Estos costos pueden estar relacionados con la salud, la mitigación de la degradación y la restauración ambiental. Por otro lado, una mejor calidad ambiental puede generar beneficios, como una mayor calidad de vida, la conservación de los recursos naturales y la protección de la biodiversidad.

Es importante tener en cuenta que la relación entre el ingreso per cápita y la degradación ambiental pueden variar según el contexto y las condiciones específicas de cada país o región. Los estudios que analizan la relación entre las emisiones per cápita de contaminantes y el ingreso per cápita, con el objetivo de evitar errores estadísticos, han encontrado que las emisiones per cápita aumentan a medida que aumenta el ingreso per cápita, manteniendo constantes otros factores. No obstante, los cambios en estos otros factores pueden ser suficientes para reducir la contaminación. En los países ricos, el crecimiento es más lento y los esfuerzos de reducción de contaminantes pueden contrarrestar el efecto del crecimiento (Correa et al., 2005). Estos hallazgos económicos están respaldados por evidencia de que los problemas de contaminación se están abordando en las economías en desarrollo. Sin embargo, aún no hay consenso sobre los impulsores de los cambios en la contaminación.

## 2.4 OCDE

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es un Organismo Internacional de carácter intergubernamental del que forman parte 38 países miembros como se observa en la Tabla 2. La OCDE fue creada en 1960 con sede en París, para dar continuidad y consolidar el trabajo realizado por la antigua organización que se había constituido para canalizar la implementación del Plan Marshall. La OCDE sustituyó a ésta en la tarea de impulsar la reconstrucción y el desarrollo en el continente tras la Segunda Guerra Mundial.

**Tabla 2** Adhesión de los países a la OCDE

Países	Año de adhesión	Países	Año de adhesión	Países	Año de adhesión
Alemania	1961	Estados Unidos	1961	Lituania	2018
Australia	1971	Estonia	2010	Luxemburgo	1961
Austria	1961	Finlandia	1969	México	1994
Bélgica	1961	Francia	1961	Noruega	1961
Canadá	1961	Grecia	1961	Nueva Zelanda	1973
Chile	2010	Hungría	1996	Países Bajos	1961
Colombia	2020	Irlanda	1961	Polonia	1996
Corea	1996	Islandia	1961	Portugal	1961
Costa Rica	2021	Israel	2010	Reino Unido	1961
Dinamarca	1961	Italia	1962	República Checa	1995
Eslovenia	2010	Japón	1964	República Eslovaca	2000
España	1961	Letonia	2016	Suecia	1961
		Suiza	1961		
		Turquía	1961		

**Nota:** Datos tomados de la página web de la OCDE

El trabajo de la OCDE se centra, en el análisis del Desarrollo Económico y Social, así como de todas las políticas sectoriales que influyen en él. De ahí que su ámbito de actividad abarque no sólo el estudio y seguimiento de la situación económica y de las políticas económicas que se aplican en los diferentes países, sino también las cuestiones sociales, medioambientales, energía, educación, economía de la salud, actividades industriales y de servicios, comercio, ayuda al desarrollo, etc.

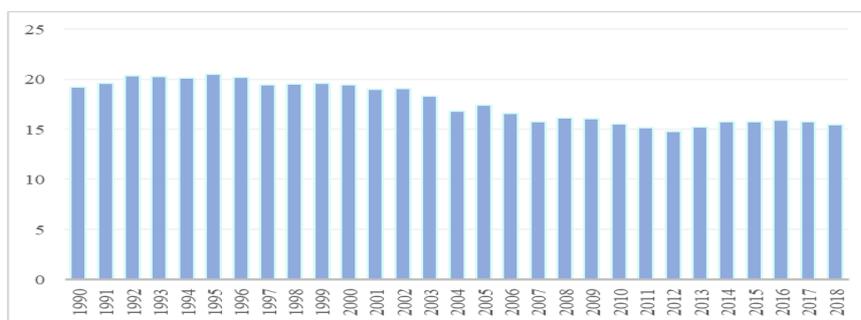
A lo largo de los años, se ha observado cómo nuevos países han ido ingresando a OCDE. Durante más de 60 años, esta organización ha brindado apoyo a sus países miembros para alcanzar estándares globales en diversas áreas, como gobernanza, lucha contra la corrupción, responsabilidad corporativa, desarrollo, inversión internacional, medio ambiente, entre otras. Además, otra razón por la cual elegí esta organización es debido a la facilidad de recolección de datos, ya que genera estadísticas relacionadas con economía, comercio, empleo, educación, salud, temas sociales, migración, medio ambiente y muchos otros campos. Según Parra (2016) “las emisiones globales de dióxido de carbono han aumentado en un 92% desde 1971”, o un promedio de 1.9% por año, y se espera que aumenten otro 54% para 2030, o en un 1.8% por año (OECD, 2009).

### **Actitudes ecológicas de las naciones pertenecientes a la OCDE.**

La OCDE cuenta con 38 países que colaboran en temas económicos, ambientales y sociales, sin embargo, aun con los esfuerzos por parte de la organización para mitigar las emisiones de  $CO_2$  existen algunos países miembros de la OCDE que históricamente han tenido niveles más altos de emisiones de  $CO_2$ . Investigando a cerca de estos países destacamos lo siguiente:

**Estados Unidos:** es una de las economías más grande del mundo, este país ha sido históricamente uno de los mayores emisores de  $CO_2$ . Sin embargo, en los últimos años, ha habido esfuerzos para reducir sus emisiones. Estados Unidos ha tomado un sin fin de medidas para controlar las emisiones de  $CO_2$  y abordar el cambio climático.

**Gráfico 2:** Emisiones Históricas de  $CO_2$  (toneladas métricas per cápita) en Estados Unidos



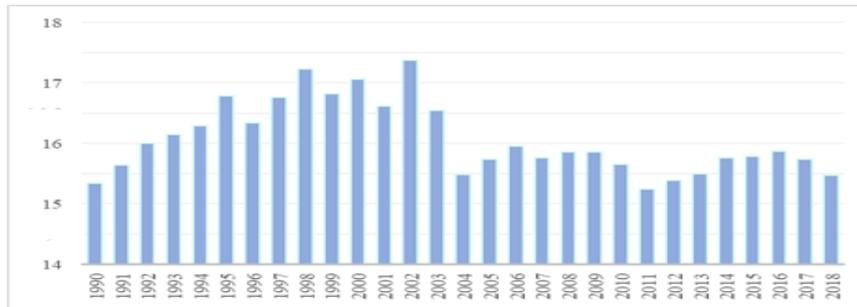
**Nota:** La gráfica fue elaborada por el autor con ayuda del programa Excel y con datos recuperados del Banco Mundial

En la Gráfica 2 se observa las variaciones de  $CO_2$ , aunque la política ambiental ha variado según las administraciones y los cambios políticos el objetivo es el mismo, por ejemplo, en la administración Obama se introdujo el Plan de Energía Limpia en 2015, que buscaba reducir las emisiones de  $CO_2$  de las centrales eléctricas existentes en un 32% para 2030, aunque después el plan enfrentó desafíos legales y fue revocado por la administración Trump; en 2016 el país se unió al Acuerdo de París, que busca limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 grados Celsius en comparación con los niveles preindustriales. No obstante, en 2017, bajo la administración Trump anunció su intención de retirarse del acuerdo. Finalmente, en 2021, la administración Biden reincorporó a Estados Unidos al Acuerdo de París.

Estados Unidos ha participado activamente en estos esfuerzos, colaborando con otros países de la OCDE para abordar cuestiones relacionadas con las emisiones de  $CO_2$ , la eficiencia energética y la transición hacia una economía baja en carbono. No obstante, y aun con esfuerzos por parte de Estados Unidos algunos estudios como los de Soyta (2007), sugieren que la desigualdad ha aumentado constantemente desde la década de 1970, lo que indica que la hipótesis de Kuznets no se cumple en este país.

**Canadá:** este país al tener una economía basada en recursos naturales, también ha tenido altas emisiones de  $CO_2$  debido a la extracción y producción de petróleo y gas.

**Gráfico 3** Emisiones Históricas de  $CO_2$  (toneladas métricas per cápita) en Canadá



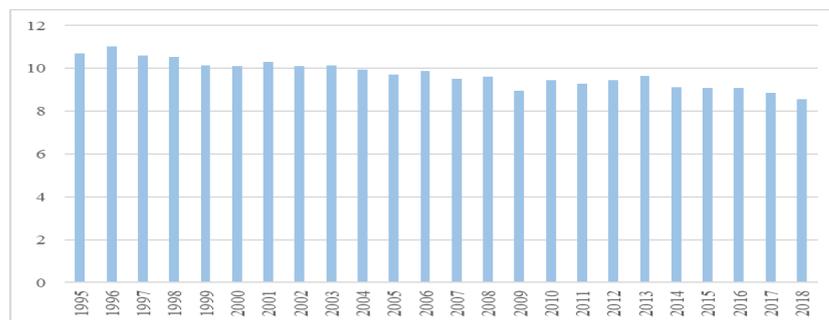
**Nota:** La gráfica fue elaborada por el autor con ayuda del programa Excel y con datos recuperados del Banco Mundial

En la Gráfica 3 se aprecia las variaciones de  $CO_2$  con el paso de los años, en tiempos recientes Canadá ha implementado varias acciones para controlar las emisiones de  $CO_2$  y aborda el cambio climático. Por ejemplo, ha establecido un sistema de precios del carbono, en el cual se aplica un costo a las emisiones de  $CO_2$ . Este mecanismo se ha implementado a nivel federal y en varias provincias del país. Además, ha promovido el desarrollo de fuentes de energía renovable, como la energía hidroeléctrica, la energía eólica y la energía solar.

En el caso de Canadá, algunos estudios sugieren que la hipótesis de Kuznets se cumple en cierta medida, ya que la desigualdad económica ha disminuido en las últimas décadas a medida que el país se ha desarrollado. Según Jie (2010) la desigualdad de ingresos en Canadá ha aumentado en las últimas décadas, lo que sugeriría que la hipótesis de Kuznets no se cumple en este caso. Sin embargo, otros estudios han observado una tendencia hacia una menor desigualdad en los últimos años y una baja emisión de  $CO_2$ , lo que podría indicar una posible confirmación de la hipótesis.

**Alemania:** ha realizado esfuerzos para desarrollar energías renovables, sin embargo, este país ha tenido altas emisiones debido a su dependencia de la energía a base de carbón y gas natural, es por ello que en la Gráfica 4 se puede atisbar una pequeña variación de sus emisiones de  $CO_2$ .

**Gráfico 4:** Emisiones Históricas de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita) en Alemania

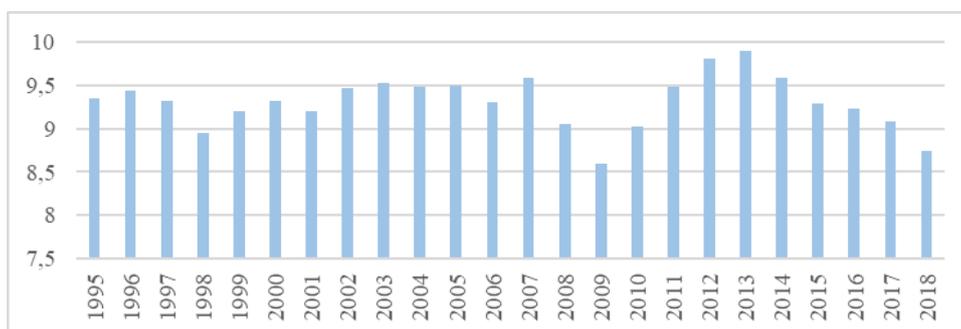


**Nota:** La gráfica fue elaborada por el autor con ayuda del programa Excel y con datos recuperados del Banco Mundial

Alemania implemento una política de transición energética que busca reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la participación de las energías renovables en su matriz energética. Por lo cual ha establecido objetivos ambiciosos para aumentar la producción de energía renovable y ha promovido la energía eólica, solar y biomasa, entre otras. Además, el país se comprometió a cerrar todas sus centrales eléctricas de carbón para 2038, con el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y promover una producción de energía más limpia. Este cierre gradual se realiza en paralelo con la expansión de las energías renovables.

**Japón:** antes del desastre nuclear de Fukushima en 2011, Japón dependía en gran medida de la energía nuclear. Tras el accidente, tuvo que aumentar su generación de electricidad a partir de fuentes fósiles, lo que ha llevado a mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Gráfico 5:** Emisiones Históricas de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita) en Japón



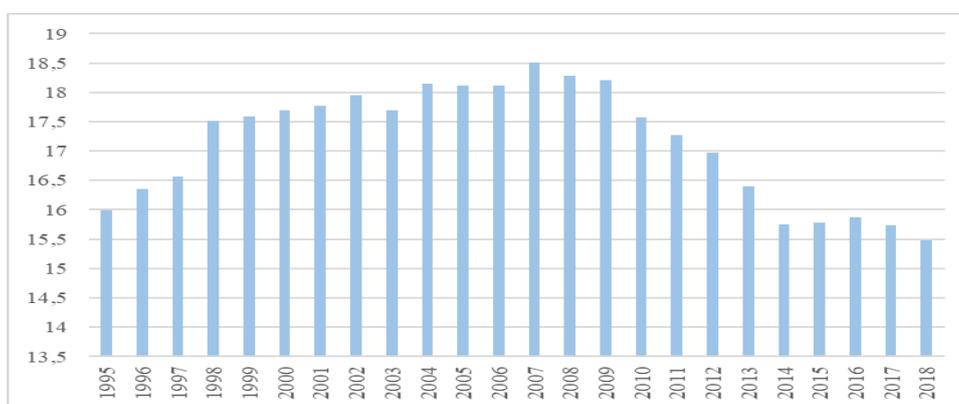
**Nota:** La gráfica fue elaborada por el autor con ayuda del programa Excel y con datos recuperados del Banco Mundial

Como se puede ver en la Gráfica 5 Japón desde el 2011 ha tenido una subida abrupta de emisiones de CO<sub>2</sub>, esto se debió a el desastre nuclear que trajo como consecuencia una disminución significativa en la generación de energía nuclear y un aumento en la generación a partir de fuentes fósiles, sin embargo, Japón ha establecido objetivos para aumentar la

participación de las energías renovables y ha promovido la inversión en energía solar, eólica y geotérmica; además ha implementado políticas y regulaciones para mejorar la eficiencia energética en sectores como la industria, el transporte y los edificios. Japón ha sabido trabajar en colaboración con otros países miembros en temas relacionados con la energía, el medio ambiente y la sostenibilidad. A través de la OCDE, Japón ha compartido conocimientos, buenas prácticas y experiencia en la implementación de políticas ambientales y ha participado en diálogos internacionales sobre el cambio climático.

**Australia:** basa su economía en gran medida en la extracción de carbón y gas natural, lo que ha resultado en altas emisiones de  $CO_2$  cómo se puede apreciar en la Gráfica 6.

**Gráfico 6:** Emisiones Históricas de  $CO_2$  (toneladas métricas per cápita) en Australia



*Nota:* La gráfica fue elaborada por el autor con ayuda del programa Excel y con datos recuperados del Banco Mundial

Australia para frenar las emisiones de  $CO_2$  ha implementado un esquema de precios del carbono conocido como "Esfuerzo Nacional de Reducción de Carbono" en 2012. Sin embargo, este sistema fue revocado en 2014 y reemplazado por un enfoque basado en subsidios y fondos para proyectos de reducción de emisiones. El país cuenta con un alto potencial para la generación de energía renovable y ha establecido objetivos ambiciosos para aumentar la participación de estas fuentes en su matriz energética.

El país australiano ha contribuido al desarrollo de informes y estudios relacionados con la sostenibilidad, la eficiencia energética y la mitigación del cambio climático. Australia ha sido un participante activo en los esfuerzos de la OCDE para abordar los desafíos ambientales y promover la transición hacia una economía más sostenible.

Sin embargo, aunque Australia ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, se sugiere que la hipótesis de Kuznets no se cumple de manera clara en el país, esto se debe principalmente a la desigualdad de ingresos que no ha disminuido de manera consistente en las últimas décadas además el país depende mucho de sus extracciones de carbón y gas.

## CAPITULO III

### 3. Metodología

#### 3.1 Método

Se realiza una investigación empírica de naturaleza cuantitativa. Este tipo de investigación implica el análisis de datos numéricos para encontrar patrones, relaciones y tendencias; además en la presente investigación se emplea el método hipotético deductivo y el método analítico, los cuales sirvieron para organizar, examinar y explicar los datos recopilados de las variables.

##### 3.1.1 Hipotético Deductivo

Este estudio se fundamenta en la revisión de documentos y en datos estadísticos recopilados de fuentes oficiales, como el sitio web del Banco Mundial y de la IEA. A partir del análisis del problema relacionado con el crecimiento económico y la degradación ambiental, se construyó el marco teórico y se formuló la hipótesis de investigación siguiendo la metodología de la *CAK*.

Esta hipótesis dice que el crecimiento económico (medido a través del PIB per cápita) y la degradación ambiental (a través  $CO_2$  per cápita), “tienen una relación de U invertida, es decir, que la contaminación aumenta con el crecimiento económico, alcanza un máximo, y luego comienza a caer a partir de un nivel crítico de ingreso” (Correa et al., 2005, p. 14)

##### 3.1.2 Analítico

Los datos se analizan a través de información secundaria, por lo que los datos principales se los obtendrá del Banco Mundial y de la Agencia Internacional de la Energía (IEA).

#### 3.2 Tipo de investigación

Esta investigación es no experimental, debido a que no implica la manipulación deliberada de las variables de estudio, sino que se enfoca en describir la realidad tal como se encuentra en los resultados del modelo econométrico.

#### 3.3 Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es correlacional ya que explora la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental utilizando el modelo econométrico de regresión lineal múltiple. Además, se considera una investigación explicativa porque analiza datos de variables específicas para explicar los resultados, proporcionando una comprensión detallada del comportamiento del crecimiento económico a través de la variable PIB per cápita en los países miembros de la OCDE. Este estudio abordó el nivel de degradación del medio ambiente, medido a través de las emisiones de  $CO_2$ , en 38 países durante el período 1995-2018. Asimismo, la investigación es bibliográfica y documental, ya que se recopila información empírica a partir de fuentes como libros, artículos, estudios electrónicos y físicos para respaldar el desarrollo de la investigación.

### 3.4 Datos y Muestra

Se recopilan datos de emisiones de  $CO_2$ , PIB per cápita y otras variables relevantes como población exportaciones e importaciones para los 38 países miembros de la OCDE a lo largo de un período de tiempo de 1995 a 2018. La muestra es representativa y abarca varios países de la OCDE para obtener resultados más generalizables.

### 3.5 Datos de panel

Los datos de panel se definen como observaciones sobre la misma unidad de corte transversal (una familia, una empresa, un país, etc.) estudiado a lo largo del tiempo. Una observación es la pareja  $\{Y_{it} X_{it}\}$ , donde  $i$  denota al individuo y  $t$  denota el tiempo. De forma más resumida, en los datos de panel esta la dimensión del espacio y el tiempo (Gujarati, 2010).

La forma funcional tradicional para contrastar la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental, fue planteada en los primeros trabajos de Grossman & Krueger (1991), entre otros, quienes plasmaron una ecuación reducida, cuya virtud es que toda la influencia del PIB per cápita sobre la presión ambiental se recoge en la estimación, ésta puede ser lineal, cuadrática o cúbica.

La expresión matemática de la curva de ambiental Kuznets se determina como una ecuación cuadrática:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X P_{it} + \beta_2 (X P_{it})^2 + \sum_{j=1}^n \gamma_j X_{it} + u_{ti} \quad (2)$$

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 (X^2) + u_{ti} \quad (3)$$

Donde:

- ✓ Donde  $Y_{it}$  representa un indicador ambiental ( $CO_2$ ) de un país o región  $i$  en el tiempo  $t$ ;
- ✓  $\beta_1 X_{it}$  = donde  $\beta_1$  es el parámetro que debe ser estimado y  $X_{it}$  representa PIB per cápita
- ✓  $\beta_2 (X_{it}^2)$  = donde  $\beta_2$  es el parámetro que debe ser estimado y  $(X_{it}^2)$  representa el PIB per cápita al cuadrado
- ✓  $\sum_{j=1}^n \gamma_j X_{jit}$  = es un conjunto de variables que inciden en el deterioro ambiental, tales como: densidad de población, exportaciones e importaciones.

Parámetros  $\beta_0$  = Constante del Modelo econométrico de curva ambiental de Kuznets.

La variable  $u_{ti}$  representa el término de error. Los subíndices  $it$  indican observaciones para distintos individuos (países) y periodos de tiempo, es decir observaciones de datos de Panel. Existen varios modelos para medir el impacto de la variable independiente en la variable dependiente dentro de los cuales se puede considerar: modelos de regresión con efectos fijos y modelos de regresión con efectos aleatorios.

La ecuación planteada (2) (3) se puede realizar por mínimos cuadrados ordinarios (*MCO*) dependiendo si se estima por efectos fijos o aleatorios. Sin embargo, al considerar un modelo con datos panel que combina información en el tiempo y entre países, existe heterogeneidad en las observaciones de sección cruzada que no puede ser medida. Esto genera que los estimadores de *MCO* sean sesgados e inconsistentes.

La especificación convencional de los modelos de datos panel con heterogeneidad se representa como:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + c_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Donde  $X_{it}$  es un vector de variables explicativas,  $\beta$  es el vector de parámetros del modelo,  $c_i$  es la heterogeneidad no observable en las unidades de sección cruzada y  $\varepsilon_{it}$  es el término aleatorio que tiene media cero y varianza constante. La teoría econométrica establece dos especificaciones básicas para el modelo de datos panel con heterogeneidad no observable, denominados como efectos fijos y efectos aleatorios (Baltagi,2013).

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad \text{efectos fijos} \quad (5)$$

$$Y_{it} = X_{it}\beta + v_i + \varepsilon_{it} \quad \text{efectos aleatorios} \quad (6)$$

### 3.5.1 Modelo de efectos fijos

Los efectos fijos se refieren a efectos específicos de cada unidad en el panel. En otras palabras, los efectos fijos capturan las diferencias constantes que existen entre las unidades

observadas, lo que puede deberse a características intrínsecas e invariables de esas unidades. Los efectos fijos son apropiados cuando se sospecha que hay heterogeneidad específica de las unidades que no cambia con el tiempo y que se desea controlar.

Donde se supone a  $\varepsilon_{it}$  (5) un efecto fijo, distinto para cada sujeto e invariante en el tiempo. En este caso, la heterogeneidad no observable se incorpora a la constante del modelo, donde el modelo de efectos fijos el cual considera que existe un término constante diferente para cada individuo y supone que los efectos individuales son independientes entre sí, es decir, se considera que las variables explicativas afectan por igual a las unidades y que éstas se diferencian por características propias de cada una de ellas, medidas por medio del intercepto (Beltrán, 2003).

### **3.5.2 Modelo de efectos aleatorios**

Los efectos aleatorios, representan variaciones que se consideran aleatorias o estocásticas, y no específicas de cada unidad en el panel. En lugar de tratar cada unidad como única, los efectos aleatorios permiten que las unidades compartan alguna similitud o heterogeneidad no observada que se distribuye de manera aleatoria.

El modelo de efectos aleatorios (6) considera que los efectos individuales no son independientes entre sí, sino que están distribuidos aleatoriamente alrededor de un valor dado. Una práctica común en el análisis de regresión es asumir que el gran número de factores que afecta el valor de las variables dependientes pero que no han sido incluidas explícitamente como variables independientes del modelo, pueden resumirse apropiadamente en la perturbación aleatoria. Así, con este modelo se considera que tanto el impacto de las variables explicativas como las características propias de cada unidad son diferentes (Beltrán, 2003).

En otras palabras, en el caso de efectos aleatorios se asume que la heterogeneidad no está correlacionada con las variables dependientes, pero, sigue una distribución de probabilidad con media cero y varianza constante la estimación depende de la covarianza, en este caso, para construir el modelo es preferible utilizar el método de mínimos cuadrados generalizados MCG. El escoger entre el modelo de efectos fijos o el de efectos aleatorios, depende principalmente de saber que es apropiado, estimaciones consistentes o eficientes.

### **3.5.3 Test de Hausman**

Según (Montero, 2005) es un test chi cuadrado que se usa para poder elegir el método por el cual se va a estimar un modelo. Determina si las diferencias son sistemáticas y significativas entre dos estimaciones. El test de Hausman se utiliza para analizar la posible correlación entre las variables y los regresores y poder así decidir entre una estimación por

efectos fijos o efectos aleatorios. El cual contrasta si la heterogeneidad no observada está correlacionada con los controles comparando ambos estimadores, mediante esto se plantea dos hipótesis donde:

$H_0$ : Diferencias entre estimador de efectos aleatorios y efectos fijos no significativas

$H_1$ : Diferencias entre estimador de efectos aleatorios y efectos fijos significativas

### 3.5.4 Cointegración

La cointegración aplicada bajo contexto de datos de panel se refiere a la conexión a largo plazo entre variables económicas en un conjunto de datos que incluye múltiples entidades como países, empresas o individuos a lo largo del tiempo. Este concepto implica que las series temporales individuales tienen una relación estable cuando se combinan de cierta manera. En un panel de datos, hay varias series temporales para distintas entidades observadas a lo largo de varios períodos. La cointegración en un panel indica que, aunque las series temporales individuales pueden no ser estables por sí solas, existe una combinación lineal de estas series que muestra estabilidad (Montero, 2013).

La existencia de una relación a largo plazo, como se plantea en la *CAK*, requiere que las series de  $CO_2$  y PBI per cápita, estén vinculadas en una relación de cointegración. Esto implica que comparten una tendencia estocástica común, lo que a su vez significa que la relación entre ambas series es estadística y económicamente significativa. En el campo de la econometría, esto se refleja en la realización de pruebas de raíz unitaria para confirmar la no estacionariedad, como condición esencial para llevar a cabo el análisis de cointegración propiamente dicho, que garantiza la existencia de una relación de largo plazo entre las emisiones de  $CO_2$  y el PBI. Sin embargo, el análisis de estacionariedad y cointegración presenta desafíos en su aplicación práctica a la *CAK*, tanto a nivel individual como en paneles de datos (Zilio, 2010).

#### Cointegración de Pedroni

En el año de 1999 Pedroni ha desarrollado siete estadísticos distintos para examinar la cointegración en datos de panel. De estos, cuatro están fundamentados en un término común, que se relaciona con la dimensión Within, mientras que los tres restantes se basan en la dimensión entre los grupos (Between). Ambos tipos de pruebas se centran en la hipótesis nula de no cointegración. No obstante, la diferencia radica en la formulación de la hipótesis alternativa (Rodríguez et al., 2012).

#### Prueba de raíces unitarias

Las pruebas de raíces unitarias en panel son el equivalente multivariado de las pruebas de raíces unitarias estándar, como las pruebas Dickey-Fuller Aumentada (ADF) y Phillips-Perron (PP). El propósito principal de extender las pruebas de raíces unitarias univariadas a las pruebas de raíces unitarias en panel ha sido aumentar el tamaño de la muestra utilizando datos de sección cruzada para mejorar la potencia de las pruebas. Además, se han sugerido varias pruebas sobre raíces unitarias en panel por Levin y Lin, Im, Pesaran, Shin y Breitung, con extensiones y ajustes más recientes. Todas estas pruebas tienen como hipótesis nula la no estacionariedad y prueban en contra de la alternativa de estacionariedad. Sin embargo, no todas las pruebas propuestas siguen esta convención. Una excepción es la prueba de Hadri, que evalúa la hipótesis nula de estacionariedad frente a la alternativa de una raíz unitaria en el panel de datos (Rodríguez et al., 2012).

### **3.6 Variables**

#### **3.6.1 Dióxido de carbono**

Las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) se generan principalmente por la quema de combustibles fósiles y la producción de cemento (Banco Mundial, 2021). En la hipótesis de *CAK*, el  $CO_2$  suele ser utilizado como un indicador clave de la degradación ambiental. La importancia del  $CO_2$  en esta hipótesis radica en su papel como uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global y el cambio climático.

#### **3.6.2 Producto interno bruto per cápita**

El PIB es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos (Banco Mundial, 2021). El PIB per cápita es el producto interno bruto dividido entre la población a mitad de año. La importancia del PIB per cápita en la hipótesis *CAK* radica en su función como un indicador del nivel de crecimiento económico de un país y su relación con la degradación ambiental, además, proporciona información sobre cómo las emisiones de gases de efecto invernadero pueden variar a medida que un país progresa económicamente.

#### **3.6.3 Importaciones y Exportaciones**

La suposición general es que la apertura comercial aumenta la actividad económica y, por lo tanto, el consumo de energía. Si todos los demás factores son iguales, un aumento en la escala de la actividad económica y el consumo de energía aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero (OMS, sf). El comercio internacional implica el transporte de bienes a través de largas distancias, lo que puede generar emisiones significativas de gases

de efecto invernadero, incluyendo el dióxido de carbono. Además, las exportaciones e importaciones están estrechamente relacionadas con la producción y el consumo de bienes y servicios.

Los procesos de producción suelen generar emisiones de  $CO_2$ , especialmente en sectores intensivos en energía como la industria manufacturera. Si un país es un importante exportador de productos intensivos en emisiones, como el acero o los productos químicos (como es el caso de China, Japón, India, Corea del Sur y Rusia), es probable que sus exportaciones estén asociadas con altas emisiones de  $CO_2$ . Del mismo modo, si un país importa bienes y servicios intensivos en emisiones, sus importaciones también pueden contribuir a sus emisiones totales de  $CO_2$  (Mesquita, 2021).

Además, el transporte de mercancías a larga distancia, tanto por aire, mar o tierra, también contribuye a las emisiones de  $CO_2$ . Los barcos y aviones, en particular, emiten grandes cantidades de  $CO_2$  debido a los combustibles utilizados para su funcionamiento. Por lo tanto, cuanto mayor sea el volumen de exportaciones e importaciones, mayor será la demanda de transporte y, por lo tanto, mayores serán las emisiones de  $CO_2$  asociadas. Cuanto mayor sea la producción de bienes para la exportación o importación, mayor será la cantidad de  $CO_2$  liberado a la atmósfera (S. Sánchez et al., 2020).

Es importante destacar que el comercio internacional puede tener un impacto tanto positivo como negativo en las emisiones de  $CO_2$ . Por un lado, las exportaciones pueden llevar a una mayor producción y, por lo tanto, a mayores emisiones. Por otro lado, las importaciones permiten que los países obtengan bienes de manera más eficiente, reduciendo así la necesidad de producción intensiva en carbono en sus propios territorios (Yangari et al., 2020).

### **3.6.4 Población**

La relación entre la población y la hipótesis *CAK* puede ser compleja, la *CAK* se centra en la relación entre el Producto Interno Bruto per cápita y la degradación ambiental, pero el crecimiento de la población puede tener implicaciones en esta relación de varias maneras. Sin embargo, existe una relación entre las emisiones de dióxido de carbono y el aumento de la población. El crecimiento de la población implica una mayor demanda de recursos naturales, energía y alimentos, lo que a su vez aumenta las actividades industriales, el consumo de combustibles fósiles y la deforestación. Estas actividades generan emisiones de  $CO_2$  y otros gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático (ACCIONA, 2020).

El incremento de la población es el principal componente del deterioro ambiental según Ehrlich & Holdren (1971) quienes fueron los primeros en considerar los efectos de la población en el consumo de energía y en las emisiones de  $CO_2$  (Vaca y Cartuche, 2018).

También un rápido crecimiento de la población puede ejercer presión sobre los recursos naturales de un país, como la tierra, el agua y la energía. Esta presión adicional puede llevar a una mayor degradación ambiental, especialmente si la gestión de estos recursos no es adecuada. De igual forma a medida que la población crece, también lo hace la demanda de energía, especialmente en los países que dependen en gran medida de combustibles fósiles, esto puede conducir a un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la degradación del medio ambiente y al cambio climático.

Asimismo, el aumento de la urbanización y la industrialización también contribuyen a la contaminación del aire y al cambio climático. Para abordar este problema, es importante tomar medidas para atenuar las emisiones de  $CO_2$  y mitigar la degradación ambiental. Esto implica la adopción de tecnologías más limpias y eficientes, la promoción de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la implementación de políticas y regulaciones que fomenten prácticas más sostenibles (R. Sánchez, 2013).

## CAPÍTULO VI

### Resultados y Discusiones

#### 4.1 Descripción de datos

La información utilizada en la presente investigación son observaciones de datos panel para el periodo de 1995 a 2018, considerando un conjunto de 38 países, la fuente de información es el Banco Mundial, y al IEA como la variable de degradación ambiental se considera el nivel de emisiones de  $CO_2$  medido en toneladas métricas por persona. La variable de ingreso es aproximada por el PIB per cápita. Las variables adicionales en la estimación de la CAK corresponden a la población, exportaciones, importaciones.

**Tabla 3** Estadísticas de las variables periodo 1915-2018

Variable	Media	Mediana	Max	Min	Dev. Std
Emisiones de $CO_2$	8.269	7.791	25.668	1.207	4.332
$PIB_{percapita}$	29681.30	25599.39	118823.6	2167.793	21384.21
Población	32476148	10307685	32708	267468	53703488
Exportaciones	0.45166	0.38124	2.21196	0.08816	0.29081
Importaciones	0.435466	0.361766	1.87165	0.075736	2.4440

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial. Las emisiones de  $CO_2$  se encuentran en toneladas métricas per cápita. El PIB per cápita se encuentra en dólares, y las exportaciones e importaciones se encuentran como porcentaje de PIB.

La Tabla 3 muestra una amplia variación entre las unidades de países, principalmente en términos de ingreso per cápita. Durante el periodo considerado, que abarca desde 1995 hasta 2018, se ha registrado una alta demanda de combustibles de origen fósil en la generación de energía. Por otra parte, se observa un acelerado crecimiento de la población, lo cual conlleva a una mayor demanda de energía, consumo de recursos, urbanización y cambios en los patrones de consumo. Todos estos factores pueden contribuir al aumento de las emisiones de  $CO_2$ .

Por otro lado, las exportaciones e importaciones se refieren al transporte de mercancías a larga distancia, lo cual también puede generar emisiones indirectas de  $CO_2$  debido al consumo de combustible durante el transporte. Las emisiones relacionadas con el transporte incluyen tanto las emisiones directas como las indirectas asociadas con el suministro de combustible y la infraestructura de transporte.

En un primer análisis, se llevó a cabo una estimación considerando únicamente las emisiones de  $CO_2$  y el PIB per cápita, y PIB per cápita elevado al cuadrado. Es decir, se utilizó una versión simplificada de la hipótesis CAK.

### Efectos fijos

La comparación de los resultados entre el modelo de regresión de pooled y el modelo de "efectos fijos" (fixed effects) en el contexto de la curva ambiental de Kuznets proporciona información importante sobre cómo se relacionan las variables PIB per cápita, PIB per cápita al cuadrado, y las emisiones de  $CO_2$ .

**Tabla 4:** Efectos fijos y POOLED

Variabes	Coficiente
<b>POOLED</b>	
PIBPERCAPITA	0.000153
PIBPERCAPITA^2	-7.62E-10
R-squared	0.204314
Durbin-Watson stat	0.018406
<b>Efectos Fijos</b>	
PIBPERCAPITA	-2.21E-05
PIBPERCAPITA^2	-1.06E-10
R-squared	0.948574
Durbin-Watson stat	0.265227

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

En el caso de pooled, y como se aprecia en la Tabla 4, el coeficiente de PIB per cápita es 0.000153, lo que indica una relación positiva entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$ . El coeficiente de PIB per cápita al cuadrado es -7.62E-10, lo que sugiere una relación negativa, aunque muy débil, entre el PIB per cápita al cuadrado y las emisiones de  $CO_2$ .

El R-cuadrado (R-squared) es 0.204314, lo que indica que este modelo pooled explica solo el 20.43% de la variabilidad en las emisiones de  $CO_2$ . El estadístico de Durbin-Watson es 0.018406, lo que podría indicar problemas de autocorrelación en los residuos del modelo.

Por otro lado, los efectos fijos, y como se observa en la Tabla 4, el coeficiente de PIB per cápita es -2.21E-05, lo que sugiere una relación negativa mucho más fuerte entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$  en este modelo. El coeficiente de PIB per cápita al cuadrado es -1.06E-10, lo que indica una relación negativa entre el PIB per cápita al cuadrado y las emisiones de  $CO_2$ .

El R-cuadrado es 0.948574, lo que significa que el modelo de efectos fijos explica el 94.86% de la variabilidad en las emisiones de  $CO_2$ . Esto sugiere que el modelo de efectos fijos se ajusta mucho mejor a los datos en comparación con el modelo "pooled". El estadístico de Durbin-Watson es 0.265227, lo que aún podría indicar algún grado de autocorrelación en los residuos, pero es menos pronunciado que en el modelo pooled.

Al comparar los resultados de pooled y Efectos fijos se puede decir que el modelo de efectos fijos parece ser más adecuado para explicar las relaciones entre las variables en el contexto de la curva ambiental de Kuznets, ya que tiene un R-cuadrado mucho más alto y muestra una relación negativa más fuerte entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$ . Esto sugiere que las características específicas de cada país están influyendo en la relación, y el modelo efectos fijos tiene en cuenta estas diferencias individuales. Por otro lado, el modelo pooled parece tener una capacidad explicativa más limitada y una relación positiva más débil entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$ .

### **Efectos Aleatorios:**

En la Tabla 5 el coeficiente de PIB per cápita es  $-1.87E-05$ , lo que sugiere una relación negativa entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$ , aunque el efecto es más débil que en el modelo "pooled". El coeficiente de PIB per cápita al cuadrado es  $-1.25E-10$ , indicando una relación muy débil entre el PIB per cápita al cuadrado y las emisiones de  $CO_2$ .

El R-cuadrado es 0.099459, lo que significa que el modelo de efectos aleatorios explica alrededor del 9.95% de la variabilidad en las emisiones de  $CO_2$ . En comparación con el modelo "pooled", el modelo de efectos aleatorios parece tener una capacidad explicativa más limitada. El estadístico de Durbin-Watson es 0.246740, lo que podría indicar algún grado de autocorrelación en los residuos, aunque es menos pronunciado que en el modelo pooled.

**Tabla 5:** *Efectos aleatorios y POOLED*

Variables	Coeficiente
<b>PLS</b>	
PIBPERCAPITA	0.000153
PIBPERCAPITA^2	-7.62E-10
R-squared	0.204314
Durbin-Watson stat	0.018406
<b>Efectos Aleatorios</b>	
PIBPERCAPITA	-1.87E-05
PIBPERCAPITA^2	-1.25E-10
R-squared	0.099459
Durbin-Watson stat	0.246740

**Nota:** *Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial*

La comparación de los resultados de pooled y efectos aleatorios sugiere que, en este caso, el modelo pooled tiene un mejor ajuste a los datos que el modelo de "efectos aleatorios". El modelo pooled muestra una relación positiva más fuerte entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$  y tiene un R-cuadrado más alto, lo que significa que explica una mayor proporción de la variabilidad en las emisiones.

### Test de Hausman

La idea principal detrás del test de Hausman es comparar los estimadores de efectos aleatorios y efectos fijos para determinar cuál es más apropiado para un conjunto de datos específico. Como se aprecia en la Tabla 6 el resultado del test de Hausman arroja una estadística de Chi-Square (Chi-Sq. Statistic) de 24.632607 y una probabilidad (p-valor) de 0.0000.

**Tabla 6:** Test de Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	24.632607	2	0.0000

**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial.

Un valor de 24.632607 para la estadística de Chi-cuadrado en un análisis de sección cruzada aleatoria indica que existe una relación significativa entre las variables independientes y dependientes en el modelo de regresión. Chi-cuadrado se utiliza para probar la hipótesis nula de que no existe ninguna relación entre las variables. Dado que el p-valor es muy bajo (0.0000), se rechaza la hipótesis nula. Esto significa que hay evidencia estadística de que hay una diferencia sistemática entre los estimadores de los efectos fijos y los efectos aleatorios, y esta diferencia es significativa.

### Pruebas de autocorrelación en efectos fijos

**Tabla 7:** Prueba de Durbin-Watson

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic
PIBPERCAPITA	-2.21E-05	8.04E-06	-2.748139
PIBPERCAPITA^2	-1.06E-10	7.33E-11	-1.446892
C	9.067342	0.156670	57.87557
Durbin-Watson stat	0.265227	R-squared	0.948574

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

Durbin-Watson cuando es cercano a 2 indica que no existe autocorrelación, por otro lado, cuando los valores son menores a 2 o cercanos a 4 existe autocorrelación positiva a negativa, entonces al fijarnos en el valor de Durbin-Watson (0.265227) que se encuentra en la Tabla 7 se observa que existe autocorrelación. En el contexto del análisis de series temporales, la autocorrelación se utiliza para identificar patrones repetitivos en los datos a lo largo del tiempo.

Cuando hay autocorrelación en los datos, las estimaciones de los coeficientes de los modelos de regresión son ineficientes y pueden llevar a conclusiones erróneas. Corregir la autocorrelación garantiza que las inferencias basadas en esos modelos sean precisas y confiables. Para corregir la autocorrelación en datos de panel se utilizan varias técnicas, incluyendo la diferencia de variables, la inclusión de variables rezagadas, y la estimación de modelos de corrección de errores.

**Tabla 8:** Diferencia de variables

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
<i>D(PIBPERCAPITA)</i>	5.45E-05	1.15E-05	4.736515	0.0000
<i>D(PIBPERCAPITA^2)</i>	-3.30E-10	8.82E-11	-3.743992	0.0002
<i>C</i>	-0.073747	0.017113	-4.309455	0.0000
Durbin-Watson stat	2.133444	R-squared		0.988472

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

En la Tabla 8 se observa la corrección de la autocorrelación, siendo esta vez el valor de Durbin-Watson de 2.133444, lo cual indica que no existe autocorrelación. Para obtener este resultado, se la diferenciación de las variables, ya que, al tomarla se calcula la diferencia entre cada observación y su observación anterior. Esto puede ayudar a eliminar la autocorrelación en los datos y hacer que la serie sea más estacionaria.

## Heterocedasticidad

La heterocedasticidad se refiere a la situación en la que la varianza de los errores no es constante en todas las observaciones y puede introducir sesgos en las estimaciones y pruebas de significancia en un modelo de regresión. La prueba de heterocedasticidad de panel LR (Likelihood Ratio) es una prueba estadística utilizada en econometría para evaluar la presencia de heterocedasticidad en datos de panel, se basa en la comparación de dos modelos:

Modelo Restringido (H0): no hay heterocedasticidad en los datos de panel

Modelo No Restringido (H1): se permite que haya heterocedasticidad

**Tabla 9: Heteroskedasticity LR Test**

Panel Period Heteroskedasticity LR Test			
Equation: UNTITLED			
	Value	df	Probability
Likelihood ratio	5.492528	38	1.0000

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

Los resultados de la Tabla 9 nos indica que el valor de la prueba de razón de verosimilitud es 5.492528 con 38 grados de libertad y una probabilidad de 1.0000. Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de no heterocedasticidad en el modelo, ya que la probabilidad es muy alta y no se alcanza un nivel significativo de confianza para rechazar la hipótesis nula.

Teniendo en cuenta los problemas que presenta el modelo de la CAK, se procede a aplicar el método de MCG, el cuál es un método de regresión que permite corregir la heterocedasticidad y la autocorrelación en los datos. Se utiliza para ajustar los coeficientes de la regresión de tal manera que se minimice la varianza de los errores, teniendo en cuenta la estructura de correlación entre ellos.

Siguiendo la línea de investigación en primer lugar, se efectuó una estimación inicial considerando exclusivamente las emisiones de  $CO_2$ , PIB per cápita y  $(PIB_{per\ c\acute{a}pita})^2$ , lo que equivale a una versión simplificada de la hipótesis CAK. Los resultados obtenidos de los coeficientes se muestran en la Tabla 10. Esta estimación se llevó a cabo utilizando el método de mínimos cuadrados generalizados.

**Tabla 10: Estimaciones CAK**

Variables	Mínimos Cuadrados Generalizados
$PIB_{per\ c\acute{a}pita}$	0.000126273221639
$(PIB_{per\ c\acute{a}pita})^2$	- 6.63488466e-10
C	4.55129915564
$R^2$	0.895584
F	297.4653
Durbin-Watson stat	2.024015

**Nota:** La tabla es de elaboración propia con datos obtenidos del Banco Mundial con ayuda del programa Eviews 12.

Como se dijo anteriormente la hipótesis de la CAK sugiere que existe una relación no lineal entre PIB per cápita y las emisiones  $CO_2$ . Según esta hipótesis, las emisiones de  $CO_2$  aumentan en las primeras etapas del crecimiento, pero luego disminuyen a medida que el país se vuelve más próspero.

Basándonos en los datos obtenidos en la Tabla 10 al correr un modelo utilizando la aplicación EVIEWS 12 y teniendo en cuenta que es mejor la utilización de efectos fijos, se puede interpretar los datos de la siguiente manera:

$\beta_1 = \text{PIB per cápita}$

El coeficiente de 0.000126273221639 significa que hay una relación positiva entre el PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$ . En otras palabras, a medida que el PIB per cápita aumenta, las emisiones de  $CO_2$  tienden a aumentar, lo que es consistente con la idea central de la CAK, que a primera instancia el  $CO_2$  no disminuye con el aumento de del PIB per cápita.

$\beta_2 = (PIP_{per\text{cápita}})^2$

Este coeficiente negativo de - 6.63488466e-10 indica que el efecto del PIB per cápita sobre las emisiones de  $CO_2$  disminuye a medida que el PIB per cápita aumenta. En otras palabras, la tasa de aumento en las emisiones de  $CO_2$  disminuye a medida que el país se vuelve más rico.

En resumen, estos resultados sugieren, a medida que un país experimenta un aumento en su PIB per cápita, las emisiones de  $CO_2$  también disminuyen; además a medida que el país continúa desarrollándose y su PIB per cápita sigue aumentando, el ritmo de aumento en las emisiones de  $CO_2$  disminuye, lo que es consistente con la hipótesis de la CAK.

## **Cointegración**

Al trabajar con datos macroeconómicos de panel, es esencial considerar la existencia de una relación a largo plazo entre las variables que se examinan para el conjunto de individuos. En otras palabras, se debe asegurar que haya una relación de cointegración para evitar el riesgo de obtener resultados engañosos, como han señalado Engle y Granger en su trabajo de 1987 (Campo, 2012).

En cuanto a las pruebas de raíces unitarias, se comienza por determinar el nivel de integración de las series de  $CO_2$  y PIB per cápita. Estas pruebas de raíces unitarias para datos de panel se basan en las pruebas diseñadas originalmente para series de tiempo. Sin embargo, presentan una ventaja significativa en comparación con las pruebas de series de tiempo convencionales. Al combinar series de tiempo, se logra un mayor número de grados de libertad, lo que mejora las propiedades de los estimadores.

En la Tabla 11, se observa que las pruebas de raíces unitarias aplicadas a ambas series de tiempo indican que, cuando se analizan en sus niveles originales, estas series presentan una raíz unitaria. Esto se debe a que las probabilidades obtenidas en las pruebas son mayores del 5%, lo que significa que no se puede rechazar la hipótesis nula de que existe una raíz unitaria en las series (lo que implica que no son estacionarias). En el caso de la prueba de Hadri (2000), la hipótesis nula es que la serie es estacionaria, pero en este caso, se rechaza dicha hipótesis al 1% de nivel de significancia.

**Tabla 11:** Pruebas de raíces unitarias

Prueba	Emisiones de $CO_2$		PIB per cápita	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
Levin, lin & Chu t*	1.86601	0.9690	-0.20520	0.4187
Breitung t-sat	1.09477	0.8632	-4.58306	0.0000
Im. Pesaran and Shin W-stat	3.92306	1.0000	0.32087	0.6258
ADF-Fisher Chi-square	44.4633	0.9985	62.3096	0.8708
PP- Fisher Chi-square	38.0820	0.9999	36.7137	1.0000
Hadri Z-stat	13.7780	0.0000	7.20481	0.0000

**Nota:** Variables estimadas con la aplicación *eviews 12*, con datos obtenidos del Banco Mundial.

Por otro lado, en la Tabla 12, se presentan los resultados de las pruebas aplicadas a las primeras diferencias de cada serie, y se nota que en este caso ya no se encuentra evidencia de raíces unitarias. En otras palabras, las series se vuelven estacionarias, ya que las probabilidades asociadas a las pruebas son menores del 5%. En resumen, los resultados de las pruebas de raíces unitarias para las variables incluidas en el modelo indican que ambas series son de orden 1 de integración (I(1)), lo que significa que son estacionarias después de tomar las primeras diferencias.

**Tabla 12:** Pruebas de raíces unitarias con una diferencia

Prueba	$\Delta$ Emisiones de $CO_2$		$\Delta$ PIB per cápita	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
Levin, lin & Chu t*	-6.57846	0.0000	-10.3379	0.0000
Breitung t-sat	-10.8614	0.0000	-7.97218	0.0000
Im. Pesaran and Shin W-stat	-10.5758	0.0000	-8.29160	0.0000
ADF-Fisher Chi-square	253.090	0.0000	198.436	0.0000
PP- Fisher Chi-square	998.039	0.0000	252.582	0.0000
Hadri Z-stat	7.93637	0.0000	6.51459	0.0000

**Nota:** tabla de elaboración propia, las variables fueron estimadas con ayuda del programa *eviews 12*

Después de verificar que las series son de orden uno, lo que significa que contienen una raíz unitaria en el panel, se procede a realizar la prueba de cointegración. El propósito de esta prueba es identificar pruebas de una posible relación a largo plazo entre las variables. Para llevar a cabo esta evaluación, se utiliza la ampliamente reconocida prueba de cointegración de panel heterogéneo desarrollada por Pedroni (Campo, 2012).

**Tabla 13** Cointegración CO<sub>2</sub> y PIB per cápita

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Weighted</u> <u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>
<b>Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)</b>				
Panel v-Statistic	-1.383112	0.9167	-1.416849	0.9217
Panel rho-Statistic	2.002530	0.9774	2.222380	0.9869
Panel PP-Statistic	1.255174	0.8953	1.635457	0.9490
Panel ADF-Statisticz	2.049989	0.9798	2.042035	0.9794
<b>Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)</b>				
Group rho-Statistic	4.152507	1.0000		
Group PP-Statistic	2.704422	0.9966		
Group ADF-Statistic	2.431420	0.9925		

*Nota:* Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial.

Estos resultados de la Tabla 13 sugieren que hay evidencia de cointegración entre las variables analizadas. La probabilidad asociada a cada estadístico es alta, lo que indica que estos valores no son significativos a un nivel de confianza común, como 0.05 o 0.01. Por lo tanto, no se puede concluir de manera definitiva que exista cointegración entre las variables.

Dentro del marco de la hipótesis ambiental de Kuznets, la presencia o ausencia de cointegración no desacredita ni desvirtúa esta teoría. Lo crucial radica en observar los patrones de cambio en las variables a lo largo del tiempo. Si las variables están cointegradas, esto indica una relación a largo plazo entre el PIB per cápita y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la falta de cointegración no respalda necesariamente la teoría de Kuznets, y su presencia tampoco la invalida por completo. En lugar de refutar la existencia de una relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB per cápita, estos resultados sugieren la influencia de otros factores que afectan las tendencias de emisiones y que no están exclusivamente ligados a las actividades productivas. Estos factores pueden incluir aspectos socioeconómicos, institucionales, políticos y legales, así como características estructurales específicas de los países en desarrollo (Zilio, 2010).

La falta de evidencia que respalde una relación estable de largo plazo entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el ingreso per cápita que se ajuste a los principios de la CAK socava la recomendación de depender del crecimiento económico como solución a los problemas ambientales en el mundo. Por lo tanto, parece altamente improbable que el crecimiento económico por sí solo sea lo suficientemente rápido o equitativo como para mitigar los

efectos adversos derivados del cambio climático a corto y mediano plazo. Dado el continuo incremento de las emisiones de  $CO_2$  y frente al avance de este fenómeno, se vuelve urgente la necesidad de diseñar políticas climáticas que fomenten un desarrollo sostenible a través de la promoción de métodos de producción y consumo con una menor huella de carbono (Zilio, 2010).

### ESTIMACIÓN DEL MODELO CON TODAS SUS VARIABLES

Los datos fueron obtenidos de la base de datos del Banco Mundial. Así mismo la ecuación extendida de la CAK es la siguiente:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 XP_{it} + \beta_2 (XP_{it}^2) + \sum_{j=1} y_j X_{it} + u_{ti}$$

Donde  $Y_{it}$  son las emisiones per cápita de  $CO_2$  (en toneladas por habitante);  $XP_{it}$  es el ingreso per cápita (en dólares por habitante);  $(XP_{it}^2)$  representa al ingreso per cápita al cuadrado;  $y_j X_{it}$  corresponde un conjunto de variables que inciden en el deterioro ambiental, tales como: densidad de población (Apergis y Ozturk, 2015), Exportaciones e importaciones (Al-Mulali, Saboori y Ozturk, 2015).

#### Efectos fijos en la CAK extendida

En la Tabla 14 se presentan los datos en una comparación de los resultados entre el modelo de regresión de pooled y el modelo de efectos fijos.

**Tabla 14:** Efectos Fijos y POOLED en la CAK extendida

Variables	POOLED	Efectos fijos
	Coefficiente	Coefficiente
$PIB_{per\grave{c}apita}$	0.000164	6.39E-07
$(PIB_{per\grave{c}apita})^2$	-1.30E-09	-1.63E-10
POBLACIÓN	2.82E-08	-5.38E-08
EXPORTACIONES	5.867209	-2.601612
IMPORTACIONES	0.154787	0.187403
C	1.511398	11.30993
R-squared	0.338416	0.952544
Durbin-Watson stat	0.023741	0.283952

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

En el caso de pooled, y como se aprecia en la Tabla 14, el coeficiente de PIB per cápita, población, exportaciones, importaciones indica una relación positiva entre el PIB per

cápita y las emisiones de  $CO_2$ . El coeficiente de PIB per cápita al cuadrado sugiere una relación negativa, entre el PIB per cápita al cuadrado y las emisiones de  $CO_2$ .

El R-cuadrado es 0.338416, lo que indica que este modelo pooled explica solo el 33.84% de la variabilidad en las emisiones de  $CO_2$ . El estadístico de Durbin-Watson es 0.023741, lo que podría indicar problemas de autocorrelación en los residuos del modelo.

Los efectos fijos, el coeficiente de PIB per cápita y exportaciones sugiere una relación positiva entre las variables y las emisiones de  $CO_2$  en este modelo. El coeficiente de PIB per cápita al cuadrado, población e importaciones indica una relación negativa entre las variables y las emisiones de  $CO_2$ .

El R-cuadrado es 0.952544, lo que significa que el modelo de efectos fijos explica el 95.25% de la variabilidad en las emisiones de  $CO_2$ . Esto sugiere que el modelo de efectos fijos se ajusta mucho mejor a los datos en comparación con el modelo pooled. El estadístico de Durbin-Watson es 0.283952, lo que aún podría indicar algún grado de autocorrelación en los residuos, pero es menos pronunciado que en el modelo pooled.

Al comparar los resultados de pooled y Efectos fijos se puede decir que el modelo de efectos fijos parece ser más adecuado para explicar las relaciones entre las variables en el contexto de la curva ambiental de Kuznets extendido, ya que tiene un R-cuadrado mucho más alto y muestra una relación negativa más fuerte entre las variables y las emisiones de  $CO_2$ .

### Efectos Aleatorios:

En la Tabla 15 el coeficiente de PIB per cápita, población, exportaciones e importaciones sugiere una relación negativa entre las variables y las emisiones de  $CO_2$ , aunque el efecto es más débil que en el modelo pooled.

**Tabla 15:** Efectos Aleatorios y POOLED en la CAK extendida

Variables	POOLED	Efectos aleatorios
	Coefficiente	Coefficiente
$PIB_{per\text{c}\acute{a}pita}$	0.000164	-3.06E-06
$(PIB_{per\text{c}\acute{a}pita})^2$	-1.30E-09	-1.43E-10
POBLACIÓN	2.82E-08	-2.44E-08
EXPORTACIONES	5.867209	-1.979554
IMPORTACIONES	0.154787	-0.390967
C	1.511398	10.40876
R-squared	0.338416	0.138107
Durbin-Watson stat	0.023741	0.256912

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

La comparación de los resultados de Pooled y efectos aleatorios sugiere que, en este caso, el modelo pooled tiene un mejor ajuste a los datos que el modelo de "efectos aleatorios". El modelo pooled tiene un R-cuadrado más alto, lo que significa que explica una mayor proporción de la variabilidad en las emisiones.

### Test de Hausman

La idea principal detrás del test de Hausman es comparar los estimadores de efectos aleatorios y efectos fijos para determinar cuál es más apropiado para un conjunto de datos específico.

**Tabla 16:** Test de Hausman CAK extendido

Correlated Random Effects - Hausman Test			
Equation: Untitled			
Test cross-section random effects			
Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	68.127588	5	0.0000

**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial.

En la Tabla 16 se observó un valor de 68.127588 para la estadística de Chi-cuadrado, en un análisis de sección cruzada aleatoria indica que existe una relación significativa entre las variables independientes y dependientes en el modelo de regresión. Dado que el p-valor es muy bajo (0.0000), se rechaza la hipótesis nula. Esto significa que hay evidencia estadística de que hay una diferencia sistemática entre los estimadores de los efectos fijos y los efectos aleatorios, y esta diferencia es significativa.

### Pruebas de autocorrelación en efectos fijos

**Tabla 17:** Prueba de Durbin-Watson para la CAK extendida

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIBPERCAPITA	0.000164	1.60E-05	10.25888	0.0000
PIBPERCAPITA^2	-1.30E-09	1.77E-10	-7.336729	0.0000
POBLACION	2.82E-08	2.45E-09	11.53643	0.0000
EXPORTACIONES	5.867209	2.398712	2.445983	0.0146
IMPORTACIONES	0.154787	2.735309	0.056589	0.9549
C	1.511398	0.464492	3.253871	0.0012
Durbin-Watson stat	0.023741	R-squared		0.338416

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

En el contexto del análisis de series temporales, la autocorrelación se utiliza para identificar patrones repetitivos en los datos a lo largo del tiempo. Al fijarnos en el valor Durbin-Watson de la Tabla 17 que es 0.023741 se observa que existe autocorrelación. Para corregir la autocorrelación en datos de panel se utilizan varias técnicas, incluyendo la diferencia de variables, la inclusión de variables rezagadas, y la estimación de modelos de corrección de errores.

**Tabla 18:** Datos diferenciados para la CAK extendida

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIBPERCAPITA)	1.67E-05	4.83E-06	3.448608	0.0006
D(PIBPERCAPITA)^2	-1.39E-09	5.24E-10	-2.654250	0.0081
POBLACION	-6.42E-10	3.31E-10	-1.940137	0.0527
EXPORTACIONES	-0.465624	0.279250	-1.667407	0.0958
IMPORTACIONES	0.352030	0.331104	1.063200	0.2880
C	0.032901	0.044556	0.738416	0.4605
Durbin-Watson stat	2.166306	R-squared		0.989050

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

En la Tabla 18 se observa la corrección de la autocorrelación, siendo esta vez el valor de Durbin-Watson de 2.166306, lo cual indica que no existe autocorrelación. Para obtener este resultado, se utilizó la primera diferencia, ya que, al tomarla se calcula la diferencia entre cada observación y su observación anterior. Esto puede ayudar a eliminar la autocorrelación en los datos y hacer que la serie sea más estacionaria.

### Heterocedasticidad

La prueba de heterocedasticidad de panel LR (Likelihood Ratio) es una prueba estadística utilizada en econometría para evaluar la presencia de heterocedasticidad en datos de panel.

**Tabla 19:** Heteroskedasticity LR Test CAK extendida

Panel Period Heteroskedasticity LR Test			
	Value	df	Probability
Likelihood ratio	2.289591	38	1.0000

**Nota:** Tabla elaborada por el autor en base a los resultados obtenidos del programa Eviews con datos recuperados del Banco Mundial

Los resultados de la Tabla 19 nos indica que el valor de la prueba de razón de verosimilitud es 2.289591 con 38 grados de libertad y una probabilidad de 1.0000. Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de no heterocedasticidad en el modelo, ya que la probabilidad es muy alta y no se alcanza un nivel significativo de confianza para rechazar la hipótesis nula.

Dado los desafíos que enfrenta el modelo de la CAK, se opta por emplear el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG). Este método de regresión se utiliza para corregir la heterocedasticidad y la autocorrelación en los datos. Permite ajustar los coeficientes de la regresión de manera que se minimice la varianza de los errores, considerando la estructura de correlación entre ellos.

A continuación, en la Tabla 20, se encuentran los resultados de la estimación extendida de la CAK con MCG. Las variables consideradas, para realizar una versión extendida de la CAK es la población, exportación e importaciones.

**Tabla 20:** Estimaciones CAK extendido

Variables	Mínimos Cuadrados Generalizados
$PIB_{per\grave{c}apita}$	0.0000140
$(PIB_{per\grave{c}apita})^2$	-1.06e-10
Población	2.44e-08
Exportaciones	-3.745409
Importaciones	1.377856
C	1.971198
$R^2$	0.614316
F	288.6151
Durbin-Watson stat	2.018982

**Nota:** La tabla es de elaboración propia con datos obtenidos del Banco Mundial con ayuda del programa Eviews 12.

PIB per cápita: Este coeficiente indica que, en el modelo, por cada unidad adicional de aumento en el PIB per cápita, las emisiones de  $CO_2$  aumentan en 0.0000140 unidades. Dado que este coeficiente es positivo, sugiere que hay una relación positiva entre el aumento del PIB per cápita y las emisiones de  $CO_2$  en las primeras etapas.

$(PIB_{per\grave{c}apita})^2$ : Este coeficiente negativo de -1.06e-10 indica que el efecto del PIB per cápita sobre las emisiones de  $CO_2$  disminuye a medida que el PIB per cápita aumenta. En otras palabras, la tasa de aumento en las emisiones de  $CO_2$  disminuye a medida que el país se vuelve más rico.

Población: el coeficiente de  $2.44e-08$  de la población indica que hay una relación positiva entre la población y las emisiones de  $CO_2$  por persona, en el contexto de la relación entre PIB per cápita, las emisiones de  $CO_2$ . Sin embargo, la magnitud relativamente pequeña del coeficiente sugiere que, mientras que hay una relación positiva, el impacto directo de la población sobre las emisiones per cápita es limitado en comparación con otras variables como el PIB per cápita y su componente cuadrático. Esto considerando que una población más grande significa más personas utilizando energía, transportándose, consumiendo bienes y servicios, y en general, llevando a cabo actividades que implican la quema de combustibles fósiles, que es una fuente significativa de emisiones de  $CO_2$ .

Exportaciones: las exportaciones  $-3.745409$  según este modelo, a medida que las exportaciones aumentan, la degradación ambiental tiende a disminuir en los países de la OCDE. Esto podría deberse a varias razones posibles como: que los países que exportan más podrían estar utilizando tecnologías más limpias; que las empresas que se centran en la exportación podrían estar más inclinadas a invertir en tecnologías y prácticas amigables con el medio ambiente; o que los países de la OCDE son fuertes sectores de exportación, por lo cual, podrían tener economías más diversificadas, lo que les permite adaptarse mejor a los cambios económicos y ambientales.

Importaciones: al tener un coeficiente de  $1.377856$  y este tener un signo positivo significa que el aumento en las importaciones se asocia con un aumento en la degradación ambiental en los países de la OCDE. Esto se puede deberse a que las importaciones a menudo implican la adquisición de bienes y productos de otros países, lo que puede requerir una gran cantidad de recursos naturales y energía para producir y transportar. Esto puede contribuir a un aumento en la degradación ambiental.

## **Cointegración**

Las pruebas de raíces unitarias, se comienza por determinar el nivel de integración de las series de  $CO_2$ , PIB per cápita y PIB per cápita al cuadrado, población, exportaciones e importaciones. Estas pruebas de raíces unitarias para datos de panel se basan en las pruebas diseñadas originalmente para series de tiempo.

En la tabla 21, se observa que las pruebas de raíces unitarias aplicadas las series de tiempo indican que, cuando se analizan en sus niveles originales, estas series presentan una raíz unitaria especialmente en las variables,  $CO_2$ , PIB. En el caso de la población, en general, la mayoría de las pruebas indican que las variables tienen raíces unitarias, lo que significa que no son estacionarias.

Sin embargo, las variables exportaciones e importaciones no presentan raíz unitaria ya que las probabilidades obtenidas en las pruebas son menores del 5%, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula de que existe una raíz unitaria en las series. En el caso de la

prueba de Hadri en todas las variables, la hipótesis nula es que la serie es estacionaria, pero en este caso, se rechaza dicha hipótesis al 1% de nivel de significancia.

**Tabla 21:** Prueba de raíces unitarias CAK extendido

Pruebas	CO2		PIP <sub>per cápita</sub>		Población		Exportaciones		Importaciones	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
Levin, lin & Chu t*	1.86601	0.9690	-0.20520	0.4187	-12.2274	0.0000	-2.78529	0.0027	-5.70755	0.0000
Breitung t-sat	1.09477	0.8632	-4.58306	0.0000	1.92468	0.9729	-2.70388	0.0034	-5.57931	0.0000
Im. Pesaran and Shin W-stat	3.92306	1.0000	0.32087	0.6258	-5.53762	0.0000	-2.43310	0.0075	-5.05459	0.0000
ADF-Fisher Chi-square	44.4633	0.9985	62.3096	0.8708	202.363	0.0000	98.2616	0.0439	143.998	0.0000
PP-Fisher Chi-square	38.0820	0.9999	36.7137	1.0000	45.8432	0.9976	73.3548	0.5647	113.894	0.0032
Hadri Z-stat	13.7780	0.0000	7.20481	0.0000	13.8425	0.0000	7.57499	0.0000	6.03979	0.0000

**Nota:** La tabla es de elaboración propia con datos obtenidos del Banco Mundial con ayuda del programa Eviews 12.

En la Tabla 22, se presentan los resultados de las pruebas aplicadas a las primeras diferencias de cada serie, y se nota que en este caso ya no se encuentra evidencia de raíces unitarias. En el caso de la exportación solo el valor de PP- Fisher Chi-square fue aplicada la primera diferencia, ya que, los demás valores no se encontraba la presencia de raíces unitarias. En resumen, los resultados de las pruebas de raíces unitarias para las variables incluidas en el modelo indican que ambas series son de orden 1 de integración (I(1)), lo que significa que son estacionarias después de tomar las primeras diferencias.

**Tabla 22:** Primera diferencia CAK extendido

Pruebas	$\Delta$ CO2		$\Delta$ PIP <sub>per cápita</sub>		$\Delta$ Población		$\Delta$ Exportaciones	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
Levin, lin & Chu t*	-6.57846	0.000	-10.3379	0.000	-9.86899	0.000	-	-
Breitung t-sat	-10.8614	0.000	-7.97218	0.000	-2.00614	0.022	-	-
Im. Pesaran and Shin W-stat	-10.5758	0.000	-8.29160	0.000	-7.62192	0.000	-	-
ADF-Fisher Chi-square	253.090	0.000	198.436	0.000	214.779	0.000	-	-
PP-Fisher Chi-square	998.039	0.000	252.582	0.000	81.3773	0.315	656.335	0.0000
Hadri Z-stat	7.93637	0.000	6.51459	0.000	9.55427	0.000	-	-

**Nota:** La tabla es de elaboración propia con datos obtenidos del Banco Mundial con ayuda del programa Eviews 12.

Después de verificar que las series son de orden uno, lo que significa que contienen una raíz unitaria en el panel, por lo tanto, se realiza la prueba de cointegración.

**Tabla 23:** Cointegración CAK extendido

	Statistic	Prob.	Weighted Statistic	Prob.
Panel v-Statistic	-0.573484	0.7168	-1.991930	0.9768
Panel rho-Statistic	2.147771	0.9841	1.042922	0.8515
Panel PP-Statistic	-5.840251	0.0000	-9.074801	0.0000
Panel ADF-Statistic	-4.421770	0.0000	-3.537403	0.0002
<b>Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)</b>				
Group rho-Statistic	3.854285	0.9999		
Group PP-Statistic	-7.969689	0.0000		
Group ADF-Statistic	-2.974437	0.0015		

*Nota:* Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial.

Basándonos en los resultados de la Tabla 23, los estadísticos PP y ADF en el panel indican que existe cointegración entre las variables analizadas, ya que las probabilidades asociadas son menores que 0.05. Por lo tanto, hay evidencia de cointegración en los datos según estas pruebas específicas. Esto implica que las series de tiempo en el panel están relacionadas a largo plazo y hay relaciones de cointegración significativas entre ellas.

Por lo tanto, parece altamente improbable que el crecimiento o decrecimiento de las variables adicionales estudiadas por sí solas sean lo suficientemente rápidas o equitativas como para mitigar los efectos adversos derivados del cambio climático a corto y mediano plazo. Dado el continuo incremento de las emisiones de  $CO_2$  y frente al avance de este fenómeno, se vuelve urgente la necesidad de diseñar políticas climáticas que fomenten un desarrollo sostenible a través de la promoción de métodos de producción y consumo con una menor huella de carbono.

## 4.2 Discusión

En investigaciones anteriores se han realizado diversas contribuciones para explicar la relación entre las emisiones de contaminantes y otras variables. En este estudio, se han incluido variables explicativas adicionales y se llevó a cabo una comparación entre estas. Los resultados previamente expuestos confirman la existencia de una CKA para los países de la OCDE durante el período de 1995 a 2018. Estos resultados se obtuvieron mediante un modelo con datos panel utilizando la forma convencional, en la cual las emisiones de  $CO_2$  se explican únicamente a través del PIB per cápita. Es relevante mencionar que los hallazgos obtenidos en esta investigación fueron similares a los reportados por Parra (2016) y Sánchez y Caballero (2019).

Es importante señalar que la hipótesis de la CKA se ha probado utilizando información heterogénea. Por lo tanto, se debe interpretar con precaución la literatura que relaciona las emisiones de  $CO_2$  y la actividad económica sin tener en cuenta las propiedades de no estacionalidad de las series temporales.

En el contexto de este estudio, se observa heterogeneidad en la información, incluso dentro de un grupo de países considerados más desarrollados que el resto del mundo, como los miembros de la OCDE. Así mismo es interesante ver entre los países miembros de la OCDE, a países como Estados Unidos (uno de los mayores emisores de  $CO_2$ ), Canadá (debido a la extracción y producción de petróleo y gas), Alemania (debido a su dependencia de la energía a base de carbón) y Japón (un país con alto crecimiento económico y, por ende, una mayor generación de desechos locales y globales). Esta disparidad resulta contradictoria en el contexto de la pertenencia de estos países a una organización como la OCDE, que ha estado trabajando incansablemente para reducir las emisiones de  $CO_2$ .

Por otro lado, según el estudio de Catalán (2014), se confirmó la hipótesis de la CKA para 144 países en el largo plazo. Además, varios autores han empleado modelos de datos panel para evaluar esta hipótesis. Por ejemplo, Moreno (2018) utilizó un modelo de efectos fijos para analizar la CKA en Perú y encontró resultados diferentes a los de este estudio, ya que la CKA identificada por esos autores tenía una forma de N. Además, los resultados de los autores Arbulú, Lozano, y Rey-Miqueira (2015) en su estudio sobre la CKA para los países de la Unión Europea entre 1997 y 2010 respaldan la existencia de una relación en forma de U invertida entre el ingreso per cápita y la generación de desechos sólidos. Esto implica que estos autores encontraron que se cumple la teoría de la CKA, aunque utilizaron un indicador diferente de degradación ambiental al empleado en este trabajo (Parra, 2016).

Estos estudios mencionados son considerados especialmente relevantes para la comparación de resultados, ya que emplean el modelo básico de la CKA y han obtenido resultados variados, así como distintos enfoques para estimar la relación entre los indicadores de contaminación y el ingreso per cápita. Otras investigaciones revisadas proponían la inclusión de diversas variables para explicar el comportamiento de las emisiones de contaminantes.

En este estudio, se incorporaron variables como el  $CO_2$ , el PIB per cápita, la población, las importaciones y los impuestos relacionados con el medio ambiente. Los resultados demuestran que todas estas variables son significativas para explicar las emisiones de  $CO_2$  en los 38 países de la OCDE. Estos hallazgos se obtuvieron mediante la aplicación de un modelo dinámico de datos panel durante el período comprendido entre 1995 y 2018.

La elección de estas variables como factores explicativos se basó en el análisis de investigaciones anteriores, como la realizada por Apergis y Ozturk en 2015. Estos investigadores tenían como objetivo probar la hipótesis de CKA en 14 países asiáticos mediante un análisis de panel. En su enfoque multivariado, incluyeron emisiones de  $CO_2$  per

cápita, PIB per cápita, población, superficie de tierra, contribución industrial al PIB y cuatro indicadores de calidad institucional. Los resultados obtenidos respaldaron teóricamente la existencia de la hipótesis de la CKA.

En un estudio similar llevado a cabo por Al-Mulali, Saboori y Ozturk en 2015, se consideraron variables como el PIB per cápita, el capital, la fuerza laboral, las exportaciones y las importaciones. Sin embargo, los resultados indicaron que la hipótesis de la CKA no se cumplía en Vietnam. En este caso, el aumento del capital se asociaba con un aumento en la contaminación, y las importaciones también estaban correlacionadas con un aumento en la contaminación. Esto sugiere que muchos de los productos importados por Vietnam son altos consumidores de energía y altamente contaminantes.

En fin, existen varios estudios que emplean métodos y variables similares, aunque con enfoques metodológicos diversos. No obstante, no existe una solución única o universalmente aplicable que se ajuste a todas las economías debido a las diferencias estructurales entre ellas. Las variables tienen un impacto directo en la relación entre la contaminación y el nivel de ingresos, lo que demuestra la complejidad de este fenómeno y la necesidad de considerar las particularidades de cada economía al analizar esta relación.

## CONCLUSIONES

Esta investigación se centró en el análisis de la hipótesis de CAK y su versión extendida en los 38 países miembros de la OCDE. Utilizando modelos de datos panel, se identificó un impacto significativo del PIB per cápita, en las emisiones de  $CO_2$ . Estos factores contribuyen al aumento de la temperatura global, la acidificación del océano y eventos climáticos extremos. Estas consecuencias son resultado directo de las actividades humanas, lo que conduce a la degradación ambiental. Aunque se reconoce que esta relación puede variar entre países, comprender cómo el PIB per cápita y otras variables influyen en las emisiones de  $CO_2$  en los países desarrollados es esencial, especialmente porque los países de la OCDE son responsables de una gran parte de las emisiones globales de  $CO_2$ .

La pertenencia de la OCDE ofrece una plataforma para la colaboración y el intercambio de políticas ambientales efectivas. Los países miembros difieren en estructura económica, recursos y políticas internas, lo que resulta en enfoques variados para reducir la contaminación por  $CO_2$ . Algunos países han implementado regulaciones ecológicas e invertido en energías renovables, lo que ha llevado a una disminución de las emisiones. Otros pueden haber visto un aumento debido al crecimiento económico o la dependencia de combustibles fósiles.

El aumento del PIB per cápita indica progreso tecnológico y una reducción de la presión ambiental. Los avances tecnológicos han llevado a la producción de bienes y servicios con altos estándares ambientales, estimulando la innovación y reduciendo las emisiones de  $CO_2$  y otros contaminantes a nivel local y global.

La relación entre las emisiones de  $CO_2$  y la población da a entender que el aumento en la población está vinculado a un aumento en las emisiones de  $CO_2$  debido a las actividades humanas. Por otro lado, la relación entre las emisiones de  $CO_2$  y las exportaciones e importaciones de un país es compleja y está influenciada por factores como la estructura económica. En términos generales, existe una conexión entre el aumento del comercio internacional y el incremento en las emisiones de  $CO_2$ , aunque esta relación puede variar dependiendo de diversos factores económicos y políticos.

## RECOMENDACIONES

Si bien la OCDE ha establecido objetivos para reducir las emisiones de  $CO_2$  y promover economías bajas en carbono, su cumplimiento depende de la voluntad y circunstancias de cada país. Aunque un aumento en el PIB per cápita, puede disminuir la contaminación, los países de la OCDE pueden adoptar medidas para un desarrollo sostenible, equilibrando crecimiento económico y protección ambiental. Es esencial implementar acciones para reducir emisiones, enfocándose en industria, transporte, energía y tecnologías verdes. También se debe reducir la dependencia de fuentes de energía contaminantes y fomentar alternativas como solar o eólica para lograr un equilibrio ecológico y económico sin esperar ciertos umbrales específicos.

A partir del hallazgo de la existencia de la CAK en los países de la OCDE, para mantener el hecho de que las emisiones de  $CO_2$  se reducen con el aumento económico se debería fomentar la inversión en tecnologías limpias y energías renovables, en este sentido los avances tecnológicos pueden ser clave para mantener el crecimiento económico mientras se minimiza el impacto ambiental. Asimismo, es necesario invertir en investigación y desarrollo para encontrar soluciones innovadoras y sostenibles que reduzcan las emisiones de  $CO_2$  y promuevan la eficiencia energética en todos los sectores económicos. Igualmente promover la educación y concienciación pública sobre la importancia de la sostenibilidad ambiental y cómo las acciones individuales pueden contribuir a reducir las emisiones de  $CO_2$ .

Para llevar a cabo investigaciones más avanzadas en el contexto de la curva ambiental de Kuznets, sería altamente beneficioso considerar el análisis de la cointegración utilizando datos de panel. Hasta la fecha, se ha observado una escasez de trabajos que exploren esta área específica. La incorporación de datos de panel en futuras investigaciones permitiría una evaluación más completa y rigurosa de la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de  $CO_2$  a lo largo del tiempo, ofreciendo una perspectiva más sólida y precisa en el campo de la economía ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACCIONA. (2020). *¿Qué es el Cambio Climático y cómo nos afecta?*  
[https://www.accion.com/es/cambio-climatico/?\\_adin=02021864894](https://www.accion.com/es/cambio-climatico/?_adin=02021864894)
- Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy* (76), 123-131. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.11.019
- Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, (52), 16-22.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14005615>
- Arbulú, I., Lozano, J. & Rey-Miqueira, J. (2015). Tourism and solid waste generation in Europe: A panel data assessment of the Environmental Kuznets Curve. *Waste Management*, 46, 628–636. Doi: 10.1016/j.wasman.2015.04.014.
- Arrow, Bolin, Costanza, Dasgupta, Folke, Holling, Jansson, Levin, Maler, Perrings, Pimentel. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- Ayaviri, D. y Medina, J. (2017). Ingreso y desigualdad: la Hipótesis de Kuznets en el caso Boliviano. *Revista Espacios*, 38(31), 23.
- Baltagi, B.H. (2013). *Econometric Analysis of Panel Data*. Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd.
- Banco Mundial. (2021). Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita). Obtenido de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>
- Banco Mundial. (2021). PIB per cápita (US\$ a precios actuales). Obtenido de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD>
- Barro, R. y Sala i Martín, X. (2012). *Crecimiento económico*. Editorial Reverté, S. A. [https://www.google.com.ec/books/edition/Crecimiento\\_econ%C3%B3mico/sxbeDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=crecimiento+econ%C3%B3mico&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Crecimiento_econ%C3%B3mico/sxbeDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=crecimiento+econ%C3%B3mico&printsec=frontcover)
- BBC News Mundo. (2021, 27 de mayo). Cambio climático: por qué el mundo está en riesgo de llegar pronto a un límite de temperatura. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-57271819>
- BCE. (2019). Boletín 30.- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Obtenido de: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/BOLETIN302019.pdf>
- Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2015). The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (47), 173-185. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/61282/>
- Beltrán, A. (2003). *Econometría de series de tiempo*. Lima. *Universidad del Pacífico*. <https://econometriaii.files.wordpress.com/2010/01/beltran.pdf>

- Cabrera Peñafiel, L. Y Padilla Obregon E. (2019). Análisis de la Curva Ambiental de Kuznets en el Ecuador durante el período de 1970-2017. [Tesis previa a la obtención del título de Ingenieras en Estadística, Universidad Central de Cuenca]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21098/3/T-UCE-0005-CEC-295.pdf>
- Campo Robledo, J. (2012). Impacto de las Patentes sobre el crecimiento económico: Un modelo panel cointegrado. *GRUPO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS, SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO*. [https://www.sic.gov.co/recursos\\_user/documentos/Estudios-Academicos/Estudios-Academicos\\_2012/02\\_Impacto\\_Patentes\\_Sobre\\_Crecimiento\\_Economico\\_Un\\_Modelo\\_Panel\\_Cointegrado.pdf](https://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/Estudios-Academicos/Estudios-Academicos_2012/02_Impacto_Patentes_Sobre_Crecimiento_Economico_Un_Modelo_Panel_Cointegrado.pdf)
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: sugerencias para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19–37. [https://doi.org/10.1016/s0185-0849\(14\)72172-3](https://doi.org/10.1016/s0185-0849(14)72172-3)
- Cho, C. H., Chu, Y. P., & Yang, H. Y. (2014). An environment kuznets curve for GHG emissions: A panel cointegration analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 9(2), 120-129. <https://doi.org/10.1080/15567241003773192>
- Churchill, SA, Inekwe, JN, Ivanovski, K. y Smyth, R. (2018). La curva ambiental de Kuznets en la OCDE: 1870–2014. *Economía de la energía*, 75, 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.09.004>
- Cole, M., Rayner, A., & Bates, J. (1997). The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 2(4), 401-416.
- Correa Restrepo, F.; Vasco Ramírez, A.; Pérez Montoya, C. (2005) La curva medioambiental de Kuznets: evidencia empírica para Colombia grupo de economía ambiental (GEA). *Semestre Económico*, 8(15), 13-30.
- Duro, J. A., Teixidó Figueras, J., & Padilla, E. (2014). Empirics of the International Inequality in CO2 Emissions Intensity: Explanatory Factors According to Complementary Decomposition Methodologies. *Environmental and Resource Economics* (63) ,57–77. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-014-9840-6>
- Ehrlich, P. y Holdren, J. (1971). Impact of Population Growth: Complacency concerning this component of man's predicament is unjustified and counterproductive. *Science*, 171 (3977), 1212–1217. <https://doi.org/10.1126/science.171.3977.1212>
- Elcacho, J. (2019, 15 mayo). El gas del cambio climático marca un récord nunca visto en la historia humana. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/natural/20190514/462242832581/concentracion-dioxido-cabono-co2-atmosfera-bate-record-historia-humanidad.html>
- Figueroa, E. y Pastén, R. (2009). Country-specific environmental Kuznets curves: A random coefficient approach applied to high-income countries. *Estudios de economía*, 36(1), 5-32
- Grossman, G. y Krueger A. (1993), Environmental impacts of North american freetrade agreement, In: P. Garber (editor), *The U.S. – Mexico Free Trade Agreement*,

- Grossman, G. y Krueger A. (1995), Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*, (110). 353 – 78.
- Grossman, G. y Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *Working Paper 3914, National Bureau of Economic Research*, Cambridge. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Gujarati, D. y Porter, D. (2010). *Econometría quinta edición*. Mexico: McGRAWHILL/Interamericana de editores S, S.A. de C.V.
- Iglesias, J., Carmona, M., Golpe, A., Martín, J.M. (2013). La Curva de Kuznets y la emisión de CO2 en España, 1850-2008. *Economía Industrial*. (389), 135-144. <https://core.ac.uk/download/pdf/60665752.pdf>
- Leff, E. (2013). Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI Editores México.
- López, C. (2011). Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana. *Revista Fuente*, 3(9), 67- 80. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-09/4.pdf>
- López, C. (2013). Estructura económica, crecimiento y emisiones contaminantes en América Latina. *Revista de la Facultad de Economía* (47), 37-56.
- Mardones, IG (2021). Los países de la OCDE registran ganancias discretas en eficiencia energética. *Geotermia en línea*. <https://geotermiaonline.com/8276/los-paises-la-ocde-registran-discretas-ganancias-eficiencia-energetica/>
- Márquez, L.; Cuétara, L.; Cartay, L.; Labarca, N. (2020). Desarrollo y crecimiento económico: Análisis teórico desde un enfoque cuantitativo. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(1), 233-253. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i1.31322>
- Mesquita, M (2021). ¿Cuál es la relación entre el comercio internacional y la huella de carbono en América Latina y el Caribe? *Más Allá De Las Fronteras*. <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/cual-es-la-huella-de-carbono-de-las-exportaciones-de-america-latina-y-el-caribe/>
- Montero, R. (2005). Test de Hausman. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*. Universidad de Granada. España. <https://www.ugr.es/~montero/matematicas/hausman.pdf>
- Montero, R (2013): Variables no estacionarias y cointegración. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*. Universidad de Granada. España. <https://www.ugr.es/~montero/matematicas/cointegracion.pdf>
- Moreno Moreno, N. (2018). Dinámica de sistemas y la curva medio ambiental de Kuznets en Perú (1990-2015). *Semestre Económico*, 21(49), 57-58. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v21n49/0120-6346-seec-21-49-57.pdf>
- Nadal, A., & Aguayo, F. (2020). Los motores de la degradación ambiental: el modelo macroeconómico y la explotación de los recursos naturales en América Latina [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45766/1/S2000443\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45766/1/S2000443_es.pdf)
- OCDE. (2014). *Análisis de los resultados ambientales Evaluaciones de la OCDE sobre el desempeño ambiental: México 2013*. Publicaciones de la OCDE
- OCDE. (2021). Proyecto Mundial: Países miembros. Obtenido de: <https://www.oecd.org/acerca/miembros-y-socios/>

- OCDE. (sf) *El programa PISA de la OCDE Qué es y para qué sirve*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París. <https://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>
- OECD. (2009). OECD Factbook 2008 *Estadísticas económicas, ambientales y sociales: Estadísticas económicas, ambientales y sociales*. OECD Publishing.
- OMM. (2019, December 2). *La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord*. Organización Meteorológica Mundial. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>
- OMS. (s.f.). El impacto de la apertura del comercio en el cambio climático. Recuperado el 06 de febrero de 2022 de [https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/envir\\_s/climate\\_impact\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/envir_s/climate_impact_s.htm)
- ONU. (2021). Estamos en una carrera para limitar el impacto del cambio climático en los más vulnerables, afirma Guterres. <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495712>
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2 (4), 465–484. <https://doi.org/10.1017/s1355770x97000259>
- Parra, M. (2016). *La Curva de Kuznets Ambiental para los países de la OCDE a través de un análisis de datos panel* [ Tesis de maestría en Economía Ambiental, Universidad de Veracruz]. <https://www.uv.mx/meae/files/2019/11/La-Curva-de-Kuznets-Ambiental-para-los-paises-de-la-OCDE.pdf>
- Rodríguez, D.; Perrotini, I.; Venegas, F. (2012). La hipótesis de convergencia en América Latina: Un análisis de cointegración en panel. *EconoQuantum*, 9(2), 100-122. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eoqu/v9n2/v9n2a6.pdf>
- Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Revista De Economía Del Rosario*, 22 (1), 41. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.7769>
- Sánchez, R. (2013). Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. *Comisión Económica Para América Latina Y El Caribe (CEPAL)*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/11362/36622/1/S2013813\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/11362/36622/1/S2013813_es.pdf)
- Sánchez, S., Sánchez, R., Barleta, E. (28 de diciembre de 2020). *Las emisiones de CO2 en las importaciones marítimas de América Latina y revisión del cálculo de las exportaciones*. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/46535>
- Şenay S., Aykut Y. (2017). Environmental Kuznets Curve: The Evidence from BSEC Countries. *EGE Academic Review*. 17(2), 255-264. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/561703>
- Soytas, Ugur (2007). Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States. *Ecological Economics* (62), 482 – 489.
- Vaca, P.; Cartuche, I. (junio de 2018). Relación entre las emisiones de CO2 y el grado de urbanización a nivel global y entre grupos de países: un enfoque usando técnicas

- econométricas avanzadas de datos de panel. *Revista Económica*, 5(1), 81-88.  
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/economica/article/view/775/619>
- Yangari, G., Mendez, P., Rocano, J. (2020). Relación entre las emisiones de Co2, comercio y valor agregado bruto para países con diferentes niveles de ingresos. *Revista Económica*, 5(1), 105–114. Recuperado a partir de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/economica/article/view/777>
- Zilio, M. (2010). *La curva de Kuznets ambiental: Evidencia para América Latina y el Caribe* [Tesis de doctor en Economía, Universidad Nacional del Sur]. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2156/ZILIO%202011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1

*Tabla 24 Anexo: Emisiones de CO2 y PIB de los*

AÑOS	Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)	Crecimiento del PIB per cápita (% anual)	PIB per cápita
1970	10,31695223	1,158	2618,57374
1971	10,37515322	2,437	2862,59248
1972	10,75542833	4,297	3282,48052
1973	11,17114901	4,978	3922,04668
1974	10,81285871	-0,067	4347,36162
1975	10,37726051	-0,720	4822,11526
1976	10,81064771	3,826	5179,16644
1977	10,92853365	2,791	5787,80716
1978	11,11545913	3,444	6888,03548
1979	11,30258519	3,010	7881,07329
1980	10,94871493	0,379	8677,4863
1981	10,44684806	1,129	8753,09904
1982	10,01560345	-0,433	8547,34093
1983	9,874589987	1,980	8754,00041
1984	10,04675702	3,733	9083,01047
1985	10,07411556	2,878	9491,13601
1986	9,994877907	2,252	11404,1995
1987	10,23068887	2,700	13102,551
1988	10,47916438	3,803	14650,9469
1989	10,70142819	3,033	15204,2584
1990	10,23767261	2,281	16978,4
1991	10,18199236	0,510	17799,2555
1992	10,11622694	1,114	18965,0401
1993	10,11466511	0,259	19054,7811
1994	10,20200824	2,162	20198,4161
1995	10,25537813	1,863	22090,728
1996	10,50156927	2,298	22110,1479
1997	10,64554076	2,678	21618,5837
1998	10,57016038	2,062	21690,1519
1999	10,53560704	2,417	22606,7675
2000	10,72787254	3,255	22924,3288
2001	10,6631586	0,652	22551,6263
2002	10,49869048	0,782	23348,514
2003	10,60558264	1,309	25938,3326
2004	10,63269925	2,464	28666,0538

2005	10,5880111	2,083	30108,3611
2006	10,45658977	2,330	31537,283
2007	10,51282974	1,958	34262,1559
2008	10,18106615	-0,498	36030,193
2009	9,509908315	-4,110	33496,1315
2010	9,81994029	2,278	34916,0177
2011	9,586123286	1,320	37356,3801
2012	9,38340717	0,661	37106,3008
2013	9,368492598	0,867	37369,4539
2014	9,134525411	1,407	37908,8597
2015	9,028326764	1,808	35551,9671
2016	8,91541555	1,082	35990,2034
2017	8,832749761	1,915	37328,3577
2018	8,835263958	1,641	39268,5634

**Nota:** *Tabla elaborada por el autor con datos recuperados del Banco Mundial.*

## Anexo 2

**Tabla 25** *Anexo Ranking de los países más contaminantes por CO2*

Nº	PAÍSES OCDE	Ranking Emisiones de CO2
1	Canadá	7
2	Australia	8
3	Luxemburgo	9
4	Estados Unidos	12
5	República de Corea	16
6	Estonia	17
7	República Checa	22
8	Países Bajos	25
9	Japón	26
10	Alemania	27
11	Polonia	29
12	Bélgica	30
13	Finlandia	31
14	Irlanda	33
15	Austria	37
16	Noruega	40
17	Israel	41
18	Eslovenia	43
19	Nueva Zelanda	47
20	Islandia	58
21	Grecia	59

22	República Eslovaca	61
23	Dinamarca	67
24	España	70
25	Reino Unido	72
26	Italia	73
27	Turquía	76
28	Portugal	79
29	Hungría	81
30	Chile	82
31	Francia	83
32	Suiza	86
33	Lituania	90
34	Letonia	95
35	México	99
36	Suecia	108
37	Costa Rica	154
38	Colombia	157

**Nota:** *Elaboración propia con datos obtenidos de: OCDE. (2021). Proyecto Mundial: Países miembros.*

### Anexo 3

**Tabla 26** Anexo: Emisiones de  $[[CO]]_2$  (toneladas métricas per cápita)

Años	Alemania	Australia	Austria	Bélgica	Canadá	Chile	Colombia	Costa Rica	Dinamarca
1995	10,689	15,992	7,697	11,302	15,340	2,660	1,622	1,357	11,450
1996	11,021	16,361	8,154	11,761	15,642	3,020	1,587	1,247	13,927
1997	10,616	16,567	8,060	11,456	16,001	3,419	1,686	1,207	12,057
1998	10,520	17,512	8,107	11,703	16,142	3,432	1,671	1,320	11,263
1999	10,150	17,597	7,889	11,295	16,287	3,546	1,433	1,297	10,703
2000	10,097	17,690	7,930	11,441	16,783	3,247	1,469	1,249	9,871
2001	10,291	17,770	8,444	11,504	16,342	3,085	1,455	1,344	10,049
2002	10,101	17,957	8,583	10,728	16,756	3,104	1,381	1,346	10,041
2003	10,136	17,692	9,168	11,131	17,234	3,149	1,350	1,393	11,008
2004	9,947	18,148	9,276	10,941	16,820	3,417	1,336	1,406	9,971
2005	9,727	18,118	9,266	10,556	17,057	3,443	1,358	1,463	9,276
2006	9,883	18,121	8,962	10,301	16,612	3,488	1,336	1,510	10,706
2007	9,525	18,503	8,588	9,843	17,371	3,916	1,353	1,725	9,778
2008	9,616	18,283	8,500	9,984	16,549	4,085	1,356	1,685	9,123
2009	8,970	18,207	7,721	9,232	15,487	3,871	1,407	1,593	8,671
2010	9,452	17,581	8,365	9,772	15,734	4,086	1,430	1,553	8,685
2011	9,298	17,268	8,135	8,658	15,950	4,437	1,531	1,604	7,735

2012	9,450	16,969	7,724	8,550	15,761	4,511	1,526	1,589	6,833
2013	9,643	16,399	7,754	8,657	15,858	4,720	1,673	1,641	7,120
2014	9,107	15,756	7,253	8,043	15,854	4,301	1,699	1,633	6,337
2015	9,087	15,786	7,307	8,444	15,651	4,562	1,705	1,555	5,912
2016	9,073	15,872	7,256	8,324	15,245	4,732	1,739	1,649	6,177
2017	8,858	15,739	7,483	8,155	15,385	4,712	1,555	1,653	5,781
2018	8,558	15,476	7,147	8,180	15,497	4,625	1,601	1,652	5,761

**Nota:** Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita de 9 de los 38 países miembros de la OCDE con información obtenida del Banco Mundial.

#### Anexo 4

**Tabla 27** Anexo PIB per cápita

Años	Alemania	Australia	Austria	Bélgica	Canadá	Chile	Colombia	Costa Rica	Dinamarca
1995	31658,35	20319,63	30325,85	28413,83	20613,79	5107,28	2539,91	3265,69	35351,37
1996	30485,87	21861,33	29809,08	27489,56	21227,35	5349,81	2620,54	3215,11	35650,71
1997	26964,05	23468,60	26705,48	24820,94	21901,56	5745,37	2827,38	3391,98	32835,94
1998	27289,06	21318,96	27361,88	25338,44	21024,59	5446,58	2566,02	3597,43	33368,14
1999	26725,92	20533,04	27174,30	25244,28	22315,25	4957,78	2209,93	3668,80	33440,79
2000	23635,93	21679,25	24564,46	23041,53	24271,00	5074,90	2520,48	3789,05	30743,55
2001	23607,88	19490,86	24537,51	22995,16	23822,06	4574,59	2439,68	3960,31	30751,65
2002	25077,73	20082,48	26401,75	24887,56	24255,34	4446,25	2396,63	4042,71	33228,69
2003	30243,58	23447,03	32222,90	30587,67	28300,46	4772,56	2281,40	4147,82	40458,78
2004	34044,05	30430,68	36821,52	35364,38	32143,68	6194,85	2782,62	4404,71	46511,60
2005	34507,37	33999,24	38403,13	36795,98	36382,51	7598,53	3414,47	4676,38	48799,83
2006	36323,45	36044,92	40635,28	38672,71	40504,06	9464,55	3741,09	5227,47	52027,00
2007	41587,21	40960,05	46855,77	44262,90	44659,90	10502,35	4714,07	6103,74	58487,05
2008	45427,15	49601,66	51708,77	48106,89	46710,51	10751,48	5472,54	6901,39	64322,06
2009	41485,90	42772,36	47963,18	44583,54	40876,31	10208,91	5193,24	6801,04	58163,28
2010	41531,93	52022,13	46858,04	44141,88	47562,08	12808,04	6336,71	8227,13	58041,40
2011	46644,78	62517,83	51374,96	47348,53	52223,70	14637,23	7335,17	9229,83	61753,65
2012	43858,36	68012,15	48567,70	44673,12	52669,09	15351,54	8050,26	10075,00	58507,51
2013	46285,76	68150,11	50716,71	46744,66	52635,17	15842,94	8218,35	10744,09	61191,19
2014	47959,99	62510,79	51717,50	47700,54	50956,00	14670,99	8114,34	10847,17	62548,98
2015	41086,73	56755,72	44178,05	40991,81	43596,14	13574,17	6175,88	11642,78	53254,86
2016	42107,52	49971,13	45276,83	41984,10	42315,60	13753,59	5870,78	12011,22	54664,00
2017	44442,77	54027,97	47309,37	44089,31	45129,36	14998,82	6376,71	12225,57	57610,10
2018	47787,16	57354,96	51453,15	47554,75	46454,74	15888,14	6729,58	12468,58	61598,54

**Nota:** PIB per cápita de 9 de los 38 países miembros de la OCDE con información obtenida del Banco Mundial.

#### Anexo 5

**Tabla 28** *Anexo Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)*

Años	Alemania	Australia	Austria	Bélgica	Canadá	Chile	Colombia	Costa Rica	Dinamarca
1995	21,587	19,885	34,723	56,264	33,069	26,341	20,963	41,645	31,903
1996	22,146	19,393	35,834	58,020	33,270	28,122	20,845	44,045	31,404
1997	24,282	18,900	37,840	60,902	36,204	28,476	20,756	46,004	33,406
1998	25,178	20,475	38,576	60,535	38,052	28,800	20,902	48,075	34,113
1999	26,407	20,791	38,903	60,607	38,254	26,581	17,803	44,981	33,349
2000	30,678	21,594	42,014	69,683	38,556	28,784	16,752	43,595	38,137
2001	30,218	22,139	42,919	67,965	36,304	30,744	18,514	40,344	38,414
2002	28,342	20,783	41,629	65,254	35,648	30,590	18,167	41,189	38,852
2003	29,038	21,201	41,817	63,679	32,974	30,657	19,941	42,656	37,043
2004	30,513	19,917	43,925	66,012	32,865	29,931	19,093	43,049	38,279
2005	32,859	21,006	45,414	70,246	32,902	31,457	20,452	45,758	41,948
2006	36,017	21,710	47,247	72,763	32,650	29,304	21,913	46,501	46,637
2007	36,552	21,848	48,172	74,167	32,054	31,338	20,666	45,874	48,585
2008	37,726	22,709	48,825	80,208	32,629	39,366	21,058	47,595	50,652
2009	33,109	22,793	41,855	66,572	29,959	29,296	18,732	35,127	42,629
2010	37,303	20,840	47,758	74,148	31,041	31,319	17,924	34,683	43,577
2011	40,149	20,470	51,154	80,796	31,820	34,444	20,194	36,167	47,426
2012	40,207	21,730	51,179	80,342	32,243	34,150	20,024	35,397	48,610
2013	39,660	21,252	50,625	78,526	31,899	32,774	19,900	33,475	48,221
2014	39,001	21,467	50,117	78,982	32,642	32,162	20,853	33,828	47,651
2015	39,325	21,510	49,338	76,387	34,315	29,596	22,711	30,758	48,630
2016	38,696	21,527	48,576	78,235	33,861	27,539	21,486	30,918	46,743
2017	40,074	20,613	50,891	82,143	33,647	27,217	20,138	32,309	47,902
2018	41,133	21,441	52,420	83,259	34,237	28,814	20,635	32,435	50,415

**Nota:** Importaciones de 9 de los 38 países miembros de la OCDE con información obtenida del Banco Mundial.

## Anexo 6

**Tabla 29:** *Anexo Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)*

Años	Francia	Grecia	Hungría	Irlanda	Islandia	Israel	Italia	Japón	Letonia
1995	22,62	14,43	39,19	73,52	35,00	27,37	24,67	8,82	34,58
1996	23,06	14,29	41,88	74,91	35,80	26,95	23,70	9,32	40,46
1997	25,52	16,22	47,91	77,12	35,53	27,82	24,15	10,38	39,74
1998	26,13	16,30	52,93	84,32	33,77	28,52	24,06	10,37	39,28
1999	26,08	19,26	55,64	86,46	32,46	32,57	23,20	9,81	35,07
2000	28,59	23,72	66,86	94,39	32,13	35,47	25,63	10,46	36,83
2001	28,27	22,79	64,88	95,22	36,94	31,23	25,65	10,08	38,05
2002	27,53	20,11	58,14	90,45	35,52	32,81	24,41	10,86	36,58

2003	26,11	18,54	56,33	80,84	32,62	34,53	23,30	11,47	36,12
2004	26,47	20,71	59,65	80,48	32,41	39,05	24,01	12,79	39,00
2005	27,03	21,31	62,64	79,53	30,36	40,74	24,60	13,82	43,08
2006	27,94	21,17	73,87	79,03	30,41	40,76	26,17	15,66	39,84
2007	27,85	22,52	77,94	80,84	32,84	40,44	27,36	17,29	38,32
2008	28,12	23,36	79,28	84,33	40,30	38,43	26,86	17,24	39,37
2009	24,84	18,98	74,40	93,56	48,72	33,19	22,40	12,42	42,36
2010	26,79	21,80	81,27	103,25	51,75	34,76	25,07	14,92	53,45
2011	28,42	25,49	86,19	103,27	54,55	35,45	26,87	14,77	57,88
2012	29,20	28,74	86,11	104,27	54,93	36,06	28,38	14,41	61,11
2013	29,36	30,25	85,58	103,81	53,25	33,79	28,63	15,78	59,93
2014	29,67	32,46	87,29	109,96	51,52	32,27	29,11	17,42	61,17
2015	30,59	32,17	87,60	121,98	51,65	31,48	29,72	17,44	60,28
2016	30,25	31,33	86,50	121,54	47,48	30,22	29,33	16,06	59,61
2017	30,95	34,98	86,01	121,13	45,73	29,66	30,73	17,59	61,63
2018	31,71	38,96	83,89	122,99	46,64	30,26	31,35	18,33	61,42

**Nota:** Exportaciones de 9 de los 38 países miembros de la OCDE con información obtenida del Banco Mundial.

## Anexo 7

**Tabla 30:** Anexo Población total de los países miembros de la OCDE

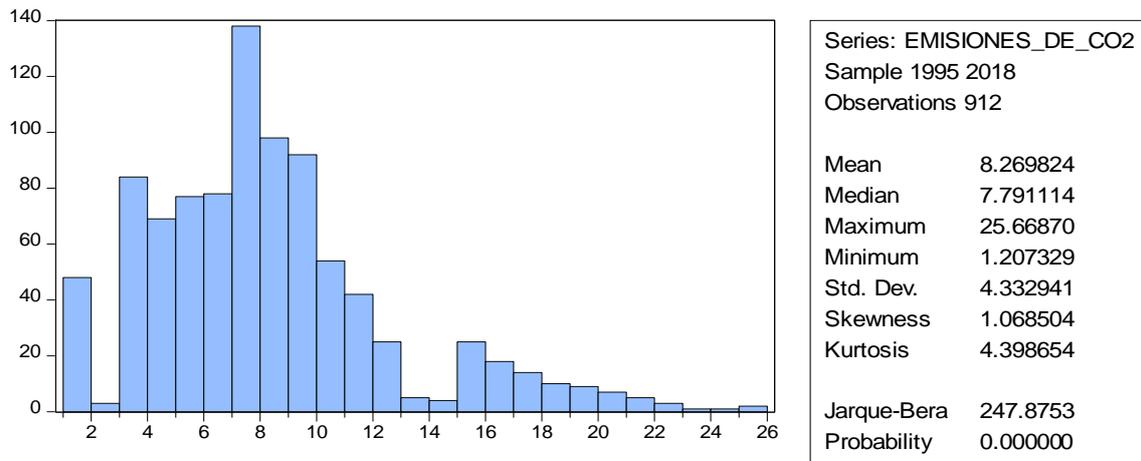
Años	Suecia	Suiza	Turquía	Polonia	Portugal	México
1995	8826939	7040687	58486453	38594998	10026176	91663290
1996	8840998	7071850	59423278	38624370	10063945	93147045
1997	8846062	7088906	60372571	38649660	10108977	94611008
1998	8850974	7110001	61329665	38663481	10160196	96056313
1999	8857874	7143991	62287391	38660271	10217828	97484823
2000	8872109	7184250	63240196	38258629	10289898	98899845
2001	8895960	7229854	64192243	38248076	10362722	100298152
2002	8924958	7284753	65145357	38230364	10419631	101684764
2003	8958229	7339001	66089402	38204570	10458821	103081020
2004	8993531	7389625	67010930	38182222	10483861	104514934
2005	9029572	7437115	67903461	38165445	10503330	106005199
2006	9080505	7483934	68756809	38141267	10522288	107560155
2007	9148092	7551117	69581854	38120560	10542964	109170503
2008	9219637	7647675	70418612	38125759	10558177	110815272
2009	9298515	7743831	71321406	38151603	10568247	112463886
2010	9378126	7824909	72326992	38042794	10573100	114092961
2011	9449213	7912398	73443254	38063255	10557560	115695468
2012	9519374	7996861	74651046	38063164	10514844	117274156
2013	9600379	8089346	75925454	38040196	10457295	118827158
2014	9696110	8188649	77229262	38011735	10401062	120355137
2015	9799186	8282396	78529413	37986412	10358076	121858251

2016	9923085	8373338	79827868	37970087	10325452	123333379
2017	10057698	8451840	81116451	37974826	10300300	124777326
2018	10175214	8514329	82340090	37974750	10283822	126190782

**Nota:** Población total de 6 de los 38 países miembros de la OCDE con información obtenida del Banco Mundial.

## Anexo 8

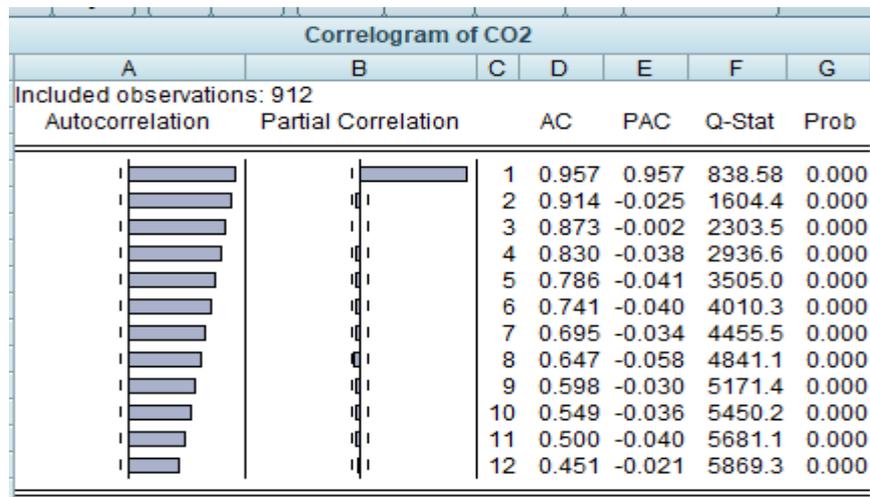
**Gráfico 7:** Histograma Emisiones de co2



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 9

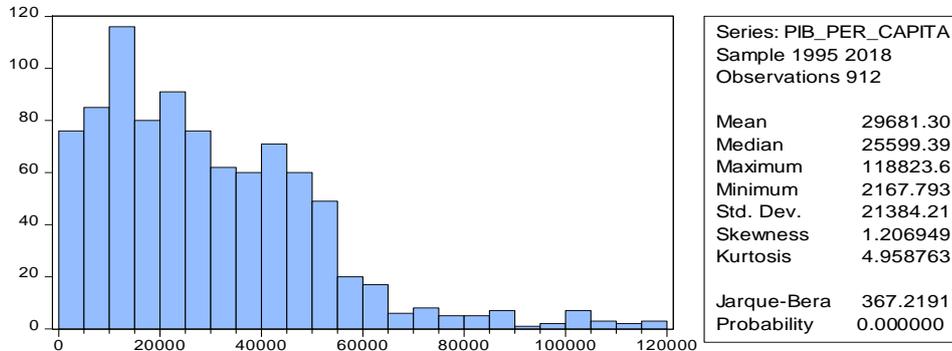
**Gráfico 8:** Correlograma CO2



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 10

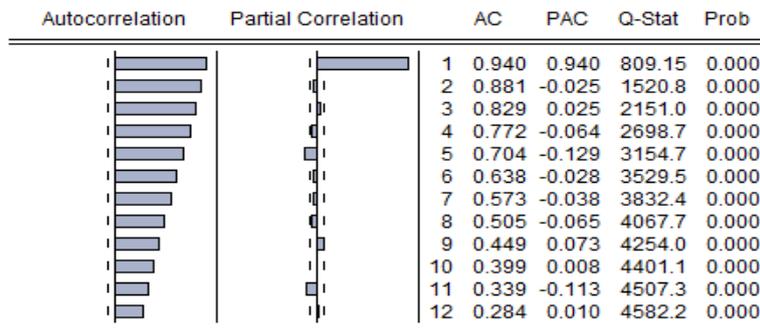
**Gráfico 9:** Histograma PIB per cápita



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 11

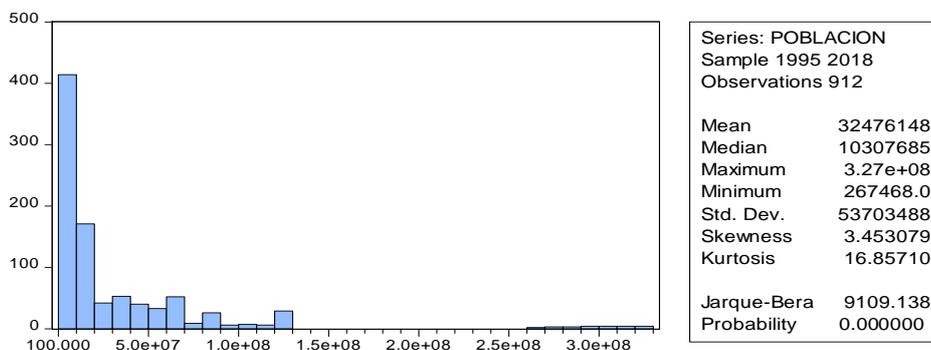
**Gráfico 10:** Correlograma PIB per cápita



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 12

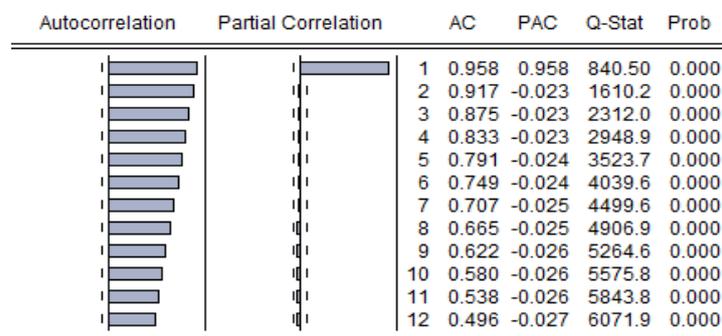
**Gráfico 11:** Histograma población



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 13

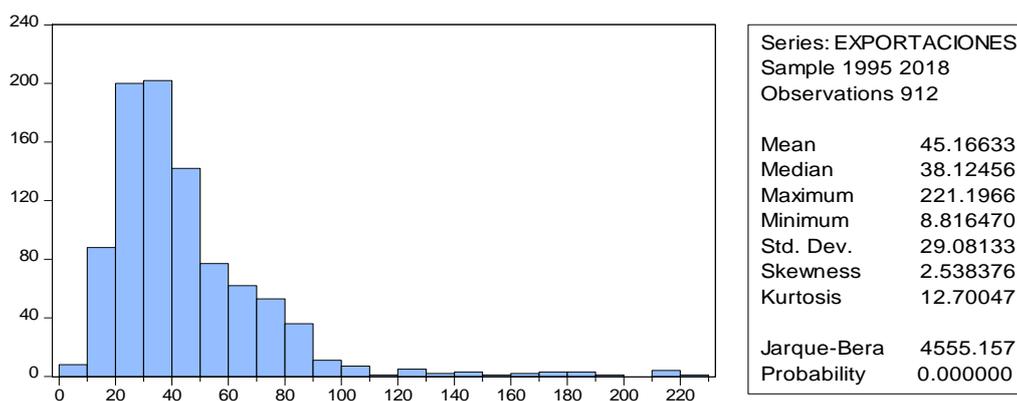
**Gráfico 12: Correlograma Población**



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 14

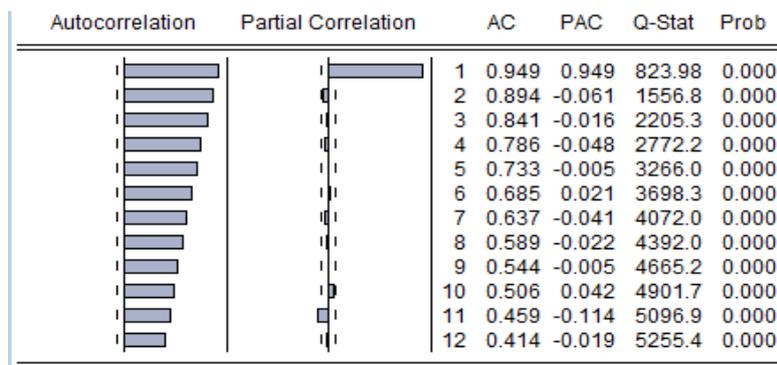
**Gráfico 13: Histograma Exportaciones**



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 15

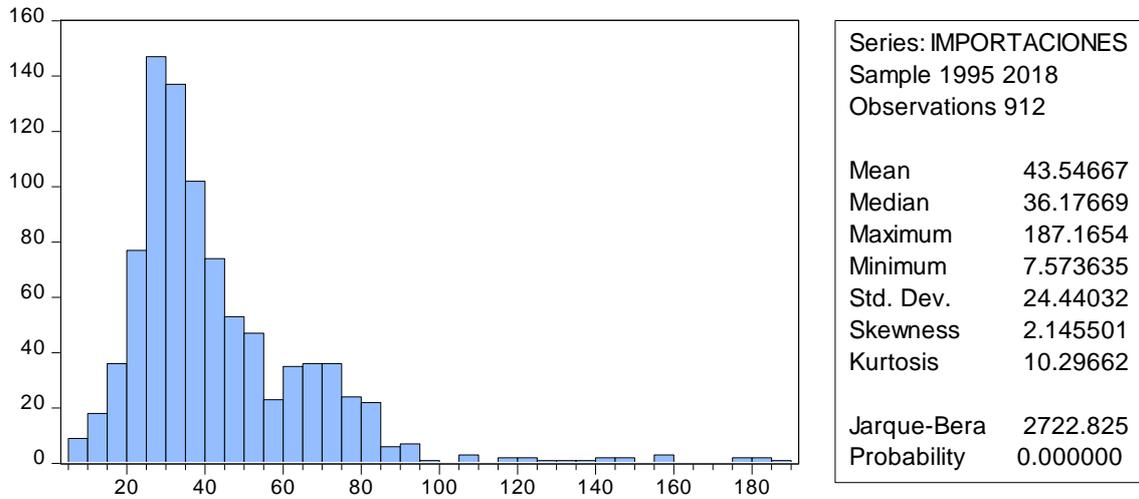
**Gráfico 14: Correlograma Exportaciones**



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 16

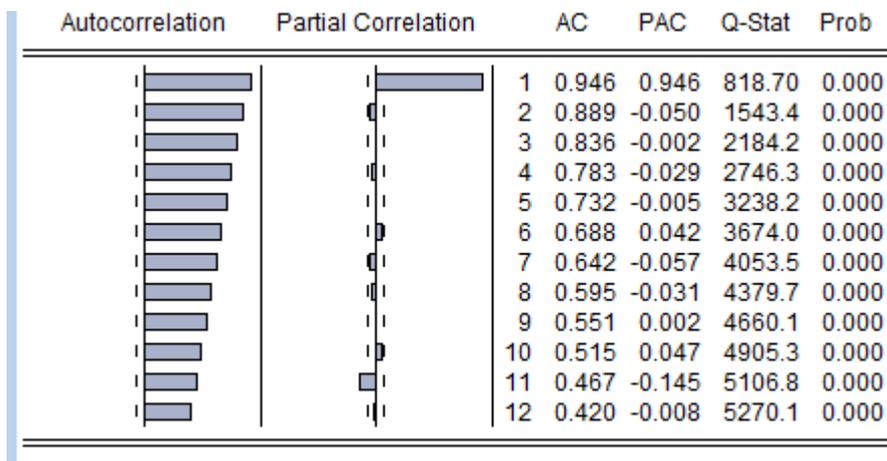
**Gráfico 15:** Histograma Importaciones



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial

## Anexo 17

**Gráfico 16:** Correlograma Importaciones



**Nota:** Tabla elaborada por el autor con ayuda del programa Eviews y con datos recuperados del Banco Mundial