

# Trabajo Fin de Grado

Economía del Medio Ambiente: La Curva de  
Kuznets Ambiental (CKA) en el mundo durante  
el año 2019

Environmental Economics: The Kuznets Curve in the  
world during 2019

Autor

Jorge Lago Gámez

Director

Majed Atwi Saab

## RESUMEN

Con el paso del tiempo, los temas de carácter ambiental van tomando cada vez más peso en lo que respecta a temas de interés común. Los diferentes gases de efecto invernadero (GEI) generados por la acción humana, especialmente desde la industrialización están provocando consecuencias irreversibles en los ecosistemas del planeta en el que vivimos. Mediante diferentes acuerdos, protocolos y conferencias se está tratando de suavizar el impacto de estas emisiones sobre la Tierra, antes de que esta pueda llegar a resultar inhabitable. Aunque la realidad es que, debido, entre otras cosas, al constante crecimiento de la población y el desarrollo económico de los países, los niveles de Co<sub>2</sub> (el cual va a ser el gas en el que centraremos el estudio) así como de otros gases está en constante crecimiento y el ritmo es cada vez más acelerado. Analizaremos la efectividad y cumplimiento de este tipo de acuerdos y la posición de la Unión europea frente a ellos.

A través de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) analizaremos la situación global actual (datos de 2019) y como el aumento de la renta per cápita de determinados países influye directamente en el nivel de emisiones de dióxido de carbono. Como los países desarrollados son aquellos que más contaminan y las diferentes consecuencias para los ecosistemas, desde el calentamiento global con todo lo que ello implica, hasta la extinción de especies y ecosistemas. Estudiaremos esta situación global a través de la exposición de 3 modelos, con la diferencia entre ellas de la introducción de alguna variable explicativa, y escogeremos el modelo que más represente a dichas variables.

Finalmente, no hemos podido encontrar una evidencia de la curva ambiental de Kuznets (CKA) para el Co<sub>2</sub> a nivel global dentro del rango muestral de los actuales ingresos de los países. Consideramos inviable el resultado de la curva, casi 300.000 dólares per capita de renta, en un país donde existen tantas desigualdades. La solución por parte del gobierno podría ser la implantación de políticas urgentes y efectivas para la reducción de las emisiones de Co<sub>2</sub>.

## **ABSTRACT**

As time goes by, environmental issues are gaining more and more weight in terms of issues of common interest. The different greenhouse gases (GHG) generated by human action, especially since industrialization, are causing irreversible consequences on the ecosystems of the planet on which we live. Through different agreements, protocols and conferences, efforts are being made to soften the impact of these emissions on the Earth before it becomes uninhabitable. However, the reality is that, due to, among other things, the constant growth of the population and the economic development of countries, the levels of Co<sub>2</sub> (which will be the gas on which we will focus our study) as well as other gases are constantly increasing and the pace is accelerating. We will analyze the effectiveness and compliance of this type of agreements and the position of the European Union with regard to them.

Through the Environmental Kuznets Curve (EKC) we will analyze the current global situation (2019 data) and how the increase in per capita income of certain countries directly influences the level of carbon dioxide emissions. How developed countries are those that pollute the most and the different consequences for ecosystems, from global warming with all that this implies, to the extinction of species and ecosystems. We will study this global situation through the exposition of 3 models, with the difference between them of the introduction of some explanatory variable, and we will choose the model that best represents these variables.

Finally, we have not been able to find evidence of an environmental Kuznets curve (EKC) for Co<sub>2</sub> at the global level within the sample range of current country incomes. We consider the result of the curve, almost \$300,000 per capita income, to be unfeasible in a country where there are so many inequalities. The government's solution could be to implement urgent and effective policies to reduce Co<sub>2</sub> emissions.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	7
1.1 Antecedentes .....	7
1.2 Coyuntura Económica .....	8
1.3 Motivación Personal .....	11
2. LA CURVA DE KUZNETS .....	12
2.1 Introducción.....	12
2.2 La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) .....	12
3. GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	13
4. EL CAMINO HACIA EL PROTOCOLO DE KYOTO .....	16
4.1 Introducción.....	16
4.2 Antecedentes.....	17
4.3 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.....	18
4.4 Creación del Protocolo de Kyoto (PK).....	18
4.5 Evolución a cuerdos posteriores (COP21).....	19
5. MARCO TEÓRICO .....	20
5.1 Obtención de datos .....	20
6. ANÁLISIS ECONOMETRICO DE LA SITUACION GLOBAL ACTUAL.....	22
6.1 Introducción.....	22
6.2 Modelo A: .....	23
6.3 Modelo B: .....	26
6.4 Modelo C:.....	28
6.5 Conclusión del modelo .....	30
7. CONCLUSIONES.....	30
8. BIBLIOGRAFÍA .....	31

## INDICE TABLAS Y GRAFICOS

Gráfico 1: Curva de Kuznets Ambiental .....	13
Gráfico 2: Keeling Curve .....	16
Gráfico 3: Gráfico dispersión variable estimada vs observada CO <sub>2</sub> pc vs PIBpc (M.A)	24

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La economía ambiental es la rama de la economía que se encarga de estudiar los posibles efectos de las políticas ambientales. También se ocupa de hallar el método más efectivo de regular la actividad económica para reducir el impacto que esta produce en el medio ambiente.

A través de la hipótesis planteada por Simon Kuznets, en la que se establece una relación directa entre el crecimiento económico y la distribución igualitaria del ingreso per cápita. Esta hipótesis se representa a través de una curva en forma de U invertida, en este trabajo realizaremos el estudio sobre las variables de PIB per cápita y emisiones de CO<sub>2</sub> de diferentes países. La curva indicara que, en la parte inicial, conforme aumenta el crecimiento económico de un país también lo hace su deterioro ambiental. Esto llegaría a un “turning point” provocado por la entrada de la tecnología, la cual provocará que el PIB per cápita siga aumentando a medida que las emisiones comiencen a disminuir.

El dióxido de carbono (Co<sub>2</sub>) se origina de dos formas: natural y antropogénica. Esta última es la generada por la actividad humana. Desde la época de la industrialización (especialmente desde 1850), los niveles se han disparado y hasta el día de hoy siguen aumentando.

En 1997 los países industrializados se comprometieron a tomar medidas para intentar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 5% con respecto a los datos de 1990. Este denominado protocolo de Kyoto, el cual explicare más adelante, ha desembocado en el acuerdo de Paris, pasando a firmar de 84 a 195 países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo.

Desde los inicios de la industrialización la presencia del Co<sub>2</sub> ha alcanzado valores insostenibles para la atmosfera. El factor principal de este brusco incremento en las emisiones de dióxido de carbono se debe principalmente a la combustión de determinados elementos de la naturaleza. Dichos elementos, al entrar en combustión es cuando

producen estas emisiones nocivas. Puede tratarse de combustibles sólidos (como el carbón), líquidos (como es el caso del diésel, el queroseno, la gasolina y el petróleo) o en estado gaseoso (como el gas natural).

El exceso de estas emisiones ha provocado que el porcentaje de dióxido de carbono en nuestra atmósfera se haya catapultado, y ha generado problemas tales como la contaminación del aire, la acidificación de los océanos o el tan conocido calentamiento global. Es difícil ser optimista cuando se habla de reducción de contaminación de la atmósfera, ya que, a pesar de llevarse a cabo una concienciación y lucha contra dicho deterioro, se siguen registrando cada día cifras cada vez más altas en las estadísticas. Se trata, obviamente, de un problema de todos, aunque existen datos que confirman que alrededor del 72% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero son generados por tan solo 10 países. China encabeza, de lejos, el ranking de países emisores de CO<sub>2</sub>, cabe decir que solo China, que se encuentra en el primer lugar del ranking de países emisores de CO<sub>2</sub>, llegando a alcanzar los niveles de Estados Unidos, India, Rusia y Japón juntos. Los países más desarrollados son los que lideran este ranking. Es importante por esto, analizar los valores per cápita, ya que las diferencias de población entre países son muy grandes.

Hasta el momento todos los intentos por reducir estas emisiones de carbono han resultado inútiles. En la primera mitad del 2020 se produjo un descenso en algunos países debido a las restricciones derivadas del Covid-19. Aunque se estima que la vuelta a la normalidad ha supuesto una vuelta a la situación anterior a la pandemia.

## 1.2 Coyuntura Económica

En los países más desarrollados, al disponer de tecnologías más avanzadas para la transformación de la energía, se permiten emplear menos energía para desarrollar la misma función que los países en vías de desarrollo, y precisan de menor esfuerzo humano para obtener el mismo rendimiento gracias a una buena organización empresarial.

Los países menos desarrollados, tratan de compensar esa desventaja en la productividad a través de bajos salarios y mayores horas de trabajo. Emplean fuentes de energía más accesibles y económicas como el carbón. Es por esto que una reducción de emisiones en

aquellos países con menor poder adquisitivo provocaría una pérdida de competitividad y desventaja, mayor aun, que la ya existente con los países más desarrollados.

Cabe destacar que los ahora países desarrollados han conseguido sus avances sin las restricciones, normas e impuestos con las que se cuentan hoy en día. Esto ralentiza mucho el progreso y la posibilidad de igualar la estructura industrial y tecnológica entre países.

El primer gobierno en contratar a un economista para realizar un estudio sobre las consecuencias del cambio climático fueron los británicos en el año 2006. Fue a cargo de Nicholas Stern, el cual redactó un informe en el que, entre otras cosas, comentó la necesidad de destinar alrededor del 2% del PIB mundial a reparar las consecuencias del cambio climático. En este informe describía a los gases de efecto invernadero como “el más grande de todos los fallos de mercado que han existido”. A pesar de esto, la idea no fue llevada a cabo hasta más de diez años después, en el que William D. Nordhaus recibió nada menos que el premio Nobel de Economía por introducir el cambio climático en el análisis macroeconómico a largo plazo.

Este cambio climático genera unas consecuencias, las cuales están llamando la atención tanto de expertos en el mundo de la economía como de la inversión, los cuales consideran fundamental la reducción de estas con el fin de conservar la estabilidad en la economía y lo consideran un gran reto difícil de alcanzar, de los mayores de la economía moderna. Algunas consecuencias relacionadas con este cambio que estamos experimentando y cada vez es más grande son:

- La caída en la productividad agrícola
- Aumento de precio de los alimentos
- Desastres naturales, cada vez más frecuentes, que azotan normalmente a regiones con pocos recursos económicos, provocando un aumento de la presión migratoria hacia zonas menos conflictivas.
- Desertificación de zonas provocando una falta de agua
- Escasez de recursos que desembocan en conflictos internacionales
- Etc.

El cambio climático afecta a la economía de diversas formas. Tras la creación a través de los años de un mundo globalizado, ya no existe independencia económica en los países.

Las consecuencias del cambio climático generadas en las diferentes regiones, afectan tanto a la zona en cuestión como a los otros países participantes en el mercado global. También causa consecuencias económicas en cascada, las cuales afectan tanto a la productividad como a la capacidad laboral, interfiriendo en el ámbito de la energía, el agua y el transporte, hechos que afectan negativamente a la demanda energética y a la probabilidad de provocarse un incendio. Es importante tener en cuenta como se está complicando que determinados sectores de producción (construcción, turismo...) sean capaces de continuar su actividad habitual. Las empresas han descubierto que, aparte de querer crear un vínculo con el consumidor que ayude el posicionamiento de sus productos, su actividad está en riesgo si no se suman a este movimiento de mejora. La Responsabilidad Social Corporativa (RSC) de las empresas juegan un papel fundamental para cumplir las indicaciones relacionadas con el desarrollo sostenible marcadas en el Pacto Verde Europeo. La instauración de un modelo sostenible y respetuoso con el planeta mediante un cambio del diseño industrial o del sistema de producción puede resultar una inversión inicial inasequible en algunas compañías. A pesar de eso, puede generar nuevas oportunidades de negocio que provoquen enormes beneficios para la empresa, además de estar contribuyendo a la preservación del planeta mediante el desarrollo sostenible. Algunas de las opciones para la consecución de este objetivo pueden ser:

- **Economías circulares:** Este modelo consiste en el aprovechamiento de los recursos, transformándolos para darles una nueva utilidad en el mercado, alargando así su vida. Consiste en una producción poco invasiva, a través de materiales biodegradables, y cuenta con ventajas como la disminución de residuos, el ahorro en costes y materias primas.
- **Energías renovables:** Son sistemas de energía limpia que se extraen de fuentes naturales virtualmente inagotables, bien por la enorme cantidad de energía que poseen o por su capacidad de auto regenerarse. Las más conocidas y utilizadas por los humanos son la energía solar, la eólica, la hidráulica y la geotérmica. Son mucho menos dañinas para el medio ambiente, incentivan el autoconsumo por medio de recursos gratuitos y, si son capaces de gestionarlo, puede proporcionar independencia energética a determinados países que no cuentan con recursos como, por ejemplo, combustibles fósiles.
- **I+D+i:** La remodelación de la actual estructura productiva, necesita investigadores para la búsqueda de materiales no conocidos, la creación de sistemas más productivos

y el desarrollo de teorías innovadoras con el objetivo de la resolución de problemas de la actualidad, pero de una forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente, genera una ventana a nuevos puestos de trabajo, titulaciones y especialidades que están aún por crear.

### 1.3 Motivación Personal

Me pareció interesante realizar el estudio incluyendo países de todo el mundo ya que el cambio climático es algo que nos afecta de manera global. De esta forma he podido analizar con más exactitud como dependiendo del nivel de renta per capita de cada país, su porcentaje de emisiones es mayor o menor.

He decidido centrarme en las emisiones de dióxido de carbono (Co2) ya que son las principales responsables del cambio climático que estamos sufriendo debido a su alto porcentaje almacenado en el planeta, y el principal problema es su formación de forma antropogénica, es decir, generado por la acción económica humana.

Considero muy importante tratar el tema de la contaminación ambiental, ya que, las consecuencias son cada vez más visibles e irreversibles. Desde hace años se está realizando una gran inversión para comprobar la posible habitabilidad en diferentes planetas, veo más practico tratar de conservar el nuestro ya que creo firmemente que no podemos disponer de otro planeta con condiciones parecidas a las de la Tierra, con estas condiciones climáticas y su gran riqueza en alimentos.

A través de diferentes asociaciones, protocolos y acuerdos se está tratando de minimizar el impacto de estas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aunque la realidad es que cada vez crecen a un ritmo más acelerado.

Considero fundamental generar una conciencia social real, fijar unos objetivos alcanzables y cumplirlos, para así, dejar un planeta habitable con toda su diversidad a las futuras generaciones. A través de este trabajo veremos cuales son las formas para que esta idea se convierta en una realidad.

## 2. LA CURVA DE KUZNETS

### 2.1 Introducción

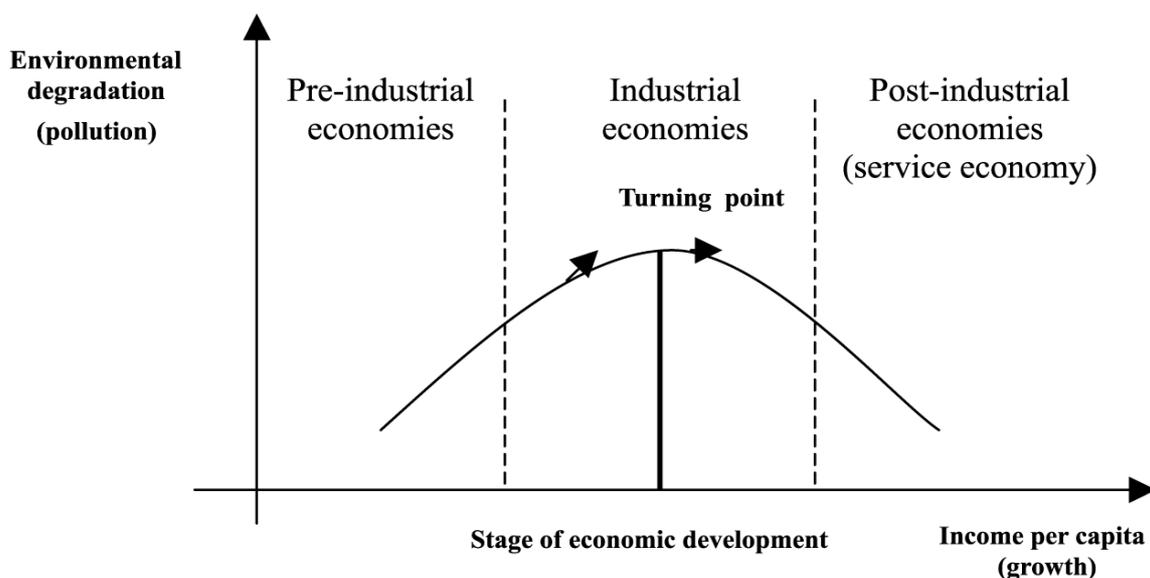
Simon Kuznets, nacido en Pinsk, Imperio Ruso (actual Bielorrusia) en 1901, a temprana edad, en 1922 emigro a Estados Unidos donde estudio en la Universidad de Columbia. Allí realizo diversos estudios en el campo de la economía y la estadística, los cuales le hicieron ganar, entre otras cosas, el Premio Nobel de Economía en 1971. Entre otros temas, destacan sus aportaciones en el campo del crecimiento económico y la distribución del ingreso. En su hipótesis sostenía que las naciones industrializadas experimentaban un alza y posteriormente una caída en la desigualdad económica. Esto se representaba gráficamente como una 'U' invertida.

### 2.2 La Curva de Kuznets Ambiental (CKA)

Concretamente en este trabajo nos centraremos en una modificación de esta teoría, desarrollada por Alan Krueger y Gene Grossman y posteriormente analizada y publicada por el Banco Mundial, la cual sigue los mismos principios básicos del estudio inicial, llamada *La Curva Ambiental de Kuznets*.

Esta modificación se ha popularizado con el fin de analizar el aumento y posterior caída de los niveles de contaminación, en este caso emisiones de Co<sub>2</sub>, de las economías más desarrolladas. Los indicadores de este tipo de emisiones muestran cada vez niveles más altos conforme aumenta el nivel de renta de un determinado país, causa de la industrialización de este.

Gráfico 1: Curva de Kuznets Ambiental



Fuente: (Panayotou, 1993)

Tanto las emisiones como el nivel de renta van aumentando proporcionalmente, hasta que se alcanza este “*turning point*” generado por la entrada de nuevas tecnologías que permiten al país invertir en políticas ambientales con el fin de reducir este impacto ambiental en sus actividades de producción y consumo. Estas economías van especializándose cada vez más en el sector terciario y las actividades de producción son trasladadas a países con un menor nivel de renta (Grossman, G., & Krueger A., 1995).

Esta deslocalización es evidente ya que, por ejemplo, las emisiones de carbón a nivel mundial continúan aumentando de manera constante. Esto se traduce en una modernización de la estructura comercial del carbón, en el que se exporta a determinados países los niveles de contaminación provocados por su extracción y tratamiento y se importa el producto final para ser consumido finalmente en las naciones más desarrolladas.

### 3. GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los gases de efecto invernadero provocan la retención, dentro de la atmósfera, del calor producido por los diferentes ecosistemas de la Tierra, impidiendo así el intercambio natural con el exterior. Esto provoca el denominado calentamiento global, que produce un aumento de las temperaturas a nivel global. Dicho aumento es el causante de

fenómenos como el deshielo de los glaciares, el calentamiento de las aguas o el incremento de las superficies áridas.

Como he comentado anteriormente, este tipo de gases pueden originarse de dos formas, natural y antropogénica mente. Vamos a analizar las más comunes:

- **Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)**

El vapor de agua es el gas de efecto invernadero con mayor concentración en la atmósfera. Se produce de forma natural y es el causante de aproximadamente 2 de las 3 partes del efecto invernadero, atrapando la radiación infrarroja entre sus moléculas.

- **Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)**

Este gas es producido principalmente de manera natural por procesos microbiológicos como la nitrificación y desnitrificación en suelos y océanos, aunque también se produce de forma antropogénica, a través de la combustión industrial o los gases procedentes del escape de la combustión interna de los vehículos. Se encuentra en proporciones pequeñas, aunque tiene una gran capacidad para retener el calor. Es destruido foto químicamente en la alta atmosfera.

- **Metano (CH<sub>4</sub>)**

El metano es considerado el responsable de aproximadamente el 10% del total del efecto invernadero en el planeta y es provocado por la acción humana en torno al 60-80%. Tiene una capacidad para retener el calor 20 veces mayor que el dióxido de carbono y se origina por la degradación de la materia orgánica en un entorno sin oxígeno. Los principales generadores de este gas son los pantanos, vertederos, puntos de extracción de combustibles fósiles o la digestión del ganado.

- **Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>)**

Esta sustancia es utilizada como material aislante de gran eficiencia en instalaciones eléctricas, turbinas eólicas y también para la prevención de

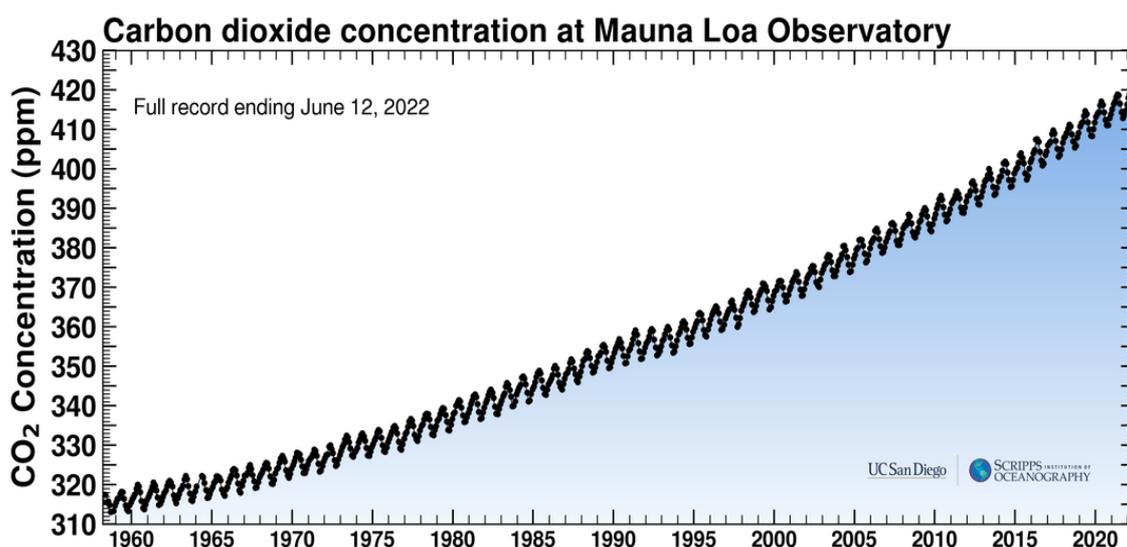
incendios. Tiene un potencial de calentamiento global más alto que cualquier otra sustancia comentada anteriormente y conocida, produciendo un efecto invernadero 23 500 veces más alto que el dióxido de carbono.

- **Dióxido de Carbono (Co2)**

A lo largo de este trabajo nos centraremos especialmente en las emisiones de este gas y su impacto sobre el medio ambiente. El dióxido de carbono es el causante de alrededor del 15% de los gases de efecto invernadero de nuestra atmosfera. Puede generarse tanto de forma natural como antropogénica. De no haber acción humana en los diferentes ecosistemas, esta se mantendría en niveles aceptables y en equilibrio, respetando las variaciones estacionales provocadas por la fotosíntesis de las plantas. Las principales emisiones de dióxido de carbono en su forma antrópica son causadas por las combustiones de carbón, gas natural y petróleo, así como el uso excesivo de tierras agrícolas y la deforestación.

En la actualidad, la concentración de Co2 en la atmosfera alcanza niveles históricos, los más altos en la historia de la humanidad. La Organización Meteorológica Mundial, y el observatorio Mauna Loa (Hawaii) a través de la llamada “Keeling Curve”, una gráfica que se encarga de medir las variaciones de concentración de dióxido de carbono en la atmosfera, registra, a día de hoy, 421.10 partes por millón (ppm).

Gráfico 2: Keeling Curve



Fuente: Mauna Loa Observatory (Hawaii)

Como podemos ver en la gráfica, que representa la comentada Curva Keeling del Observatorio Mauna Loa, las emisiones de Co<sub>2</sub> no han parado de subir desde que tenemos registros de ellas. Es por eso que el secretario general de la Organización Mundial del Medioambiente, Petteri Taalas, hace especial hincapié en el cumplimiento de las promesas hechas en el Acuerdo de Paris (2015), quien recalca que está creciendo a un ritmo más rápido que nunca, y parece estar haciéndose lo contrario para cumplimentar dicho acuerdo.

## 4. EL CAMINO HACIA EL PROTOCOLO DE KYOTO

### 4.1 Introducción

En la historia han surgido un gran número de conferencias y cumbres, con el objetivo de firmar tratados con un único objetivo: reducir las emisiones de efecto invernadero causadas por la acción humana, las cuales están teniendo consecuencias adversas sobre el clima. Comentaremos los acuerdos que nos han llevado finalmente al protocolo de Kyoto, acuerdo que se encarga de centralizar todas las negociaciones anteriores y cuyo objetivo final es el comentado anteriormente, así como construir un crecimiento sostenible global.

## 4.2 Antecedentes

La comunidad científica lleva años tratando de explicar el porqué de los cambios en el equilibrio climático, y descubriendo, a inicios del s.XIX, que existía un efecto invernadero generado de manera natural por la acumulación de determinados gases que quedaban dentro de la atmosfera. Entre las diversas muestras tomadas a través de los años, fue entre los años 50 y 80 que se apreciaba una acumulación de Co2 muy por encima de lo normal.

Esto generó en la primera conferencia mundial sobre el medio ambiente, la Convención Climática de Estocolmo en 1972, en la cual se elaboró la Declaración y el plan de acción de Estocolmo para el medio humano. Esta conferencia sirvió para iniciar diálogos entre los países industrializados y en desarrollo sobre el vínculo entre el crecimiento económico, la contaminación del aire, el agua y los océanos y el bienestar de las personas de todo el mundo. También se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Algunas consecuencias visibles impulsaron la creación del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) en el año 1988, el cual presento dos años después un estudio en el que participaban 400 científicos que hacía referencia a las investigaciones que se estaban llevando a cabo en ese momento sobre el clima, y que evidenciaba el calentamiento global.

La repercusión de este estudio provoco que se aprobara la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), firmado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (Río de Janeiro, 1992). Actualmente, los estudios del IPCC son empleados para la toma de decisiones referentes a la CMNUCC, la cual es fundamental para entender las negociaciones efectuadas en el Protocolo de Kyoto.

La implicación de los países en este proyecto ha sido causada, principalmente, por:

- El aumento de la temperatura media de la Tierra, así como de la actividad de los trópicos, que se traduce en mayor número de ciclones y huracanes
- Deshielo de los polos en el Ártico y la Antártida, así como los glaciares de montaña.
- Variación de la regularidad de las precipitaciones: Aumentando drásticamente en algunas regiones, lo que desemboca en catástrofes naturales, y disminuyendo en otras, provocando fuertes sequías.

- Migración de especies animales y plantas hacia los polos, ya sea por la temperatura o la destrucción de su hábitat.

### 4.3 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

También conocida como CMNUCC, tiene como objetivo final tratar de prevenir la intromisión humana considerada como peligrosa en el sistema climático.

Entró en vigor el 21 de marzo de 1994, y a día de hoy, forman parte de ella prácticamente todos los países del planeta, un total de 197 países la conforman. Surge de una “Convención de Río” en el año 1992, de donde también salieron el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica y la Convención de Lucha en contra de la Desertificación. Ambos están correlacionados entre sí.

En estas circunstancias se creó también el Grupo de Enlace Mixto con el fin de crear cooperación entre estas tres convenciones, creando alianzas para apuntar hacia el mismo objetivo común. Recientemente se ha incorporado la Convención de Ramsar centrada en los Humedales.

La CMNUCC es firmada en Nueva York el mismo año de la Convención de Río (1992) y su entrada en vigor es dos años después (marzo de 1994). La importancia de esta convención consiste en la creación de un acuerdo multilateral, el Protocolo de Montreal (1987), la cual inculcaba a las naciones participantes una obligación moral de velar por la protección y seguridad de los habitantes de la Tierra, aun careciendo de evidencia científica. El fin último de esta convención era la concienciación de la realidad del problema climático.

### 4.4 Creación del Protocolo de Kyoto (PK)

Surge de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) junto con un acuerdo internacional cuyo principal objetivo es la reducción de los 6 principales gases de efecto invernadero (GEI), que están amenazando la existencia del planeta y alterando el equilibrio del ecosistema. Se redactó un documento en el que se obligaba a los países industrializados miembros a controlar e informar sobre sus emisiones de GEI, y el trabajo de la CMNUCC es impulsar a estos a cumplir dichas

metas. La diferencia entre el PK y la CMNUCC es que la última propone el compromiso con el M.A, mientras que el PK es de carácter coactivo.

Creado el 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón, aunque su entrada en vigor un fue hasta el 16 de febrero de 2005. Su estructura está basada en los principios básicos de la Convención, y cuenta con objetivos relacionados con la reducción de emisiones de los países vinculados, un total de 37 países más la Unión Europea, los cuales eran, en el año de su creación, los principales causantes de este tipo de emisiones. A finales de 2009 contaba con la adhesión de 187 naciones.

Se pactó una reducción, de mínimo, el 5% de las emisiones para los años 2008-2012, teniendo como referencia el año 1990, aunque posteriormente fue alargado para 2020.

Independientemente del éxito o fracaso de estos objetivos, el PK ha incentivado a los países el establecimiento de políticas y leyes para el cumplimiento de sus metas, ha mantenido presente la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) de las empresas respecto a sus inversiones y ayudado a la creación de los llamados bonos de carbono.

Los 6 gases de efecto invernadero (GEI) sobre los que se basa este protocolo son:

- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Metano (CH<sub>4</sub>)

Así como otros 3 gases de carácter industrial fluorado:

- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

#### 4.5 Evolución a cuerdos posteriores (COP21)

Han surgido muchas reuniones a raíz del PK, amparadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en la que están implicadas las naciones participantes del Protocolo de Kyoto. Las más relevantes fueron la Conferencia de Lima (diciembre de 2014), que fue la antesala para asentar las bases de la Conferencia de París (COP21) de finales del año siguiente.

En esta última se establecieron los objetivos básicos de la lucha contra el cambio climático que entrarían en acción en el año 2020.

Este último acuerdo es importante ya que es la primera vez que se logra un acuerdo universal para luchar contra el cambio climático, ya que, los 197 países se han comprometido a la reducción de los gases de efecto invernadero en el largo plazo. Este acuerdo busca mantener los niveles de calentamiento global por debajo de 1.5-2° C, de acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Se ha acordado realizar reuniones periódicas de 5 años con el fin de analizar la evolución y aplicar medidas en el caso de su no cumplimiento, así como la transparencia de sus resultados frente al resto de países. Por último, han prometido también la opción de financiar a países con menor nivel de desarrollo para poder controlar sus emisiones y ahorrar problemas futuros.

Recientemente, el día 6 de junio de 2022, se ha producido el último encuentro de la Cumbre Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en la ciudad de Bonn, Alemania, en la que se abordan los mismos temas y avances de la COP21, “escasos” y poco efectivos, según Ecologistas en Acción.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Obtención de datos

Para la recopilación de datos sobre los diferentes países nos hemos ayudado de la fuente Greenhouse Gas Emissions from Energy. El carácter del estudio es de corte transversal, por lo que la muestra que debíamos seleccionar era grande. Así que hemos seleccionado todos los países del mundo.

Al carecer de datos de muchos países en el año 2020, hemos retrocedido a 2019, en el que conteníamos datos suficientes de las tres variables a analizar, a excepción de Eslovenia, el cual hemos excluido del estudio.

Hemos realizado los cálculos pertinentes para trabajar con valores per cápita, la unidad de medida son los kilos, y la moneda utilizada ha sido el dólar. Hemos considerado que dichas unidades eran las más manejables y didácticas debido a los datos de los que disponíamos.

Las variables a analizar son las siguientes:

- **Variable endógena:**

- Serán las **emisiones de Co2 per cápita** de cada país, y la trataremos en su forma logarítmica con el fin de trabajar con porcentajes y facilitar el tratado de los resultados

- **Variables explicativas:**

- **Producto Interior Bruto per cápita (PIBpc):** En la fuente de la que he me he ayudado para la realización del estudio no contaba con este dato, así que tuve que calcularlo mediante el cociente entre las emisiones de Co2 per cápita de cada país multiplicado por mil y un dato resultado de la relación entre el Co2 y el PIB resultantes de las paridades del poder adquisitivo. Es decir:

$$((\text{Co2} - \text{POP}) * 1000 / (\text{Co2} - \text{GDP PPP}))$$

Lo multiplicamos por mil ya que unos datos nos los daba en dólares per cápita y el otro en miles de dólares per cápita, así finalmente los datos los obtendremos en miles de dólares per cápita. También aplicaremos logaritmos a esta variable.

- **Producto Interior Bruto per cápita al cuadrado (PIBpc<sup>2</sup>):** los resultados de la variable anterior aplicándole cuadrados.
- **Producto Interior Bruto per cápita al cubo (PIBpc<sup>3</sup>):** esta variable es introducida en el modelo C con el fin de comprobar si, además de una “U” invertida, la función experimentaba una subida posterior quedando finalmente con forma de “N”.
- **Consumo Total de Energía per cápita para cada país (TESpc):** Esta variable tampoco estaba, así que hubo que calcularla también. Esta vez

despejándola a través del cociente de dos variables ya existentes, las emisiones de Co2 per cápita y el cociente entre las emisiones de Co2 y el Consumo Total de Energía, sería;

$$(Co2 - POP / (Co2 / TES ))$$

## 6. ANÁLISIS ECONOMETRICO DE LA SITUACION GLOBAL ACTUAL

### 6.1 Introducción

Las series que vamos a emplear serán: Producto Interior Bruto per capita (PIBpc) y las emisiones de dióxido de carbono per capita (Co2pc), indicaremos el grado de degradación ambiental global en el año 2019.

El modelo econométrico que emplearemos con el fin de contrastar la hipótesis de la CKA es el siguiente:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_t^2 + u_t \quad (1)$$

Utilizaremos la aproximación log-log. La variable endógena ( $y_t$ ), la variable objeto de estudio, serán las emisiones de dióxido de carbono per capita (Co2pc) en su forma logarítmica. Con el fin de representar la relación cuadrática que existe entre la renta y la degradación ambiental, en la otra parte de la ecuación (sistemática) representadas de forma exógena y explicativa de la emisión de gases contaminantes, emplearemos el Producto Interior Bruto per capita (PIBpc) también en su forma logarítmica ( $x_t$ ), así como su cuadrado ( $x_t^2$ ). Por último, introduciremos la variable de la perturbación aleatoria ( $u_t$ ), la cual recopila factores que hayan podido ser omitidos, carentes de impacto en las emisiones.

Al simplificar a dos variables explicativas el modelo presentado por Dinda (2004), las relaciones deducidas de la ecuación son:

- i)  $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ . Una relación en forma de “U” invertida, es decir, se ratifica la hipótesis de la CKA.

ii)  $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ . Una relación en forma de “U”

## 6.2 Modelo A:

Vamos a utilizar un modelo log-log, es decir, con las variables en logaritmos, tanto las explicativas como la endógena. Esto lo hacemos así con el fin de facilitar la comprensión de los datos, ya que resulta más intuitivo analizar los resultados en porcentajes.

Los estudios tradicionales sobre la Curva de Kuznets nos indican que, si beta 1 es mayor que cero y la beta 2 es menor que cero ( $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ ) en este modelo en el que solo se tiene en cuenta el PIBpc (per cápita) y el PIBpc al cuadrado, la relación entre ambas variables formaría una “U” invertida, es decir, comprobándose que se ratifica la hipótesis inicial que Kuznets planteó en sus estudios. Sin embargo, si beta 1 es negativa y beta 2 es positiva ( $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ ), existiría una forma de “U”, lo que estaría contradiciendo la hipótesis inicial.

```

Modelo 11: MCO, usando las observaciones 1-146
Variable dependiente: l_CO2pc

              coeficiente  Desv. típica  Estadístico t  valor p
-----
const         -23.8040     3.28272       -7.251         2.39e-011 ***
l_GDPpc       4.20372          0.707254        5.944         2.03e-08 ***
sq_l_GDPpc    -0.166870          0.0377692       -4.418         1.95e-05 ***

Media de la vble. dep.  0.944755  D.T. de la vble. dep.  1.302618
Suma de cuad. residuos  48.00505  D.T. de la regresión  0.579396
R-cuadrado          0.804888  R-cuadrado corregido  0.802159
F(2, 143)           294.9557  Valor p (de F)        1.80e-51
Log-verosimilitud   -125.9671  Criterio de Akaike    257.9342
Criterio de Schwarz  266.8850  Crit. de Hannan-Quinn  261.5711

Contraste de especificación RESET -
Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]
Estadístico de contraste: F(2, 141) = 0.0156328
con valor p = P(F(2, 141) > 0.0156328) = 0.98449

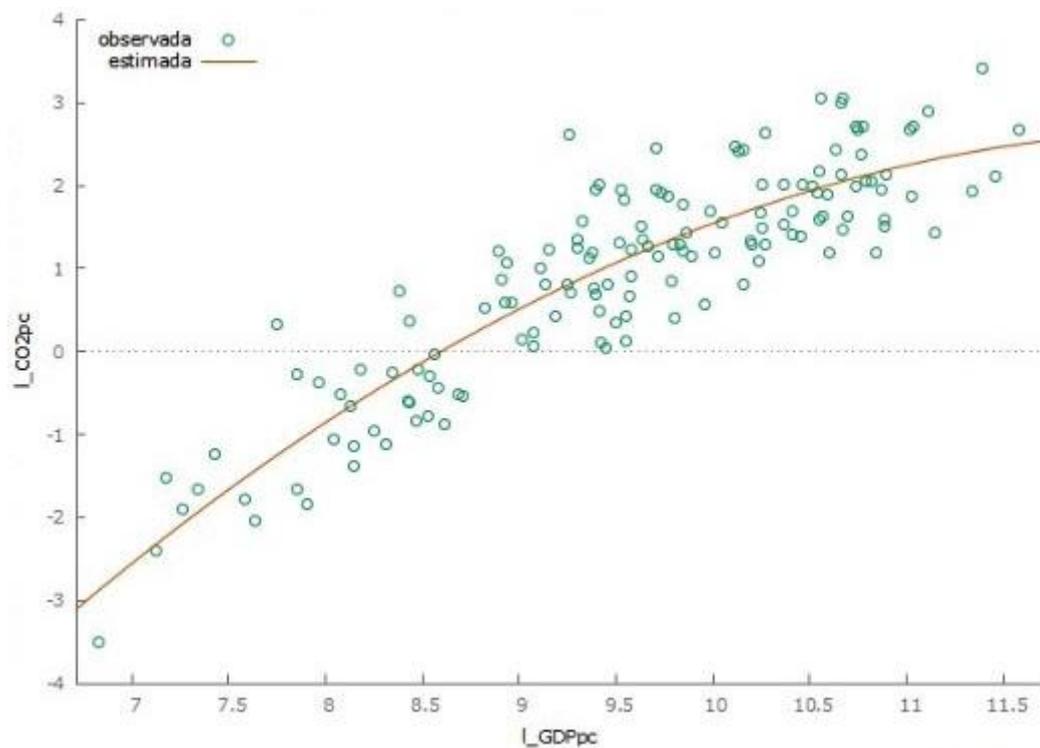
Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 0.411819
con valor p = P(Chi-cuadrado(2) > 0.411819) = 0.813907

```

En nuestro modelo inicial, solo con el PIBpc y el PIBpc al cuadrado, vemos como nuestra beta 1 ( $\beta_1 = 4.20372$ ) toma valor positivo y nuestra beta 2 ( $\beta_2 = -0.16687$ ) toma valor negativo, lo que significa que estamos comprobando como si existe una relación en forma de “U” invertida, ratificando la hipótesis inicial de la Curva de Kuznets. Además, podemos ver que el valor de R cuadrado es 0.805, y el R cuadrado corregido es de 0.802 lo cual nos hace ver que es un modelo que explica de forma correcta y con un grado de bondad bastante alto la variable dependiente.

Si volvemos al resumen del modelo, podemos comprobar que tanto la constante, así como Beta 1 ( $\beta_1$ ) y Beta 2 ( $\beta_2$ ), son significativas individualmente, al 1%, al 5% y al 10% del nivel de significación, presentando unos p-valores muy pequeños. Si miramos la significatividad conjunta de las variables explicativas del modelo (FAV) podemos ver como toma un valor de  $F(2, 143) = 294.9557$ , y con un p-valor muy por debajo de cualquier nivel de significación que escojamos, ya sea el 1, el 5 o el 10%, demostrando que las variables también son conjuntamente significativas.

Gráfico 3: Gráfico dispersión variable estimada vs observada CO2pc vs PIBpc (Modelo A)



Fuente: Elaboración propia a partir de Gretl

Además, al efectuar el contraste de Reset con el fin de comprobar si la forma funcional del modelo es adecuada o no, tomando cuadrados y cubos para su estimación, podemos ver que el estadístico toma un valor de 0,011563, mientras que su p-valor es 0,9845. Este p-valor es mayor que el nivel de significación que escogamos, ya sea el 1, 5 o 10%, con lo cual no rechazamos la hipótesis nula, y el modelo está correctamente especificado.

```

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan
MCO, usando las observaciones 1-146
Variable dependiente: uhat^2 escalado

            coeficiente   Desv. típica   Estadístico t   valor p
-----
const      0.301613      7.56123        0.03989        0.9682
l_GDPpc    0.225170      1.62905        0.1382         0.8903
sq_l_GDPpc -0.0157221    0.0869955     -0.1807        0.8568

Suma de cuadrados explicada = 0.823638

Estadístico de contraste: LM = 0.411819,
con valor p = P(Chi-cuadrado(2) > 0.411819) = 0.813907

```

Con el fin de averiguar si existe homocedasticidad, elegimos realizar el contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan y comprobamos como, después de hacer el estadístico y obtener el p-valor no rechazamos la hipótesis nula, es decir, este modelo tampoco tiene ningún problema de homocedasticidad. Con este resultado podemos concluir que el ajuste de este modelo inicial es bastante bueno, y cumple con todas las expectativas que fueron planteadas inicialmente en los modelos de Kuznets.

### **Turning Point**

El *Turning Point* es el momento exacto en que la Curva de Kuznets comienza a descender, dándole así la famosa forma de “U” invertida que describe al modelo. En otras palabras, y en este caso, sería el nivel de renta per cápita (en dólares) a partir del cual el nivel de renta medio de todos los países del planeta seguiría aumentando, pero las emisiones de Co2, gracias a la inversión en tecnología y políticas de disminución de emisiones,

descenderían. Para hallar el *Turning Point*, habrá que realizar una derivada parcial de la siguiente función:

$$\beta_1 + 2\beta_2 X = 0, \beta_1 / 2 \beta_2 = -4,20372 / 2*(-0,166870)$$

Al trabajar en logaritmos el resultado serío:  $\ln \text{PIBpc} = 12.59579$ , por lo que le aplicaremos base  $e^{12.59579} = 295.313,6$  dólares per cápita, sería el nivel de renta media global para alcanzar este *Turning Point*.

Al calcularlo, podemos observar que esta fuera de la muestra o capacidad de los países.

```
Quitando PAISES: serie formada por cadenas de caracteres
```

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
CO2pc	4.8012	3.3650	0.030000	30.680
CO2GDPPPP	0.22260	0.17500	0.030000	1.3100
GDPpc	22534	14793	925.93	1.0672e+005
TESpc	0.10133	0.061737	0.0027430	0.69749
l_CO2pc	0.94475	1.2134	-3.5066	3.4236
l_GDPpc	9.5578	9.6016	6.8308	11.578
l_TESpc	-2.7844	-2.7849	-5.8987	-0.36026
sq_l_GDPpc	92.466	92.192	46.660	134.05
uhat6	-1.7618e-014	-0.061818	-1.0016	1.8071
yhat6	0.94475	1.1745	-2.8754	2.4977
sq_l_TESpc	8.8063	7.7557	0.12979	34.795
l_GDPpc3	904.57	885.20	318.72	1552.0

Como podemos observar en la tabla, el país que cuenta con la renta per cápita máxima, Luxemburgo, con un total de 106.723,9 dólares per cápita, es casi tres veces menos que la renta media necesaria para alcanzar el *Turning Point*. La diferencia es aun mas notable al compararlo con la renta media global que existe, que son 22.534 euros, un 7,6% del total de la renta necesaria para alcanzar este punto. Podemos observar que resulta inviable en la practica llevar a cabo la Curva de Kuznets a nivel mundial.

### 6.3 Modelo B:

Vamos a realizar un nuevo modelo en la que, en este caso, introducimos una variable explicativa más, con el objetivo de comprobar si podemos ajustar todavía aún más el modelo, o quedarnos con el planteado inicialmente.

El siguiente modelo es igual que el anterior, cuenta con las mismas variables explicativas del modelo anterior, pero en este caso introducimos otra variable, la del Consumo Total de Energía per cápita, TESpc, de sus siglas en ingles Total Energy Supply, también en logaritmos.

```
Modelo 12: MCO, usando las observaciones 1-146
Variable dependiente: l_CO2pc
```

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-17.9122	2.45311	-7.302	1.86e-011	***
l_GDPpc	4.14897	0.516331	8.035	3.27e-013	***
sq_l_GDPpc	-0.200703	0.0277360	-7.236	2.65e-011	***
l_TESpc	0.804550	0.0715812	11.24	2.30e-021	***
Media de la vble. dep.	0.944755	D.T. de la vble. dep.	1.302618		
Suma de cuad. residuos	25.40420	D.T. de la regresión	0.422969		
R-cuadrado	0.896747	R-cuadrado corregido	0.894566		
F(3, 142)	411.0872	Valor p (de F)	8.79e-70		
Log-verosimilitud	-79.51049	Criterio de Akaike	167.0210		
Criterio de Schwarz	178.9554	Crit. de Hannan-Quinn	171.8702		

Vemos que su contraste de significatividad individual es rechazado, con lo cual es significativo, tanto al 1, al 5 y al 10%. Podemos ver como aumenta ligeramente el r cuadrado y el r cuadrado corregido con respecto al Modelo A, con lo cual su capacidad de predicción se ajusta mucho mejor que el modelo anterior.

Al comprobar la significatividad conjunta de los parámetros (FAV) o pendientes del modelo, vemos que se rechaza la hipótesis nula del FAV, con lo cual también son conjuntamente significativas, siendo un modelo más adecuado.

```

Modelo 13: MCO, usando las observaciones 1-146
Variable dependiente: l_CO2pc
Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HCl

-----
                coeficiente  Desv. típica  Estadístico t   valor p
-----
const          -17.9122      3.69107        -4.853         3.17e-06 ***
l_GDPpc        4.14897      0.755181       5.494         1.77e-07 ***
sq_l_GDPpc    -0.200703    0.0394040     -5.093         1.10e-06 ***
l_TESpc        0.804550    0.0988276      8.141         1.81e-013 ***

Media de la vble. dep.  0.944755  D.T. de la vble. dep.  1.302618
Suma de cuad. residuos 25.40420  D.T. de la regresión   0.422969
R-cuadrado           0.896747  R-cuadrado corregido   0.894566
F(3, 142)            219.4770  Valor p (de F)         4.12e-53
Log-verosimilitud   -79.51049  Criterio de Akaike     167.0210
Criterio de Schwarz  178.9554  Crit. de Hannan-Quinn  171.8702

Contraste de especificación RESET -
Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]
Estadístico de contraste: F(2, 140) = 3.65341
con valor p = P(F(2, 140) > 3.65341) = 0.0284029

Contraste de especificación RESET (cuadrados sólo) -
Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]
Estadístico de contraste: F(1, 141) = 0.822594
con valor p = P(F(1, 141) > 0.822594) = 0.36597

Contraste de heterocedasticidad de White -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 30.5573
con valor p = P(Chi-cuadrado(8) > 30.5573) = 0.000168404

```

Al analizar el mismo modelo, pero esta vez con desviaciones típicas robustas, vemos que arroja prácticamente los mismos resultados, ajustándose ligeramente por encima, prefiriendo siempre este por la corrección que supone hacer el modelo en desviaciones. Al realizar el contraste de Reset, observamos que si que pasa dicho contraste para comprobar si la forma funcional es correcta, aportando un p valor =  $P(F(1, 141) > 0.822594) = 0.36597$ , muy por encima del nivel de significación estándar, que es el 5%. Sin embargo, podemos ver que presenta problemas de heterocedasticidad, que al tratarse de un modelo con datos de corte transversal es algo normal, porque los países que hemos seleccionado tienen diferencias entre ellos.

#### 6.4 Modelo C:

Con todo lo mencionado anteriormente realizaremos un nuevo modelo, que llamaremos Modelo C, en el que eliminamos la variable explicativa del Consumo Total de Energía per cápita (TESpc) que habíamos añadido para el Modelo B, e introduciremos una nueva

variable, la del PIBpc al cubo (PIBpc<sup>3</sup>) con el fin de comprobar si además de tener una forma de “U” invertida, experimenta un crecimiento posterior de la función de estimación, quedándose finalmente con una forma de “N”.

```

Modelo 10:
MCO, usando las observaciones 1-146
Variable dependiente: l_CO2pc

```

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-20.4444	23.7977	-0.8591	0.3917
l_GDPpc	3.09358	7.82012	0.3956	0.6930
sq_l_GDPpc	-0.0459153	0.849369	-0.05406	0.9570
l_GDPpc3	-0.00434820	0.0305036	-0.1425	0.8868

Media de la vble. dep.	0.944755	D.T. de la vble. dep.	1.302618
Suma de cuad. residuos	47.99818	D.T. de la regresión	0.581391
R-cuadrado	0.804916	R-cuadrado corregido	0.800794
F(3, 142)	195.2968	Valor p (de F)	3.47e-50
Log-verosimilitud	-125.9567	Criterio de Akaike	259.9133
Criterio de Schwarz	271.8477	Crit. de Hannan-Quinn	264.7625

Sin considerar la constante, el valor p más alto fue el de la variable 9 (sq\_l\_GDPpc)

Contraste de especificación RESET -  
Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]  
Estadístico de contraste: F(2, 140) = 0.909816  
con valor p = P(F(2, 140) > 0.909816) = 0.404965

Contraste de heterocedasticidad de White -  
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]  
Estadístico de contraste: LM = 1.11811  
con valor p = P(Chi-cuadrado(6) > 1.11811) = 0.980736

Como hemos podido observar en el resumen de los coeficientes de desviaciones típicas y estadísticos, comprobamos que las variables no son individualmente significativas, es decir, ninguna de ellas por si sola son capaces de explicar la variable endógena. Para seguir, todos los p-valores de los contrastes de significatividad individual se sitúan por encima de 0,05, es decir, un nivel de significación del 5%, por lo cual aceptamos la hipótesis nula de que todas toman valor 0.

Podemos ver cómo hay una discrepancia con la significatividad conjunta por medio del FAV, y aunque, el R cuadrado salga positivo, esto nos podría indicar que existen posibles problemas de multicolinealidad entre las variables. Este hecho podríamos comprobarlo si realizásemos el análisis de la inflación de la varianza u otro contraste con el fin de asegurarnos, aunque todos los indicios indican este problema de multicolinealidad. Además, si realizamos el contraste de forma funcional vemos que si lo supera con un p-valor = P (F (2, 140) > 0.909816) = 0.404965, mayor que el nivel de significación del

5%, y que aparentemente, no presenta problemas de homocedasticidad, aunque estos dos contrastes estarán condicionados por el problema de posible multicolinealidad que hemos mencionado anteriormente, con lo cual vemos que tampoco es un modelo que podamos tomar como correcto.

### 6.5 Conclusión del modelo

Tras el estudio y análisis de los tres modelos propuestos, vemos que el Modelo A, el primero que hemos estimado, es el que mejor representa los datos que hemos escogido, y también el que mejor se adecua a las hipótesis de los estudios sobre esta función de estimación con forma de “U” invertida. Podemos observar como todas las variables son correctas y presentan indicadores estadísticos bastante significativos en todos los ámbitos. Quizás podría mejorarse y ajustarse todavía más si fuéramos capaces de encontrar una variable explicativa que no fuese, por ejemplo, la de Consumo Final de Energía per cápita (TESpc) del Modelo B, ya que esta variable hace que el modelo sea más significativo, pero presenta problemas de homocedasticidad. Podríamos encontrar dicha variable en futuras vías de investigación de una curva ampliada.

## 7. CONCLUSIONES

A través de este trabajo hemos podido analizar los diversos gases que producen efectos adversos sobre el medio ambiente. Como con el Protocolo de Kyoto y posteriores se esta tratando de minimizar el impacto que este tipo de emisiones producen en los diversos ecosistemas y la atmosfera del planeta, aunque desgraciadamente, no están teniendo éxito ya que, la emisión de estos gases no para de aumentar, y cada vez a un ritmo mas acelerado.

Hemos analizado el estudio basado en la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) centrado en la contaminación en el mundo durante el año 2019, utilizando las variables de emisiones de dióxido de carbono y producto interior bruto y relacionándolas entre sí, viendo una relación directa entre el aumento de la renta per cápita y las emisiones de Co<sub>2</sub>, verificando así, el estudio de la curva.

Lo hicimos a través de tres modelos diferentes: A, B y C. En el primer modelo incluimos las variables del PIB per cápita y esta misma al cuadrado, en el segundo añadimos una

variable explicativa relacionada con el consumo total de energía, y en el tercero aplicamos cubos a la variable del PIB per cápita con el fin de descubrir la forma final de la curva. Finalmente, optamos por el primer modelo, el Modelo A, ya que era el que mejor representaba la hipótesis de los estudios sobre la función con forma de “U” invertida. Independientemente de eso, el estudio del *Turning Point* nos ha demostrado que es inviable, al menos a día de hoy, alcanzar un nivel de renta medio global con el que poder disminuir nuestras emisiones a medida que nuestra renta aumenta. Como conclusión, tenemos mucho trabajo por delante en lo que respecta al cambio climático, tanto a nivel nacional como internacional, si no es que ya sea demasiado tarde.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

¿*Qué es el Protocolo de Kyoto?* (s.f.). Obtenido de United Nations, Climate Change: [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)

*Acciones unidas.* (s.f.). Obtenido de Acción por el clima | El Acuerdo de París: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

*Conferencia de París o COP21 | Política Exterior.* (2020). Obtenido de France Diplomatie: <https://www.diplomatie.gouv.fr/es/politica-externior/clima-y-medio-ambiente/la-lucha-contra-el-cambio-climatico/conferencia-de-paris-o-cop21/>

Dasgupta, S., Laplante, B., & Mamingi, N. . (2001). Pollution and capital market in developing countries. *Journal of Environmental Economics and Management* 42, 310-335.

Dinda, S. C. (2000). Air quality and economic growth: an empirical study. *Ecological Economics* 34, 409-423.

Ekins, P. (1997). The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence. *SAGE journals*.

Ekins, P. (2000). Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth. *Routledge*.

*El impacto económico del cambio climático.* (24 de 01 de 2022). Obtenido de El Blog de CaixaBank: <https://blog.caixabank.es/blogcaixabank/el-impacto-economico-del-cambio-climatico/#>

*Emisiones de CO2 - Toneladas per cápita.* (s.f.). Obtenido de Datosmacro-com | Expansión: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2>

Grossman, G., & Krueger A. (1995). *Economic Growth and the Environment.* Obtenido de Quarterly Journal of Economics, 110, 353-377.:

<https://doi.org/10.2307/2118443>

MOOMAW, W.R. Y UNRUH, G.C. . (1997). Are Environmental Kuznets Curve misleading us? The case of CO2 emissions. *Environment and Development Economics*, 2, 451- 464.

*Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* (s.f.). Obtenido de United Nations, Climate Change: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-convention/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>

*Quién fue Simon Kuznets / Biografía y pensamiento económico.* (s.f.). Obtenido de Muy Financiero: <https://muyfinanciero.com/biografias/economistas/simon-kuznets/>

Roca, J. (2003). Do individual preferences explain Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 3-10.

Rothman, D. (1998). Environmental Kuznets curves, real progress or passing the buck? : A case for consumption. based approaches. *Ecological Economics*, 25 , 177-194.

Shafic, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence.*

Torras, M. B. (1998). Income, inequality and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 195-208.

Zilio, M. I. (2012). Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de economía*, 43-54.

