



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Cambio Climático y la relación entre el desarrollo de las economías y las emisiones de gases contaminantes

Climate Change and the Relationship between the development of economies and emissions of polluting gases

Autor

César Serena Masip

Directores

Domingo Gallego Martínez y María Isabel Ayuda Bosque

Facultad de Economía y Empresa

2018-2019

RESUMEN

El cambio climático es uno de los grandes problemas de hoy, sus consecuencias a medio y largo plazo podrían ser cruciales para el desarrollo y sostenibilidad de la raza humana. El objetivo que tiene este trabajo es definir el cambio climático y como nos afecta, hablar también del calentamiento global y los gases de efecto invernadero, cuya emisión desmesurada hace que se acentúe el problema.

Veremos la evidencia del cambio climático, viendo diferentes mediciones y observaciones que corroboran el cambio de tendencia en los últimos 150 años, y como parte central de la teoría, sus consecuencias económicas, como daños en las ciudades más importantes del mundo o la recurrente intensidad de algunas catástrofes como incendios forestales o migraciones masivas. Para continuar con esta parte teórica, veremos la CKA o Curva de Kuznets Ambiental, definiéndola y dando a conocer sus principales fundamentos y efectos que la condicionan, como los efectos del comercio o de las regulaciones ambientales internacionales.

Después veremos un apartado en el que repasamos la literatura de los modelos econométricos que se basan en la CKA, el primer y principal modelo fue formulado en la década de los 90 por una serie de econométricos, en el cual establecen como variable endógena las emisiones de CO₂, y como variable exógena principal el PIB per cápita de los países que se utilizan como datos en el estudio. Para obtener la forma de la Gráfica de la CKA, se utiliza como variables el PIB al cuadrado y al cubo, y se le añade una variable que engloba otros aspectos menos relevantes. El segundo modelo es igual que el anterior pero añadimos la variable del Gasto en I+D+i.

Obteniendo los valores de los parámetros que acompañan a las variables, y sabiendo que implicaciones tienen sus signos, veremos que ocurre con la teoría principal de la Curva de Kuznets Ambiental, los cuales han servido de referencia para multitud de trabajos sobre el medioambiente, y ver si el gasto público en innovación tiene efectos sobre la reducción de las emisiones.

Para acabar el trabajo, plantearemos un breve modelo econométrico con la variable del PIB per cápita, su cuadrado y cubo. Los datos de este modelo son Series Temporales, diferentes de los datos de Panel utilizados en la mayoría de estudios, por lo que las conclusiones de este modelo pueden estar sujetas a multitud de restricciones y críticas si no se lleva a cabo un tratamiento correcto de las series temporales.

ABSTRACT

Nowadays, climate change is one of the biggest problems, the consequences in the medium to long term could be essential for the development and sustainability of the human race. The aim of this paper is to define climate change and how it affects us, also we will talk about the global warming and greenhouse gases, whose exorbitant emission makes more severe the problem.

We will see the evidence of climate change, seeing different metrics, calculations and observations that corroborate the change in trend in the last 150 years, and as a central part of the theory, the economic consequences, such as damages in the most important cities in the world or recurrent intensity of some catastrophes such as woodlands fires or mass migrations. Continuing with the theoretical part, we will see the Environmental Kuznets Curve or EKC, defining it and showing the main effects, such as International Trade Effects or Environmental Regulations.

We will see a section in which we review the Econometric Literature, models that are based on the CKA, the main model was formulated in the 90s by some econometricians, they established as an endogenous variable, the CO₂ emissions, the exogenous variable is the GDP per capita of the countries. To obtain the CKA Graph, they use the squared and cubed GDP, and a variable that includes other aspects is added. The second model is the same as the previous one but we add the R&D expenditure.

They got the values of the parameters that accompany the variables, and knowing the signs, we will see what happens with the main theory of the Environmental Kuznets Curve, which have served as a reference for many works on the environment, and they see if public spending on innovation has effects on reducing emissions.

To sum up, we will propose an econometric model using the GDP per capita variable and the GDP squared, and cubed. Time Series are used in this model, being different from the Panel data used in many studies, so the conclusions of this model should be restricted and criticized if we don't use a correct treatment of the temporal series.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	6
3. EVIDENCIA Y ACTUALIDAD ECONÓMICA DEL C. CLIMÁTICO.....	9
3.1. Observaciones Históricas del Fenómeno del Cambio climático.....	9
3.2. Enfoques según el método de estudio.....	13
3.3. Consecuencias económicas del cambio climático.....	15
4. LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL.....	17
4.1. Ámbito de desarrollo de la CKA.....	17
4.2. Definición de Concepto.....	17
4.3. Fundamentos de la CKA.....	20
4.3.1. La elasticidad Ingreso de la demanda de calidad ambiental.....	20
4.3.2. El efecto Escala.....	21
4.3.3. El efecto composición.....	21
4.3.4. El progreso Técnico.....	22
4.3.5. Las regulaciones ambientales.....	23
4.3.6. Efectos del comercio.....	23
4.3.7. Los Acuerdos Internacionales.....	24
4.4. Literatura sobre Modelos Econométricos basados en la CKA	26
4.5. Relación entre las emisiones y el desarrollo económico de España.....	33
5. CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO.....	42

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios y el análisis sobre el descubrimiento del cambio climático comienzan a hacerse a inicios del siglo XIX, cuando se acuñó por primera vez el término Efecto Invernadero. A finales de siglo muchos científicos alegaron que las emisiones provocadas por la actividad de los humanos podrían cambiar el clima del planeta, pero los cálculos realizados no fueron tomados muy en serio por aquel entonces.

Desde que la Tierra se formó hace varios miles de millones de años, ha experimentado muchas etapas en las cuales ha tenido temperaturas distintas, pero la trayectoria ha cambiado en los últimos dos siglos. Los científicos argumentan que el cambio empieza con la 1ª Revolución Industrial, descubrimientos como la máquina de vapor y otros instrumentos que utilizaban carbón y combustibles fósiles podrían ser perfectamente y son este punto de arranque del cambio climático.

A día de hoy, el cambio climático es visible e inequívoco, se comprueba tanto a nivel visual en casi todas las zonas del mundo, como los estudios y análisis econométricos que llevan a cabo los expertos. La atmósfera ha experimentado un aumento de su temperatura media, al igual que los mares y océanos, el volumen de hielo tanto del Ártico como de la Antártida han bajado de manera irrefutable, consecuencia directa de eso es el aumento del nivel del mar.

Estudios realizados por el Banco Mundial explican que los países que están en la actualidad (2019) en vías de desarrollo experimentarían el 77% de los aspectos negativos del cambio climático, esto es así porque estos países no tienen la capacidad financiera que tienen los países desarrollados y porque sus principales vías de crecimiento dependen de los recursos naturales, que son los principales perjudicados por el calentamiento global, y debido a que no tienen la capacidad para transmitir estas actividades contaminantes a otros países.

Hacer un análisis global del tema no es algo sencillo, ya que se observa claramente que el fenómeno ocurre en la realidad pero hay mucha heterogeneidad y disparidad si observamos los países del Mundo uno por uno.

Todo ello es una amenaza directa para el mantenimiento de la especie humana a largo plazo, ya que el mero hecho de seguir a este ritmo puede hacer que a medio plazo sea insostenible y se produzca el colapso del planeta.

2. EL CAMBIO CLIMATICO

2.1. Definición de Cambio Climático y Calentamiento Global

La meteorología es un ámbito de investigación extraño y complejo, con gran variabilidad y evolución, tal es así que puede cambiar en segundos, tan pronto esta soleado como empieza a llover, todo ello es debido a la gran cantidad de factores que convergen en esta ciencia. El clima de nuestro planeta nunca ha sido constante, ha estado sometido a diferentes escalas temporales a lo largo de los miles y millones de años desde que se formó.

En este largo periodo podríamos destacar como irregularidades notables los conocidos periodos de glaciaciones, que ocurrieron hace 100.000 años aproximadamente. Desde aquel entonces se obtiene y analiza la información sobre nuestro tema. La concentración en el pasado de CO₂ y otros importantes gases invernadero, como el metano, se han podido medir a partir de las burbujas atrapadas en el hielo, observando como su concentración y volumen variaban a lo largo del tiempo.

Denominamos Cambio climático a la variación global del clima de la Tierra, resumidamente esto se debe a dos causas, a los parámetros naturales y climáticos tales como la temperatura, las precipitaciones o el nivel de nubosidad de la atmósfera, y a la acción del hombre de la que luego hablaremos, que aumenta considerablemente la variabilidad y crudeza del clima. El efecto invernadero es un término concreto diferente al cambio climático, tiene que ver con ello pero es algo más exacto, es un efecto natural que consiste en que el calor emitido por el sol queda atrapado en el interior de la atmósfera. Los gases que la forman consiguen que el calor no escape y crea unas condiciones idóneas en el interior para la vida. Sin esta retención del calor de nuestra estrella, la vida tal y como la conocemos en nuestro planeta no sería posible, ya que habría unas temperaturas muy bajas, propias de otros planetas rocosos como Marte, en el cual no puede habitar el hombre de manera natural porque no tiene atmósfera. Sin este efecto invernadero la temperatura media del planeta sería de 20° C bajo Cero, dando por hecho que los picos extremos de frío serían mucho mayores que los registrados.

Entre estos gases de efecto invernadero (vamos a definirlos brevemente para conocer su origen) encontramos:

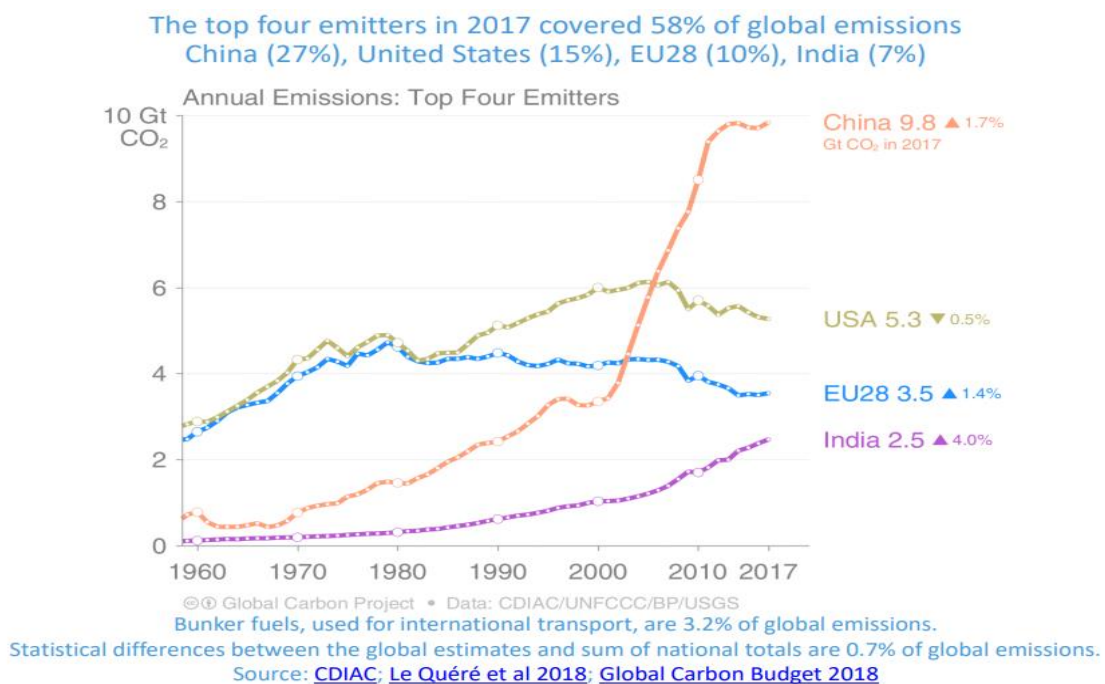
Vapor de agua, el cual la cantidad de este gas depende directamente de la temperatura de la superficie del océano, la mayor parte se origina de manera natural pero ocurre que al excederse la temperatura hay más vapor de agua de lo normal.

El dióxido de Carbono (CO₂) es el principal responsable del efecto invernadero, relacionado con el uso de combustibles fósiles procedentes de todo tipo de procesos de combustión, incluso erupciones volcánicas.

El Metano (CH₄), debido a la fermentación anaerobia de las bacterias o del ganado, también por escapes de gas natural o conducciones industriales.

El Óxido Nitroso (N₂O) que se produce por el uso masivo de fertilizantes y aerosoles en la agricultura intensiva de los países desarrollados, también aparece en centrales térmicas o la fabricación de materiales para vestir, como el nailon.

Figura 2.1. Los 4 mayores emisores de CO₂ en 2017



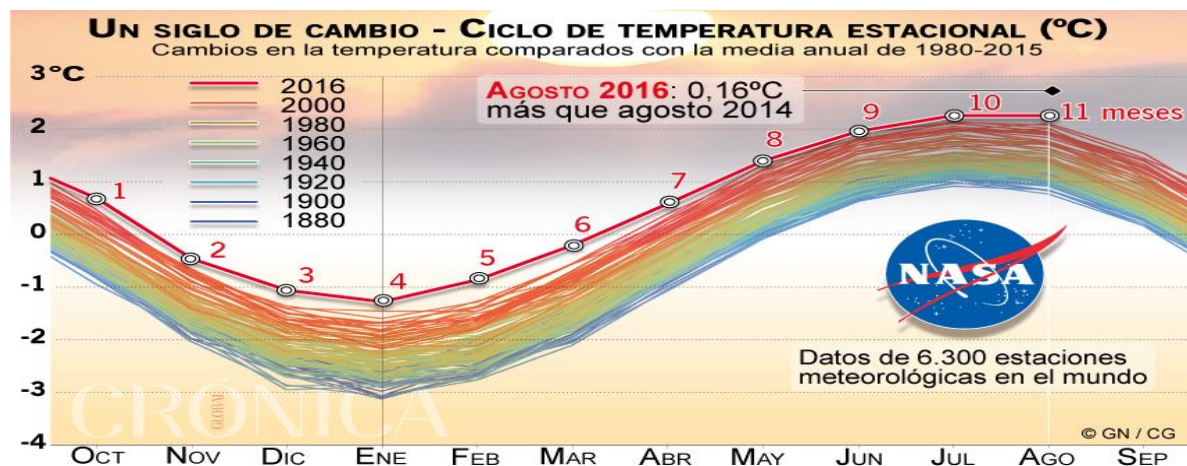
Fuente: CDIAC, Global Carbon Budget (2018)

Todo ello en conjunto hace que las emisiones de estos gases sean un 35% mayores que en el siglo anterior, cuando entonces la naturaleza se encargaba de mantener en equilibrio las emisiones. El problema es que la atmósfera retiene más cantidad de calor del que sería necesario, haciendo que la temperatura en media del planeta aumente y se produzca el llamado en términos populares Calentamiento Global.

Científicos y expertos en el tema coinciden en remarcar que la Primera Revolución Industrial, a finales del siglo XVIII, fue el punto de partida del cambio climático. La quema de petróleo, carbón y gas natural ha causado un aumento del CO₂ en la atmósfera que produce el consiguiente aumento de la temperatura. Comenzaron entonces a dispararse, esta revolución afectó a todos los ámbitos de la existencia del Ser Humano, a la agricultura, a la tecnología, cambió el aspecto demográfico de los países, mejoraron considerablemente los medios de transporte conocidos hasta la fecha, hasta el ámbito de las finanzas cambió debido a los grandes volúmenes de capital que empezaron a moverse por aquel entonces. Todo ello dio lugar a un modelo de producción y consumo como nunca se había visto antes. Es evidente que las economías han evolucionado de una manera desorbitada en los últimos 200 años, al igual que las emisiones de gases contaminantes.

Desde entonces, se ha producido un aumento desmesurado de la población (800M en 1750, en 2019 se registraron más de 7.500 M de personas) que lleva consigo un desmedido uso de recursos, esto hace que aumente la demanda y producción de energía, y gran parte de esa energía se obtiene a través de combustibles fósiles. Con esto último, se ha provocado que el planeta haya entrado en lo que la comunidad científica ha acertado en llamar el Antropoceno: La nueva era geológica que atraviesa nuestro planeta debido al impacto total del Ser humano en la Tierra, acorde a ello, se ha comprobado que los últimos años del siglo XX se caracterizó por poseer las temperaturas medias más altas del siglo (1998,1999, 2004 y 2005 han sido registrados como los años con temperatura media más alta).

Figura 2.2. Ciclo de temperatura Estacional por meses (1880 a 2016)



Fuente: NASA

El principal resultado de todo ello ha sido el aumento de la temperatura global del planeta, ha aumentado en 1.1 °C, pero se estima que a finales del siglo XXI el “Gap” de temperaturas entre el siglo anterior y el actual sea aún mayor, incluso con los compromisos de reducción fijados en diferentes acuerdos y protocolos por la mayoría de los países del mundo.

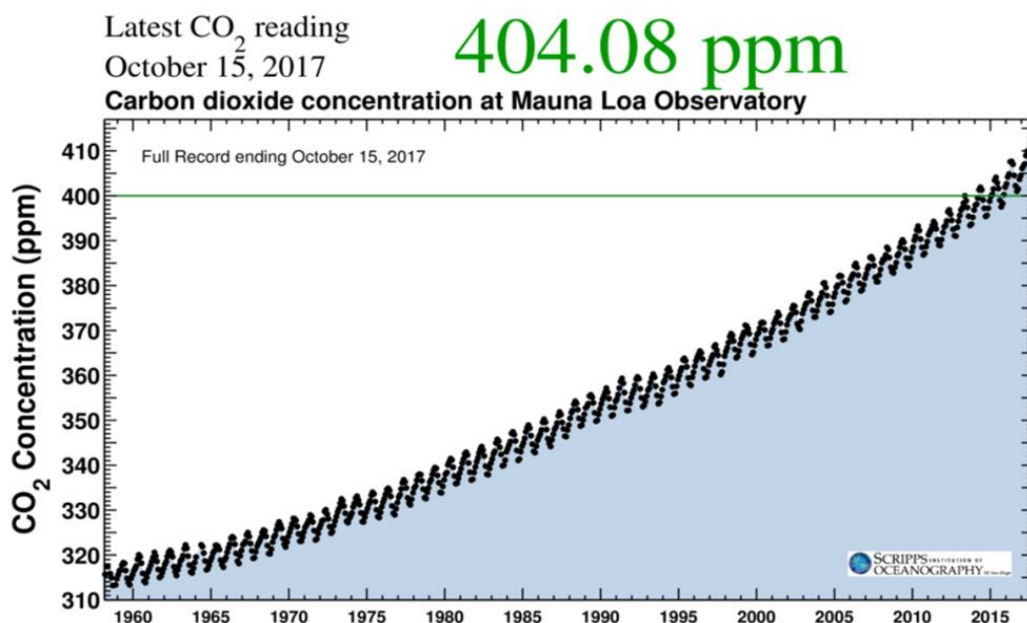
3. Evidencia y Actualidad Económica del Cambio Climático

3.1. Observaciones Históricas del Fenómeno del Cambio climático

Desde el año 1958, el observatorio de Mauna Loa en el estado Americano de Hawai ha estado midiendo y controlando la concentración de CO₂ en la atmósfera del planeta, y plasmándolo en lo que se conoce como Curva de Keeling, en honor a C.D. Keeling que fue el primer científico en realizar este tipo de mediciones sobre las concentraciones de gases en la atmósfera.

La Curva de Keeling (Figura 3.1) muestra la tendencia creciente de la concentración de CO₂. La barrera de los 400 ppm (partes por millón) se sobrepasó en mayo de 2013, concretamente hasta los 404,08 ppm, y en 2017 se alcanza el máximo nivel, con valores superiores a los 410 ppm y en continuo crecimiento.

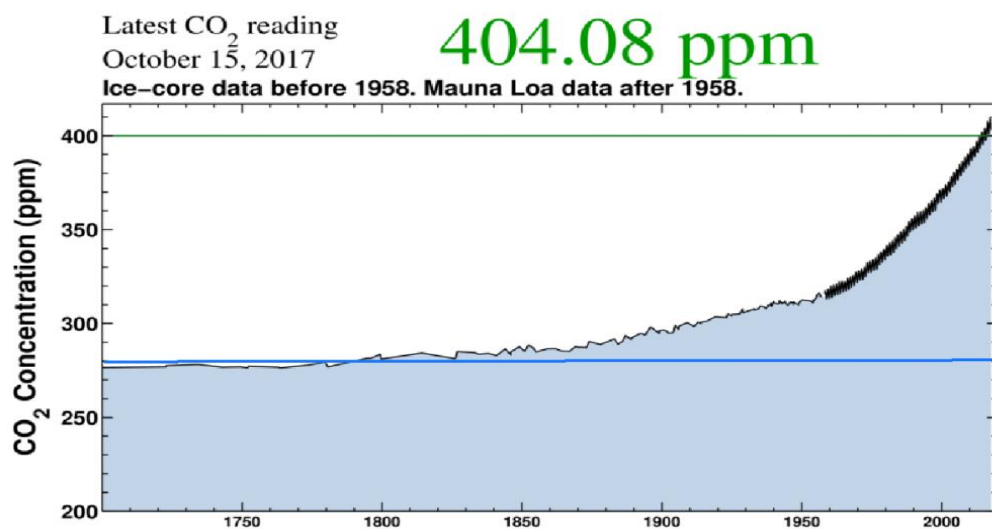
Figura 3.1. Curva de Keeling (1958-2017)



Fuente: Scripps Institution of Oceanography de UC-San Diego.

Otra manera de medir las concentraciones de gases y partículas contaminantes es la perforación del hielo de la Antártida, utilizando las burbujas de aire que quedan atrapadas en el propio hielo, en los “Ice-Cores”, y que permite observar y analizar muestras que amplían la serie hasta tiempos prehistóricos. Desde el siglo XVIII hasta la actualidad vemos que el gráfico pasa de un nivel entorno a los 280 ppm, que es el llamado nivel preindustrial, a estar por encima de los 400 ppm en el siglo XXI.

Figura 3.2. Concentración de CO₂ 1700-2017

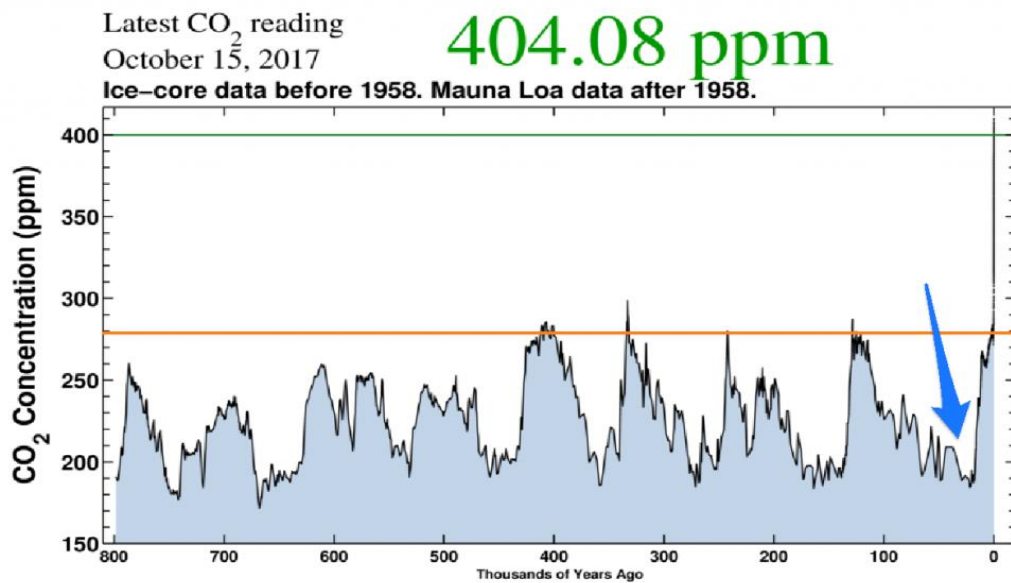


Fuente: Scripps Institution of Oceanography de UC-San Diego.

Perforaciones en el hielo de aproximadamente 3 Kilómetros, equivalen a retroceder 800.000 años, y es probable que en las siguientes excavaciones se lleguen a tiempos anteriores al mencionado, ya que tenemos el ejemplo de un equipo de Princeton, que ha alcanzado un Core de Hielo de hace 2,7 Millones de años. La figura 3.3 nos da todos los datos que sabemos hasta la fecha, vemos el nivel preindustrial al nivel de 280 ppm, en nivel actual sobrepasando los 400 ppm y con una flecha azul se marca un mínimo que nos indica cuando ocurrió el último periodo glacial, hace aproximadamente unos 20000 años.

En la figura 3.3. la línea vertical representa el nivel de concentración de CO₂ durante el siglo XX. Destaca los niveles a los que ha llegado la concentración y la velocidad a la que ha llegado a ese punto. En menos de 150 años ha experimentado una subida desmedida incomparable a los datos del último millón de años.

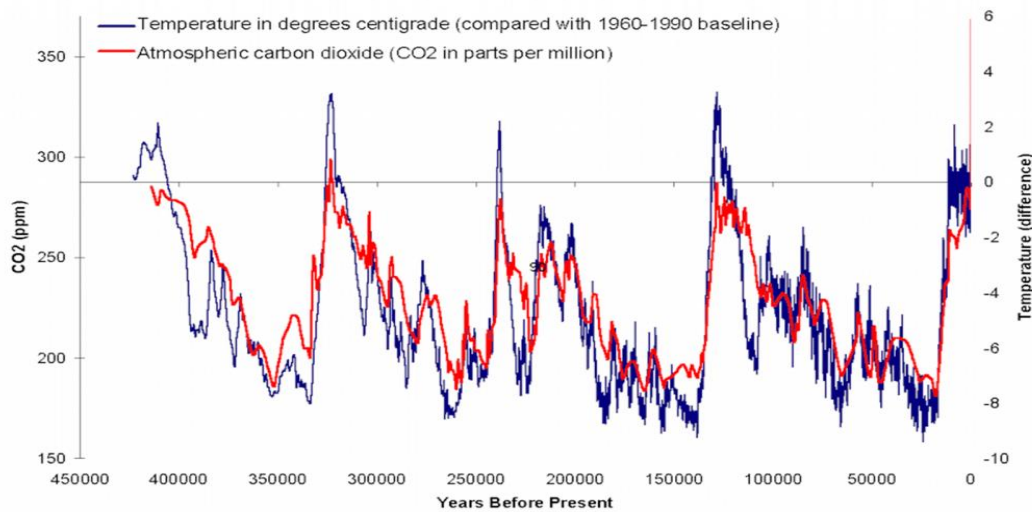
Figura 3.3. Concentración de CO₂ en los últimos 800.000 años



Fuente: Scripps Institution of Oceanography de UC-San Diego.

Estos “Cores” de hielo en los que quedan atrapados las burbujas de aire, también permiten obtener mediciones de temperatura, midiendo su densidad, y todo ello se puede combinar con la concentración de CO₂ (Figura 3.3). Vemos que la tierra ha tenido momentos en los que ha estado más fría, debido por ejemplo a sucesivas glaciaciones y que nosotros vivimos en un período templado. Viendo la última parte del gráfico, podemos esperar un aumento considerable en la temperatura media del planeta.

Figura 3.4. Concentración de CO₂ y cambios en la temperatura en los últimos 450.000 años

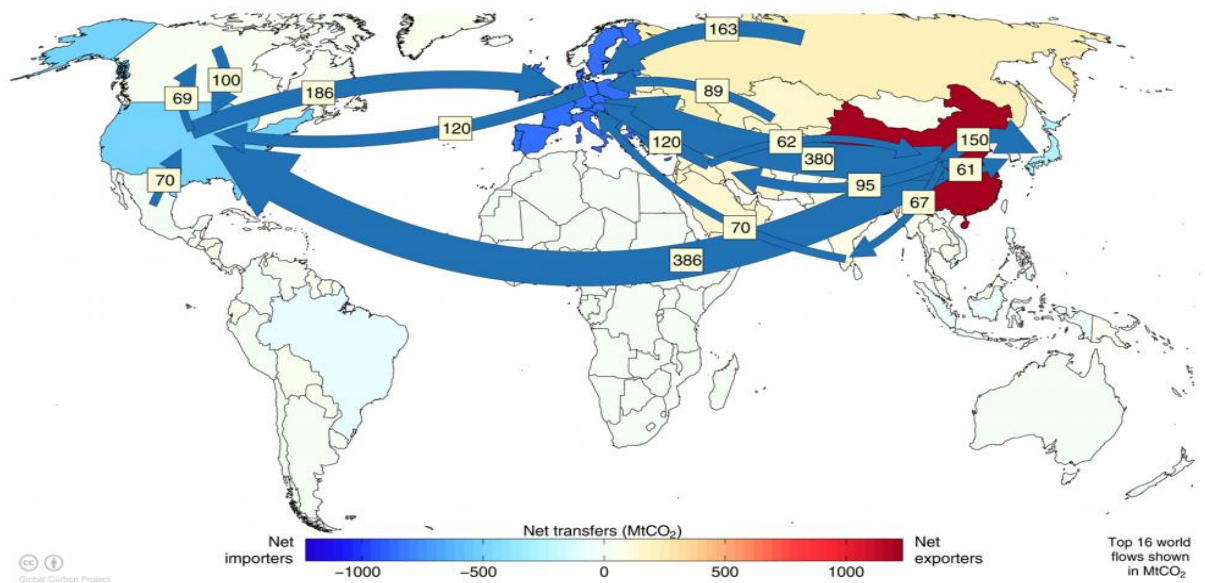


Fuente: Emissions gap report. (United Nations Environment Programme)

Vemos como la línea roja que en el eje horizontal (final figura 3.4.) marca la concentración de CO₂ en la atmósfera sube hasta niveles que no se habían registrado, coincidiendo con los datos del gráfico anterior, en el cual ocurría lo mismo.

En la figura 3.5, vemos los flujos netos de emisiones con mayor volumen del mundo. Este gráfico nos explica un efecto que más adelante veremos, el efecto desplazamiento, como los países que normalmente generarían X cantidad de residuos o emisiones son capaces de evitar esa producción contaminante trasladándola a otros países con prácticas tan comunes como la deslocalización y la internacionalización de estas empresas. Vemos como el foco tanto de entradas y salidas de estos intercambios de emisiones está en China y países de alrededor y Estados Unidos, sin olvidar la importancia de Europa. Los países que aparecen coloreados en azul son importadores netos de emisiones, y en esa escala de colores, los que aparecen en tonos rojizos son exportadores netos de emisiones. Los importadores son aquellos que reciben las emisiones, por ejemplo Europa o Estados Unidos, y los exportadores aquellos que las producen pero las reciben otros países, como es en esta caso China. Indicar que el sur del globo terráqueo no participa apenas en este intercambio, excepto levemente Brasil. Todo ello queda en el mundo occidental, países en vías de desarrollo como gran parte de África o el Sur de América no tienen nada que exportar o importar debido a que no producen en gran cantidad y sus flujos son muy pequeños en comparación con los flujos de más volumen.

Figura 3.5. Los 16 flujos netos de emisiones de mayor volumen



Fuente: Emissions gap report. (United Nations Environment Programme)

3.2. Enfoques según el método de estudio

Los economistas que estudian temas relacionados con el cambio climático coinciden en que el cambio climático es un tema grave y es necesario tanto un enfoque global como un enfoque personalizado para los diferentes países del mundo. Pero como en todo hay diferencias, estas diferencias son entorno a la urgencia del tema y a las políticas que han de adoptar los países para mitigar los efectos, en definitiva, en cuánto se han de reducir estas emisiones para llegar a los niveles adecuados.

¿A qué se deben estas diferencias en las opiniones? A la tasa de descuento Intertemporal utilizada, ya que dependiendo de si le damos mayor o menor valor, le estamos dando más o menos utilidad al consumo presente o al futuro, a la forma de medir el bienestar, dependiendo del tipo de indicador utilizado, por ejemplo utilizar dos tipos diferentes de gases de efecto invernadero para valorar la gravedad del cambio climático, también a la valoración de los costes asociados a distintos aumentos de la temperatura, como estimar esos costes puede resultar crucial a la hora de ver la gravedad del cambio climático. Como último factor diferencial a la hora de estudiar la gravedad del cambio climático, aparece el altruismo intergeneracional, la capacidad de la actual generación en nuestro mundo, de tratar de dejar en mayor o menor medida un mundo accesible y sostenible para las siguientes generaciones.

Los economistas utilizan modelos para estimar las costes del cambio climático, son los modelos integrados, “Integrated assessment modeling” (IAMs), tratan de establecer relaciones entre el comportamiento del ser humano con el medioambiente y los principales objetivos económicos de la sociedad, su objetivo principal es crear modelos para la política medioambiental, basándose normalmente en los efectos del cambio climático, y se les denomina integrados debido a que en su formulación se tienen en cuenta varias ramas científicas.

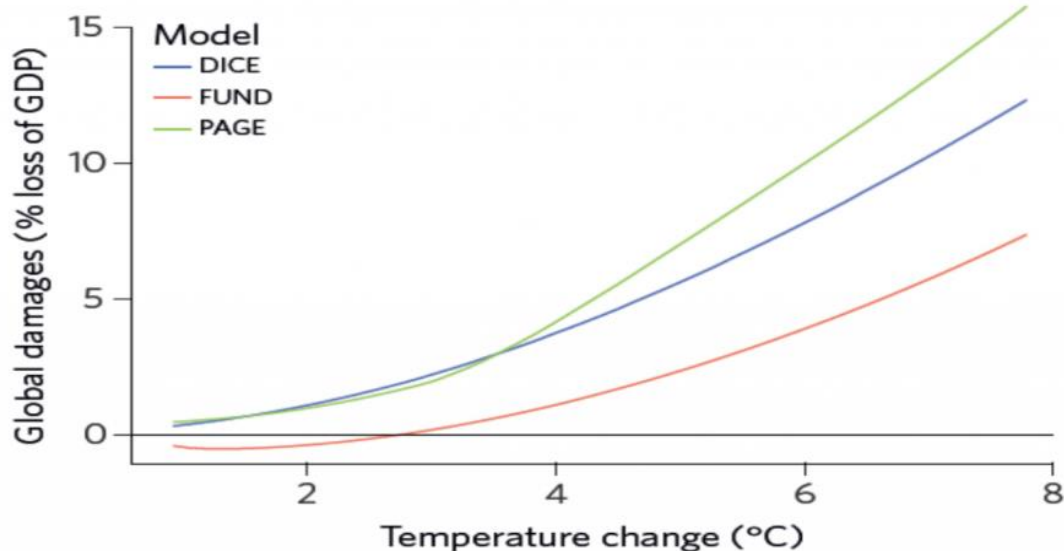
Este tipo de modelos se utilizan para la estimación del coste social del carbono, o SCC por sus siglas en inglés (Social Carbon Cost). Este indicador es el que se suele utilizar para diseñar políticas económicas medioambientales en las administraciones públicas.

Los principales modelos como vamos a ver en el gráfico a continuación, son modelos que hablan sobre los costes del cambio climático en las economías, y tratan de estimar su coste total en términos del PIB, son llamados modelos integrados de coste-beneficio. En

estos modelos se utilizan las funciones de daños, o “Damage Cost Functions”, en las cuales un aumento de 3 grados reduciría el total del PIB mundial entorno al 2% (caída parecida a la crisis financiera ocurrida en 2007). Sin embargo, la comunidad científica ha considerado que aumentos de 3 grados en la temperatura media del planeta, tendría un coste desproporcionado e irreversible para la sociedad, mayores que los estimados por los economistas

En la Figura 3.7. se ve que aparecen los efectos en el cambio climático, cuando las variaciones de la temperatura son mayores a 5 grados, pero en la vertiente científica, una variación en las temperaturas de más de 6 grados tendría consecuencias terribles, principalmente con las subidas del nivel del mar, que afectaría a las principales ciudades del mundo que en su mayoría son costeras o se sitúan cerca de ríos (Londres, New York, Shanghái, Tokio and Hong Kong). La conclusión de los estudios y modelos de la vertiente científica, es la importancia de no infravalorar los daños y perjuicios del cambio climático en la economía, ya que el hecho de no tener en cuenta este aspecto puede crear previsiones erróneas que distaran mucho de lo que ocurriría en un futuro realmente.

Figura 3.7. Funciones de daños de los basadas en Modelos Integrados (Diaz and Moore 2017).



Fuente: Emissions gap report. (United Nations Environment Programme)

3.3. Consecuencias económicas del cambio climático

Las consecuencias económicas del cambio climático fueron examinadas en un informe presentado a finales de 2006, realizado por los expertos del gobierno británico, y conocido como informe Stern (Stern Review on the Economics of Climate Change).

En este informe se dio una visión de futuro y se calcularon los costes económicos del cambio climático, partiendo de la base de los posibles riesgos futuros que trae consigo el cambio climático. De acuerdo a las tendencias actuales, las temperaturas medias globales aumentarían entre 2 y 3 °C en los próximos cincuenta años, y si las emisiones siguen aumentando a este ritmo, esos números podrían ser el doble.

Una parte de estas consecuencias está relacionada, como hemos mencionado anteriormente, con el agua, debido al peligro de inundaciones y a otro factor menos evidente, como es el suministro de agua potable que afectaría al 16,5% de la población mundial. Directamente relacionado, el rendimiento del sector primario, de las cosechas, afectaría a millones de personas que no tendrían la capacidad para producir alimentos, especialmente en el continente africano. De acuerdo con las previsiones del informe, más de 200 millones de personas podrían verse desplazadas en torno a 2050 como consecuencia de la subida del nivel del mar

Sobre las consecuencias monetarias del cambio climático, nos viene a decir que con los modelos actuales, como los mencionados en la figura 3.7. del apartado anterior, un calentamiento de entre 5 o 6 °C arroja pérdidas de entorno al 5 o 10% del PIB mundial, con costes para los países en vías de desarrollo superiores a ese 10%.

Puntualizamos 3 consecuencias directas del cambio climático en la economía mundial:

1- Daños a la propiedad y la infraestructura.

La subida del nivel del mar, trae directamente inundaciones, sumarle a todo ello otro tipo de catástrofes medioambientales como sequías o incendios forestales que requieren costosos medios para reducirlos y eliminarlos, así como una amplia reparación de la infraestructura, como casas, carreteras y puentes.

2- La pérdida de productividad.

El cambio climático y sus consecuencias tienen muchas repercusiones en la vida personal de la mayoría de la población mundial, pérdida de días de trabajo así como mayores costes

en el comercio, transporte y turismo. Las lluvias extremas o las sequías prolongadas en ciertos puntos de nuestro planeta pueden retrasar la siembra y la cosecha o causar cortes de energía que afecten a la industria o a servicios básicos.

Los riesgos para la salud relacionados con el clima también reducen la productividad como el calor extremo limita las horas en trabajos como la construcción, y también aumenta la probabilidad de sufrir enfermedades entre los trabajadores.

3- La migración masiva y amenazas en la seguridad.

El calentamiento global aumenta las migraciones, el número de personas que tienen que desplazarse y cambiar de hogar a causa de la sequía, las inundaciones y otros desastres relacionados con el mencionado cambio climático.

4. LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL

4.1. Ámbito de desarrollo de la CKA

La mayoría de los modelos económicos que se relacionan con el ámbito del medio ambiente se basan en los dos factores productivos principales de la literatura, como son el factor trabajo o L, y el factor Capital o comúnmente abreviado como K. Este último es en el que nos vamos a centrar, los recursos naturales son la base e inicio de las actividades económicas que llevamos a cabo, desde el sector primario hasta los servicios que se desarrollan en una sociedad. El primer efecto adverso de las materias primas naturales es que no son infinitas, se agotan y por lo tanto este carácter finito de los recursos hace que la teoría penda de un hilo cuando hablamos del largo plazo (Tahvonen, 2000). El segundo efecto adverso que vamos a desarrollar durante todo el trabajo es la acumulación de contaminación, creada lógicamente por la continua actividad económica. Esta acumulación de residuos hace que nuestro planeta sea un sumidero de residuos que por tamaño no es ilimitado (Brock y Taylor, 2004)

4.2. Definición de Concepto

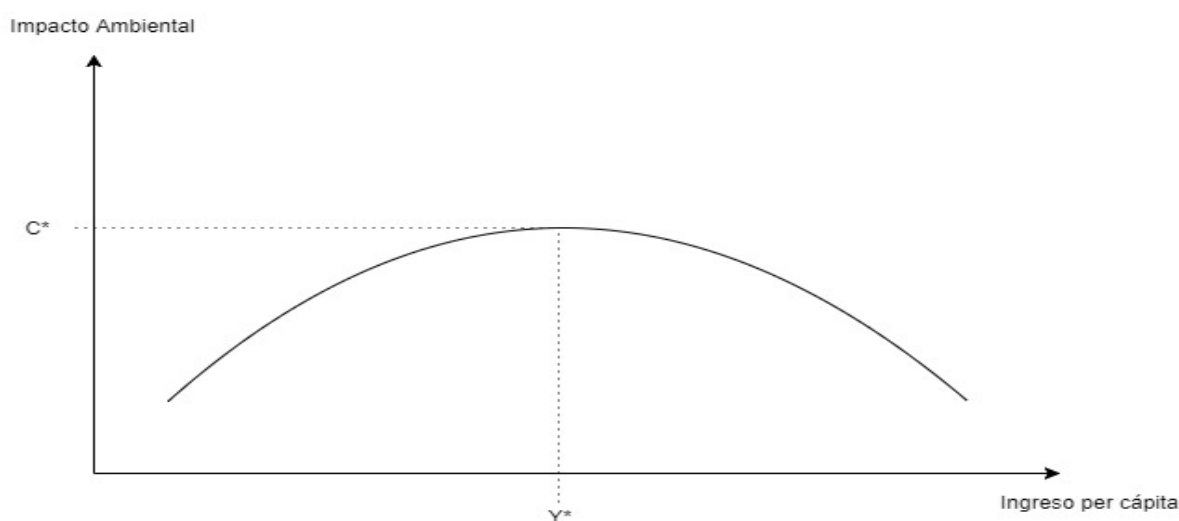
Simon Kuznets (1901 – 1985) ganó el premio nobel de economía en 1971, y creó la teoría en la que relataba como evolucionaba la distribución del ingreso en los países del mundo, estudiando de manera análoga el desarrollo total asociado a cada país. El estudio de Kuznets se basó principalmente en la teoría del crecimiento económico y llevo a cabo grandes series de contrastes de la Teoría de Keynes sobre el ahorro de los consumidores (Todo ello utilizando aplicaciones econométricas).

La Curva de Kuznets básica nos dice que cuando las economías empiezan a crecer y a desarrollarse, tienen una distribución menos desigual, pero conforme va avanzando el crecimiento económico de los países se va deteriorando hasta llegar a una desigualdad máxima, tras alcanzar este punto máximo de desigualdad, y ya en una etapa avanzada de crecimiento, la desigualdad social va en decremento, dando la forma característica a la parte decreciente de la curva.

Todo ello se extrapola al ámbito del crecimiento económico y la situación medioambiental. Se observó que la relación entre desarrollo económico y las condiciones medioambientales presentaba según esta teoría una forma de U invertida. Quiere decir

que al principio, cuando una nación se está desarrollando hay grandes problemas para el desarrollo sostenible, pero que una vez alcanzado un punto se revertía el proceso anterior (él lo acuñó con la variable renta per cápita). Por ello, este binomio que acabamos de explicar se le denominó CKA, ya que aparecía la misma relación de crecimiento económico y distribución de la renta propuesta por el propio Kuznets entorno a mediados de los años 50. (1955).

Figura 4.2. Curva de Kuznets Ambiental definida de manera estándar (Indicador del impacto ambiental e Ingreso per cápita)



Fuente: Grossman, G. M. y A.B. Krueger (1995)

La CKA es la teoría más estudiada y analizada en los últimos años en la economía ambiental, llamada así por su similitud con la relación que estableció el propio Kuznets en 1995 entre el crecimiento económico y desigualdad del ingreso. Desde principios de la década de los 90, y a partir de una serie de estudios basados en el tema, con trabajos de Grossman y Krueger (1991) en el que habla y desarrolla los efectos ambientales que podría tener el Tratado de libre comercio de América del Norte (NAFTA), Shafik y Bandyopadhyay (1992) con su informe del desarrollo del Banco mundial, y Panayotou (1993) con trabajos de la Organización Internacional del Trabajo, la discusión se ha centrado en la relación entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental. Nos dice que entre el producto o ingreso per cápita y cualquier otra medida de impacto ambiental que pueda ser utilizada como indicador en el eje vertical, se da gráficamente una relación funcional entre las dos variables con forma de U invertida, tal y como se ve en el gráfico anterior. Esto significa que el daño ambiental es una función creciente del ingreso per

cápita hasta un nivel máximo de renta, a partir de ese punto crítico o “Turning point” la curva cambia, y a partir de ahí mayores niveles de renta se asocian a mayores niveles de calidad ambiental.

En el primer trabajo mencionado, de Grossman y Krueger para la Oficina Nacional de Investigación Económica (NBER en inglés) encuentran por primera vez la relación entre el dióxido de azufre y el ingreso per cápita. Pero fue un par de años después cuando en el trabajo escrito por Panayotou (1993), se menciona la CKA por primera vez, como ya hemos dicho antes, por la relación con la Curva Original de Kuznets (1965) que el estableció entre la desigualdad del ingreso y el crecimiento económico. En ese año Kuznets nos da una relación entre la evolución de la renta per cápita de un país y la distribución de los ingresos. Esa relación como hemos definido anteriormente tiene forma similar a lo que sería una U invertida, cuando la renta per cápita aumenta crece de manera proporcional la variable desigualdad, llega al punto máximo de la curva CKA y después de llegar al pico cae, dando esa forma característica al gráfico.

Partiendo de la hipótesis de la pendiente con forma de U invertida, se obtienen dos implicaciones, que a lo largo de los años han sido criticadas por diferentes escuelas y autores:

La primera es que la variable del PIB per cápita es a la vez causa y solución de toda la degradación ambiental del proceso de crecimiento. La CKA en sus inicios lleva un coste para mantener los niveles ingresos que conduzcan finalmente a la reducción de emisiones, pero una vez que superamos el Turning Point, el aumento de ese ingreso nos lleva a mejoras en la calidad ambiental.

La segunda implicación según la teoría y trabajos de Beckerman (1992), es que es probable que la única manera de alcanzar la estabilidad ambiental sea que los países se vuelvan ricos, lo cual es fácil formular en la teoría pero imposible llevarlo a la práctica, ya que hay muchos países que están aún en vías de desarrollo y no tienen la capacidad tecnológica y financiera para alcanzar esta estabilidad ambiental mencionada.

Estas dos implicaciones han sido cuestionadas en todos sus aspectos, si hablamos de la primera implicación, se da por hecho que el daño ambiental que se hace en las primeras etapas del crecimiento puede ser revertido con el paso del tiempo y las mejoras económicas de los países, pero este daño ambiental se encuentra sujeto a un elevado grado de irreversibilidad, como por ejemplo las alteraciones de los ecosistemas, la extinción de

especies o la pérdida de la biodiversidad en muchas zonas como las zonas asiáticas y el sur del continente americano.

La segunda implicación tiene claro impacto en los países en vías de desarrollo, supone que la transferencia tecnológica desde los países occidentales desarrollados, llegará a estos países y traerá mejoras en los niveles de calidad ambiental.

4.3. Fundamentos de la CKA

Los motivos por los cuales explicamos el cambio de pendiente a partir del Turning Point son múltiples y de variada casuística, incluimos entre otros, consideraciones sobre la elasticidad ingreso y otras características de la demanda de calidad ambiental (Selden y Song, 1994; Beckerman, 1992), las transformaciones de las diferentes estructuras de producción y efectos que tiene el crecimiento y desarrollo económico sobre el medio ambiente (Grossman y Krueger, 1991) y el comercio internacional (Arrow et al., 1995; Stern et al., 1996; Dasgupta et al., 2001) .

La relación entre estos dos factores (calidad ambiental y desarrollo económico) se ha explicado de muchas maneras a lo largo de los años, pero fundamentalmente hay 7 efectos o factores explicativos sobre los resultados de esta teoría. Es claro que el desarrollo económico tiene repercusiones negativas sobre la calidad ambiental, tanto por el lado del consumo de recursos como la contaminación, pero llegado al turning point donde la pendiente cambia, puede que no esté tan claro que se reduzca la contaminación ambiental.

4.3.1. La elasticidad Ingreso de la demanda de calidad ambiental

Según Shafik et al. (1992), el hecho de que los recursos y servicios naturales funcionen al mismo tiempo como bien de consumo y bien de producción, hace que sus tendencias y patrones de consumo en las variadas etapas del proceso productivo dependan directamente de sus correspondientes elasticidades de demanda y oferta. Por ello, la elasticidad aquí nombrada es una de las principales explicaciones a la forma de la pendiente de la curva CKA. Se basa en que los sectores con menos ingresos de la sociedad no demandaran mejoras ambientales, debido a que antes de ello han de cubrir otras necesidades como las básicas, en las cuales incluimos la salud o la educación. Cuando se hayan cubierto todas esas necesidades y hayan alcanzado un nivel de vida cómodo, le darán mayor valor e importancia a estos bienes y servicios ambientales, haciendo que suba su disposición a pagarlos, a mayor ritmo que el crecimiento del producto o ingreso

del país. Citando lo anterior, la elasticidad ingreso de la demanda de la calidad ambiental es mayor que 1, por lo que en términos microeconómicos podemos decir que el mantenimiento del medio ambiente está considerado como bien de lujo. Todo esto ocurre debido a que el ámbito medioambiental solo se convierte en prioritario cuando se satisfacen las necesidades básicas, también a que las sociedades más ricas poseen mayor capacidad técnica y por último a que cuanto más desarrollada esta una economía, son mayores sus niveles de educación y con ello mayores son los incentivos para el cumplimiento de las regulaciones (Dasgupta et al., 2002). Debemos remarcar que la hipótesis de que un mayor nivel de renta eleva la disposición a pagar por bienes y servicios ambientales no ha sido corroborada empíricamente de manera concluyente. Ekins (2000) nos dice que los sectores más pobres que normalmente se concentran en el entorno rural, dependen lógicamente más directamente del medio ambiente y sus recursos y por lo tanto son más vulnerables a su degradación. Por lo que en este caso los grupos o individuos no tienen por qué volverse ricos para demandar mejoras ambientales, y el nivel de ingreso afecta a su capacidad de pago pero no tendría por qué cambiar su disposición a pagar.

4.3.2. El efecto Escala

Se da simplemente por el hecho de que mayor actividad económica genera más residuos, mayor volumen de emisiones contaminantes y por ello mayor daño ambiental. El efecto escala puede interpretarse como el deterioro en la calidad ambiental necesario para sostener el crecimiento del producto.

4.3.3. El efecto composición

Nos dice que los países que tienen economías desarrolladas logran avanzar utilizando el sector terciario o sector servicios. Ocurre que la mayor parte de los bienes destinados para crear otros bienes proceden de países que están aún desarrollándose o en vías de desarrollo, y directamente asociado a ello va que el sector secundario se desarrolla en estos países a la vez que se produce una merma en los países desarrollados, y todos los elementos contaminantes que normalmente se encuentran en estos sectores se transmiten a los países que no han completado su desarrollo aun. Cuando los países alcanzan un nivel de industrialización muy alto tienden a inclinarse al sector servicios, el peso del sector secundario en el PIB, por lo que en vez de crear manufacturados lo que se hace es importarlos de los países de reciente industrialización. Con todo ello, nos evitamos el

proceso de creación y con ello la emisión de contaminantes, ya que por regla general a lo largo de toda la historia las actividades que mayores emisiones y toxicidad producen son las industriales. Con la explicación del efecto composición, se podría confirmar la validez de las hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (aquella que dice que conforme crece el nivel de desarrollo cae el impacto sobre el medioambiente). Ocurre que los países desarrollados demandan bienes industriales a la vez que se especializan en el sector servicios, se liberan de contaminaciones y las llevan hacia los demás países. Con todo ello, los países en vías de desarrollo han aumentado de manera significativa el porcentaje de su sector exterior, han desarrollado la exportación de bienes manufacturados hacia los países en desarrollo. Claramente se ha visto un incremento de las importaciones de este tipo de bienes desde el sur del globo hacia el norte, por lo que seguimos corroborando que a la vez que los países desarrollados bajan sus niveles de contaminación, los países en vías de desarrollo suben sus niveles. Este efecto, viene dado por cambios en la estructura productiva de la economía y genera mejoras en la calidad ambiental a medida que el producto sigue elevándose más allá del Turning Point

4.3.4. El progreso Técnico

Es un factor que claramente nos va a influir de manera positiva, ya que a medida que se crece se puede destinar más a I+D+I y con ello mejorar el factor medioambiental, hay que analizar concretamente porque el hecho de aumentar el progreso técnico reduce la presión ejercida por el ser humano en el medio ambiente. Para comenzar, hablamos del factor de eficiencia, si aumentamos la eficiencia de los procesos productivos de un país se necesitan menos bienes para producir lo mismo, o los mismos bienes para producir más que antes. Tras ello, podemos sustituir o cambiar estos bienes que producen emisiones por otros que no, o incluso hacer que esos bienes que anteriormente emitían ahora tras llevar a cabo ciertos procesos ya no lo hagan y no sean perjudiciales. Y por último lugar, como pasa el conocimiento de la tecnología utilizada por países desarrollados hacia los que no, por distintas vías se realiza la llamada “Transferencia Tecnológica”, la cual ocurre en casi todos los ámbitos. Al ocurrir esto, hace que los países que crecen ahora produzcan menos emisiones que los pioneros, ya que han copiado las técnicas y saben cómo hacerlo de mejor manera, por lo que empíricamente se ha registrado impactos medioambientales menores en la actualidad que las que se vieron sobre los países desarrollados al comienzo de la industrialización (matizar que entre los países actuales que se consideran potencias mundiales, pudo haber décadas de diferencia entre las etapas de industrialización). Por

ello el máximo de la CKA será menor en los países en vías de desarrollo de hoy en día que para los actuales desarrollados (hablando de la primera etapa de la industrialización), por lo que la CKA se mantendrá con la misma forma pero a menor escala de destrucción mundial, según datos del Banco Mundial que datan de 1992.

4.3.5. Las regulaciones ambientales

Ocurre que al aplicar regulaciones de este tipo disminuye el deterioro ambiental, ya que se llevan a cabo reformas nacionales e internacionales. Estas reformas visibilizan y permiten al sector privado tener en cuenta los costes y problemas de su actividad y corregirlo. Puntualizar que en los países desarrollados las regulaciones y protocolos suelen ser más estrictos debido a las múltiples capacidades que poseen y que normalmente los ciudadanos están más preocupados que en los países menos desarrollados.

Podemos continuar hablando y sintetizando otros factores diferentes y otros que tienen relación con lo ya citado anteriormente, el comercio internacional también contiene elementos contaminantes y hay motivos más que suficientes para analizar su comportamiento, ya que como hemos dicho en puntos anteriores, el comercio internacional hace que bajen las emisiones de los países desarrollados y aumente la de los países en vías de desarrollo. A todo ello hay que sumarle las evidencias sobre la evidencia empírica de la CKA, ya que ha sido demostrada solo para ciertos indicadores ambientales como por ejemplo el SO₂ comúnmente llamado dióxido de azufre, y que además de la minoría de indicadores, la CKA es muy sensible a restricciones o regulaciones, como a cambios en la especificación o en el periodo de estudio (cambios en lo anteriormente citado pueden hacer que la CKA no se cumpla de manera normal).

4.3.6. Efectos del comercio

El comercio internacional es otra forma normal que se emplea habitualmente para explicar el cambio de pendiente de la CKA (Arrow et al., 1995 ; Stern et al., 1996; Dasgupta et al., 2001). Al principio del proceso, la expansión comercial hace que suba el tamaño de la economía y con ello el daño ambiental. Pero el efecto sobre la calidad ambiental tiene doble sentido debido a que tiene lugar un juego de fuerzas entre los efectos composición, desplazamiento y el progreso técnico definidos por Grossman y Krugman (1991) combinados ahora con la posibilidad de exportar e importar daño ambiental en estos flujos comerciales. En este sentido, el comercio internacional como antes hemos citado, actúa como vehículo a través del cual los efectos medioambientales

adversos generados por actividades contaminantes bajan en un país y se elevan en otro. La producción de bienes y servicios de un país podría ser un factor determinante. Las exportaciones de bienes crean la pendiente creciente de la CKA, ya que esta producción se lleva a cabo en el país y entonces las emisiones se quedan dentro, pero si de lo contrario nosotros importamos, la pendiente de la CKA se va a reducir hasta llegar a ser negativa, ya que toda esa contaminación implicada por los procesos productivos se lleva a cabo en otros países.

Con ello vemos que la apertura económica internacional puede generar un incremento de las actividades altamente contaminantes en países no desarrollados, agudizando la trampa de la pobreza en la que ya se encuentran. Por lo que la pendiente de la CKA puede ser así resultado de la especialización internacional: a medida que los controles y la regulación ambiental se refuerzan en países desarrollados, en los países en vías de desarrollo aparecen industrias muy contaminantes, con lo que se ve claramente el desplazamiento de las fuentes contaminantes, pero a nivel global este problema se mantiene. La apertura y la liberalización del comercio se transforman en una vía de escape a la normativa severa a la que están sujetas los países más ricos, llegando a constituir ventajas comparativas de los países en desarrollo, con cambios permanentes en los patrones de comercio (Dinda, 2004). Esta hipótesis es conocida como Haven Pollution Hypothesis (HPH) o Hipótesis del Paraíso de Contaminadores, hace referencia a la relocalización de las industrias más contaminantes en aquellos países con regulación ambiental más débil, y su cumplimiento pone en riesgo el papel que la elasticidad ingreso de la calidad ambiental puede desempeñar para tornar la pendiente de la CKA. La literatura se ha extendido ampliamente en relación y contrastación de la HPH, hallando evidencias empíricas tanto a favor como en contra de su verificación.

4.3.7. Los Acuerdos Internacionales

En los últimos años, es posible que la relación entre crecimiento económico y calidad ambiental se haya visto afectada por los resultados e implicaciones de la puesta en vigor de los acuerdos internacionales que tienen por objetivo hacer caer el impacto medioambiental que tienen las actividades económicas. El más importante, es el protocolo de Kyoto (1998), que al entrar en vigor en el mes de febrero en 2005, cambió la actitud de variadas instituciones gobiernos y organismos internacionales en torno a la solución de problema del cambio climático. Los países desarrollados quedan obligados a reducir individual o conjuntamente, sus emisiones antropogénicas de gases de efecto

invernadero a un nivel inferior como mínimo del 5% del valor que tenían en 1990, en el primer periodo de 4 años entre 2008 y 2012.

Viendo la dificultad que para muchos de los países que firmaron el acuerdo representaba la reducción de estas emisiones, dieron 3 mecanismos para que los países logaran sus objetivos.

El primero de estos mecanismos propuestos consiste en el comercio de emisiones entre países, se transfieren las unidades de dióxido de carbono entre los países a través de la compra de derechos de emisión (Assigned Amount Units, AAUs). Los países que tienen bajas emisiones y están por debajo de los umbrales venden sus derechos de emisión, y viceversa, los países que sobrepasan los acuerdos y protocolos establecidos los compran para tener cierto margen y para no ser sancionados.

El segundo instrumento son los Mecanismos de Implementación Conjunta (Joint Implementation). Este instrumento consiste principalmente en que ciertos países indicados en un documento pueden invertir en proyectos de reducción de emisiones en cualquier otro país de otro documento como alternativa a reducir sus emisiones, son llamados por el propio protocolo como proyectos de implementación conjunta.

El tercer y último instrumento propuesto es el Mecanismo de desarrollo limpio (MDL), que involucra directamente a los países occidentales desarrollados. Permite a los gobiernos de estos países y a sus empresas crear acuerdos para la reducción de gases de efecto invernadero

4.4. Literatura sobre Modelos Econométricos basados en la CKA

La curva de kuznets ambiental se define para muchos indicadores ambientales, por ejemplo modelos en los cuales se desarrolla la teoría que relaciona el ingreso per cápita y las emisiones de dióxido de carbono. En este apartado vamos a ver una serie de estudios e informes sobre la evidencia empírica de la CKA, observaremos las variables utilizadas y que conclusiones obtenemos.

El primer modelo y estudio que vamos a ver, comenzó a mediados de los 90 y fueron varios los autores que lo desarrollaron y perfeccionaron, probablemente las aportaciones más importantes llegaron de la mano de Grossman y Krueger en el año 1995.

La teoría de la CKA nos da la relación directa entre el ingreso per cápita y la calidad del medio ambiente, normalmente esa calidad del medio ambiente tiene como medidor el nivel de emisiones de algún gas nocivo, como el dióxido de carbono o el metano. Esta relación es creciente en las fases iniciales del crecimiento, ya que se intensifica la agricultura y la explotación de los recursos naturales y además, tanto los recursos financieros como las tecnologías eficientes no están disponibles aun.

La relación entre el medio ambiente y el ingreso per cápita llega a un punto o comúnmente llamado “Turning Point” donde el deterioro ambiental no aumenta pero los ingresos sí que lo siguen haciendo (Rothman, 1998). Este cambio queda explicado por el que anteriormente hemos definido como efecto de escala, por el aumento en el nivel de ingreso de la población por un factor “k” (Panayotou, 1993), hace que suba la disponibilidad de bienes y se mantiene constante las emisiones contaminantes sobre el medio ambiente.

La curva de Kuznets se puede ver influenciada por otros fenómenos como la tecnología y las regulaciones ambientales (Grossman y Krueger, 1995)

Selden y Song en 1994, y Grossman y Krueger en 1995 comienzan a estimar y a analizar modelos similares al siguiente, poco después, Ekins (1997) y Suri y Chapman (1998) siguen su camino, todos ellos tienen como base la siguiente ecuación:

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 YP_{it} + \beta_2 YP_{it}^2 + \beta_3 YP_{it}^3 + \sum_{j=1} \gamma_j X_{j,it} + u_{it}$$

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

E_{it} representa la degradación ambiental, la cantidad de gases contaminantes que se emiten a la atmósfera, medida en la cantidad de emisiones de CO_2

$Y_{P_{it}}$ es el PIB per cápita de cada uno de los países en el momento t .

$X_{j, it}$ es un conjunto de variables que afectan al deterioro ambiental, como la densidad de población o el grado de apertura comercial del país i en el periodo t

Estas variables tienen el objetivo de indicarnos el efecto escala, efecto composición y el efecto de la tecnología.

El deterioro ambiental es derivado de la actividad económica y con ello descomponen los distintos efectos que se visualizan en la teoría de la CKA, el efecto escala, que se refiere al crecimiento de la economía; el efecto composición, que es un cambio en la estructura de la economía y un efecto tecnología, que es el aumento de la eficiencia al utilizar la energía y con ello generar menores niveles de contaminación (Stern, 2003).

La ecuación del modelo les permite definir varios tipos de relaciones entre la calidad ambiental y el ingreso per cápita de cada uno de los países, el hecho de introducir el PIB al cuadrado, permite ver si la ecuación tiene forma cuadrática o no, y el PIB al cubo ver si tiene alguna otra forma no lineal. (Ekins, 1997; Selden y Song, 1994; Bruyn, Bergh y Opschoor, 1998):

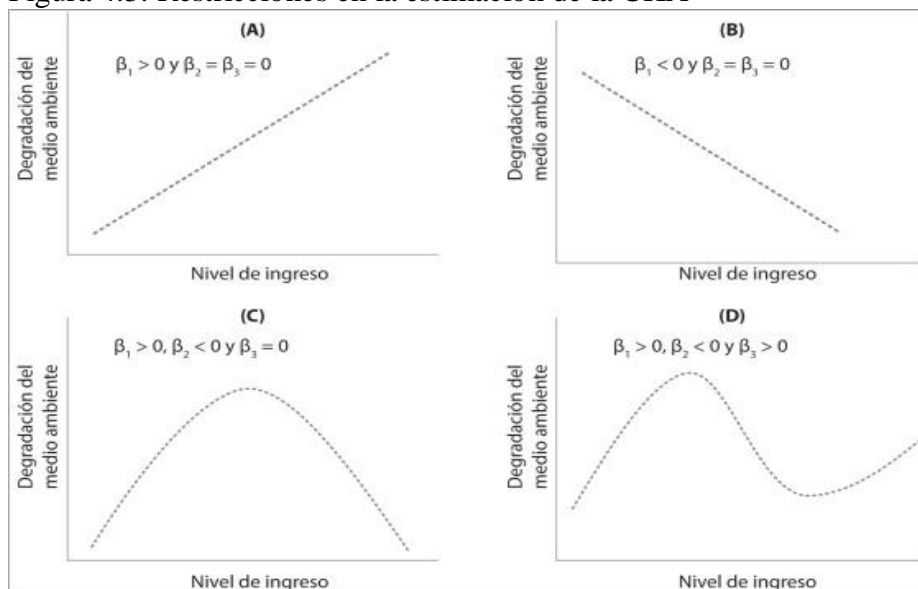
1. Si se cumple que $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, la relación es lineal y el crecimiento económico se traduce en el aumento de la degradación ambiental, matemáticamente diríamos que es monótona creciente.

2. Si se cumple que $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, la relación es lineal y el crecimiento económico se traduce en una disminución de la degradación ambiental, matemáticamente diríamos que es monótona decreciente.

3. Si cumple que $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$, la relación que se define es de U invertida, que es la que cumple la teoría de la CKA, también nos dice que existiría un punto de inflexión en el que cambia la trayectoria de la gráfica, matemáticamente este punto sería $-\beta_1 / 2\beta_2$.

4. Si cumple que $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$, la relación sería una N muy abierta, la cual implica que un mayor nivel de PIB per cápita no tendría por qué generar sistemáticamente una reducción del deterioro ambiental.

Figura 4.3. Restricciones en la estimación de la CKA



Fuente: (Ekins, 1997)

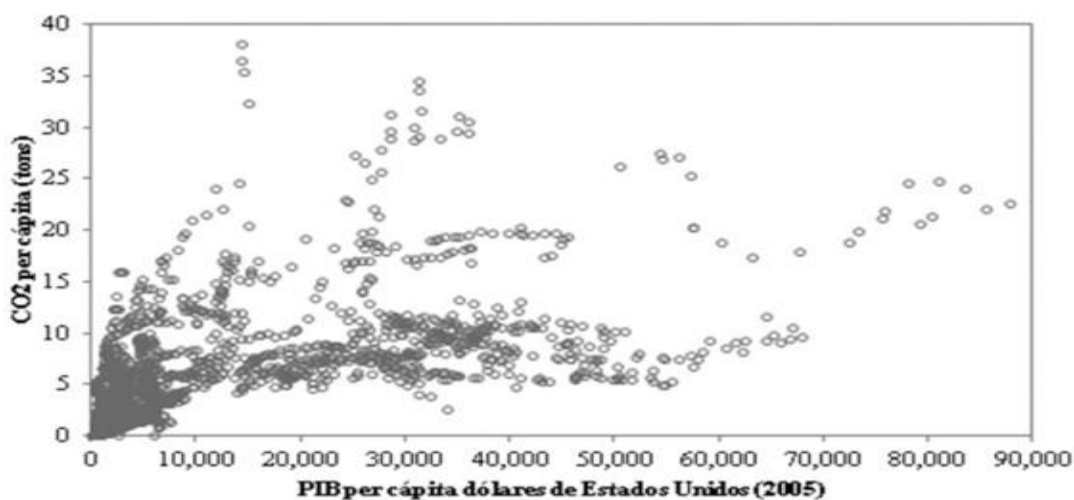
En la figura superior, Ekins hace un resumen sobre las distintas formas gráficas que puede tener la ecuación formulada en este modelo.

La información utilizada son observaciones de datos panel para el periodo de 1990 a 2010, para 144 países, la fuente de información es el Banco Mundial.

La variable deterioro ambiental, es el nivel de emisiones de dióxido de carbono per cápita (CO_{2it} , medido en toneladas métricas per cápita) y la variable de ingreso el PIB per cápita medido en dólares de Estados Unidos a precios de 2005 (Y_{pit}).

En el gráfico vemos los valores de las mediciones para los 144 países del estudio, tanto los países desarrollados como los que están en vías de desarrollo. En general se aprecia que niveles altos de renta per cápita están asociados a niveles altos de emisiones por persona. Vemos como hasta 10000 dólares las dos variables parecen ir al unísono, pero después de este umbral, en algunos países permanecen constantes las emisiones en niveles de 5 toneladas y en otros suben hasta el doble. Niveles superiores a 20.000 dólares per cápita al año parecen no disminuir las emisiones de CO_2 , y con ello concluir que no hay una relación de U invertida como dicta la teoría, sino que más bien parece que la estimación se ajusta a un patrón no lineal en forma de N.

Figura 4.4. Diagrama de dispersión entre las emisiones per cápita y el PIB per cápita



Fuente: Banco Mundial (2014)

La estimación de un modelo con datos de panel nos muestra que al considerar una muestra de 144 países en el periodo de 1990-2010, la relación entre las emisiones de CO₂ y el PIB, tiene forma de N.

Al darnos una estimación con forma de N, en los países con altos niveles de ingreso las reducción de las emisiones se para, esto podría ser debido a las nuevas tecnologías son más caras que los convencionales combustibles fósiles, por lo que cuesta más implantarlas y da lugar a la característica forma de N abierta.

Según Arrow (1995), el problema ambiental no se reduce a la evolución del crecimiento económico sino que debe considerarse el papel de los mercados, la innovación tecnológica y las regulaciones ambientales. Proponen el aumento del gasto en innovación tecnológica, para que impulse el uso de las energías renovables que disminuyen las emisiones contaminantes, y todo ello sumado a las regulaciones ambientales, se consiga pasar de una curva en forma de N (en la cual altos niveles de renta estancan la caída de emisiones e incluso las incentivan), a la U invertida, en la cual los países con mayor renta per cápita serán los que menos contaminación produzcan.

Tras ver este modelo, el cual fue utilizado y referenciado en multitud de trabajos y estudios, ya que contradecía la teoría de la CKA, vamos a ver un modelo complementario que trabajaron varios economistas durante el final del Siglo XX e inicios del Siglo XXI. Sería una especie de continuación, el mismo modelo, pero cambiando la variable exógena

que introducía ciertos componentes que afectaban al deterioro ambiental, por el Gasto público en I+D+i energético, para ver que un aumento de esta variable tiene repercusiones positivas sobre la caída de las emisiones en los países de estudio.

Neumayer, (1998), Anderson y Cavendish (2001) y Pizer y Popp (2008), evidencian la relación existente entre crecimiento económico, cambio tecnológico y contaminación, argumentando que el progreso técnico es la clave en la reducción de emisiones.

Su modelo incorpora como variable explicativa, la innovación energética, por medio de la variable gasto público en I+D+i energético, para ver que el crecimiento económico (PIB per cápita) y el esfuerzo en innovaciones energéticas tienen un efecto positivo sobre la reducción de emisiones per cápita.

La ecuación que ellos proponen es la siguiente:

$$GEI_{pcit} = \alpha_i + \beta_1 PIB_{pcit} + \beta_2 PIB_{pcit}^2 + \beta_3 PIB_{pcit}^3 + \beta_4 RDET_{pcit-1} + \varepsilon_{it}$$

- GEI_{pcit} = Es el nivel de emisiones de gases efecto invernadero, que se mide en millones toneladas CO₂, en términos per cápita para el país i y el año t. (OCDE, 2013).
- PIB_{pcit} = Es el nivel de renta en términos per cápita medido en dolares para el país i y el año t. En su expresión cúbica, tal y como hemos dicho en el primer modelo, tratan de verificar que la CKA no presenta la convencional U invertida sino que presenta forma de N. (OCDE, 2013).
- $RDET_{pcit-1}$ = Gasto Público en I+D+i energético en términos per cápita en US\$ para el país i y el año t-1. Esta variable presenta con un retardo de un periodo, debido a que las medidas adoptadas de esta naturaleza tardan un tiempo en tener su efecto sobre el medio ambiente (OCDE, 2013).

Se toma como muestra de 25 países de la OCDE, entre los años 1992-2010., y se estima el modelo, que incluye la variable gasto público en I+D+i energético, para ver como esa variable afecta a la relación entre el crecimiento y la degradación medioambiental que establece la teoría de la CKA.

Figura 4.5. Resultados econométricos del Modelo propuesto

Dependent Variable: GEIpc
 Method: Panel EGLS (Cross-section weights)
 Sample: 1992-2010; Periods included: 19; Cross-sections included: 25
 Total panel (balanced) observations: 475
 Iterate coefficients after one-step weighting matrix
 Convergence achieved after 29 total coef iterations

Variable	Coefficient	Std. Error
C	10970.63	694.1770
PIBpc	0.154424	0.049548
PIBpc^2	-4.01E-06	1.15E-06
PIBpc^3	2.62E-11	7.65E-12
RDETPC(-1)	-18254.08	6511.907
AR(1)	0.838897	0.023233

Fuente: Balsalobre et al (2016), Universidad Complutense de Madrid

El valor de los coeficientes que corresponden al PIB per cápita y su valor al cuadrado y al cubo ($\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$), al igual que ocurría en el primer modelo, corrobora que el modelo tiene un patrón no lineal en forma de N.

El coeficiente $\beta_4 < 0$, nos indica que el gasto en I+D+i energético, tiene un efecto positivo sobre la corrección medioambiental, ya que es negativo, y por lo tanto aumentos en el gasto hacen que la variable dependiente que son las emisiones de CO₂ caigan.

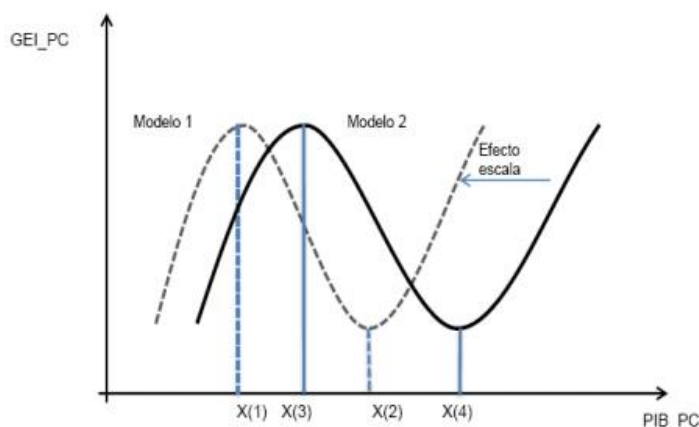
Con el valor obtenido de los coeficientes, $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$, ellos calculan los “turning point” para ver económicamente el efecto de estas medidas de innovación energética, y ver cómo afecta a la degradación ambiental.

El modelo anterior responde a un patrón de comportamiento de la CKA en forma de N, y al analizar el siguiente gráfico vemos lo siguiente:

Hay dos curvas, la curva discontinua pertenece a los datos que se obtienen de ese modelo, pero sin incluir el gasto público en I+D+i energético, es decir, un modelo en el cual las únicas variables explicativas son el PIB per cápita, su cuadrado y su cubo (En el último apartado trataremos de hacer una pequeña estimación).

Después de ello, en la figura 4.6, la línea continua es el modelo incluyendo el Gasto Publico en I+D+i energético, del cual obtienen los valores de los parámetros y se obtienen las primeras conclusiones.

Figura 4.6 Modelo Cubico CKA en forma de N (Estimación de los modelos 1 y 2)



Modelo 1: $GEIPC_{it} = 10709.79 + 0.162879 \cdot PIBPC_{it} - 4.26E-06 \cdot PIBPC_{it}^2 + 2.80E-11 \cdot PIBPC_{it}^3 + [AR(1) = 0.851358]$

X1= US\$ 25.556,72 ; X2= US\$ 75.871,85

Modelo 2: $GEIPC_{it} = 10970.63 + 0.154424 \cdot PIBPC_{it} - 4.01E-06 \cdot PIBPC_{it}^2 + 2.62E-11 \cdot PIBPC_{it}^3 - 18254.08 \cdot RDETPC_{it-1} + [AR(1) = 0.851358]$.

X3= US\$ 25.756,47; X4= US\$ 76.279,15

Fuente: Balsalobre et al (2016).

Al ver los puntos de inflexión para el tramo creciente, el modelo 2 (llamamos modelo 2 al que incluye el gasto público en I+D+i) alcanza ese punto de cambio a mayores niveles de renta, ya que se ve que en X3 el nivel del PIB per cápita es mayor que en X1, esto lo interpretan como que las medidas de gasto público al principio cuando comienza el crecimiento económico, en etapas tempranas, se necesitan niveles de renta más altos en este modelo para alcanzar niveles iguales de degradación ambiental, según los analistas de la Universidad Complutense de Madrid, “Se requiere un sobreesfuerzo en los niveles de renta necesarios para alcanzar la corrección medioambiental”.

La forma de N de la Curva implica varias cosas, cuando las economías se encuentran en el final del tramo decreciente de las emisiones, y alcanzan otro nuevo nivel de renta, cambia la tendencia y se vuelven a los niveles de emisiones ascendentes, todo esto queda justificado por el efecto escala en la teoría de Torras y Boyce (1998), en la cual sus estudios nos dicen que las medidas relacionadas con la innovación en la energía, llega un punto en el cual quedan obsoletas, por lo que no hay capacidades ni recursos suficientes para seguir disminuyendo las emisiones contaminantes.

Se concluye con el modelo, que el gasto público en I+D+i energético hace que se reduzcan las emisiones contaminantes, por lo que sería necesario tener mejoras en innovación energética, y con ello caerían las emisiones y se mejoraría la calidad medioambiental.

Viendo estos estudios sobre la relación entre emisiones de CO₂ y el PIB per cápita de los países, se podría decir que en muchos de estos países no se cumple la teoría de la CKA, no se ve una relación con forma de U directa, en la cual los países en vías de desarrollo tengan altas emisiones contaminantes, y que en los países desarrollados suceda lo contrario. Como hemos visto hay todo tipo de situaciones y lo normal es que altos niveles de renta conlleven altos niveles de emisiones, por lo que pasamos a tener una curva en Forma de N, que es la conclusión final de estos estudios de la literatura sobre la CKA.

4.5. Relación entre las emisiones de CO₂ y el desarrollo económico en España: Modelo Econométrico

En los trabajos analizados en el apartado anterior se intenta ver si se cumple la curva de Kuznets utilizando modelos de datos panel. En ellos se analiza la relación entre las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita para varios países y varios años.

En este apartado se va a analizar esta relación, hemos utilizado datos del Banco Mundial para el caso de España y para el periodo comprendido entre 1960 y 2014. La especificación del modelo de partida es:

$$\text{Emisiones}_t = \beta_0 + \beta_1 * \text{PIB}_t + \beta_2 * \text{PIB}_t^2 + \beta_3 * \text{PIB}_t^3 + U_t \quad (1)$$

Las variables utilizadas en el modelo (1) son::

Emisiones_t : Son las emisiones de CO₂, medidas en toneladas métricas per cápita.

PIB_t : Es el PIB per cápita, medido en dólares a precios internacionales actuales.

PIB_t^2 : Es el PIB per cápita elevado al cuadrado

PIB_t^3 : Es el PIB per cápita elevado al cubo

Figura 4.7. Modelo econométrico explicativo de las emisiones de CO₂

```

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1960-2014 (T = 55)
Variable dependiente: EmisionesdeCO2

```

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	2.36387	0.272209	8.684	1.26e-011	***
PIBpcESPAÑA	0.000665670	9.63291e-05	6.910	7.54e-09	***
PIB2	-3.28787e-08	7.56380e-09	-4.347	6.60e-05	***
PIB3	5.05327e-013	1.53803e-013	3.286	0.0018	***

ATENCIÓN: ¡Matriz de datos casi singular!

Media de la vble. dep.	5.203555	D.T. de la vble. dep.	1.740770
Suma de cuad. residuos	37.53943	D.T. de la regresión	0.857944
R-cuadrado	0.770591	R-cuadrado corregido	0.757096
F(3, 51)	15.91776	Valor p (de F)	1.97e-07
Log-verosimilitud	-67.53823	Criterio de Akaike	143.0765
Criterio de Schwarz	151.1058	Crit. de Hannan-Quinn	146.1815
rho	0.920202	Durbin-Watson	0.171898

Fuente: Elaboración Propia

Según los signos de las estimaciones de los parámetros, la curva adopta distintas formas. Viendo las restricciones anteriormente planteadas en Balsalobre et al (2016), este modelo coincide con que $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$. La interpretación de estos signos nos dice que la ecuación tiene forma de N abierta, al igual que los modelos principales sobre la teoría de la CKA, que desmienten la forma de U invertida, implica que mayores niveles de PIB per cápita no reducen la degradación medioambiental. El R-Cuadrado nos dice que el 77,05% de la variación de la variable dependiente queda explicada por las variables explicativas, quiere decir que la variación de las emisiones contaminantes per cápita quedan explicadas en ese porcentaje por el modelo.

Ahora haremos el chequeo del modelo, utilizando algunos contrastes de autocorrelación, heterocedasticidad y normalidad para ver si es válido o presenta problemas de algún tipo.

Figura 4.8. Contrastes principales de Autocorrelación, Normalidad y Heterocedasticidad para nuestro modelo.

```

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 8.25163
con valor p = P(Chi-cuadrado(3) > 8.25163) = 0.0410877

Contraste LM de autocorrelación hasta el orden 1 -
Hipótesis nula: [No hay autocorrelación]
Estadístico de contraste: LMF = 324.198
con valor p = P(F(1, 50) > 324.198) = 1.68603e-023

Contraste de normalidad de los residuos -
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado(2) = 6.84137
con valor p = 0.03269

```

Fuente: Elaboración Propia

Vemos que los residuos no se distribuyen según una normal, presenta problemas de heterocedasticidad y autocorrelación, utilizando un nivel de significación del 5%

Con objeto de intentar corregir el principal problema que presenta el modelo que es la autocorrelación de los residuos, vamos a introducir en primer lugar la variable retardada un periodo.

Figura 4.9. Modelo Inicial añadiendo la endógena retardada un periodo.

```

Modelo 6: MCO, usando las observaciones 1961-2014 (T = 54)
Variable dependiente: EmisionesdeCO2

-----
                Coeficiente   Desv. típica   Estadístico t   valor p
-----
const           0.240626         0.131676         1.827           0.0737   *
PIBpcESPANA     -4.68743e-05         4.28904e-05        -1.093          0.2798
PIB2            4.34402e-09         2.81681e-09         1.542           0.1295
PIB3           -1.08046e-013         0.00000           -2.008           0.0502   *
EmisionesdeCO2_1  0.998070           0.0449024         22.23           3.02e-027 ***

Media de la vble. dep.  5.270165   D.T. de la vble. dep.  1.684879
Suma de cuad. residuos  3.285795   D.T. de la regresión  0.258954
R-cuadrado          0.978161   R-cuadrado corregido  0.976379
F(4, 49)            548.6803   Valor p (de F)        5.11e-40
Log-verosimilitud   -1.039548   Criterio de Akaike    12.07910
Criterio de Schwarz  22.02402   Crit. de Hannan-Quinn  15.91446
rho                 -0.097441   h de Durbin            -0.758521

Sin considerar la constante, el valor p más alto fue el de la variable 1 (PIBpcESPANA)

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 4.92194
con valor p = P(Chi-cuadrado(4) > 4.92194) = 0.295402

Contraste de normalidad de los residuos -
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado(2) = 0.242331
con valor p = 0.885887

Contraste LM de autocorrelación hasta el orden 1 -
Hipótesis nula: [No hay autocorrelación]
Estadístico de contraste: LMF = 0.504501
con valor p = P(F(1, 48) > 0.504501) = 0.480966

Contraste LM de autocorrelación hasta el orden 2 -
Hipótesis nula: [No hay autocorrelación]
Estadístico de contraste: LMF = 0.344432
con valor p = P(F(2, 47) > 0.344432) = 0.710397

```

Fuente: Elaboración Propia

Vemos en este nuevo modelo que los residuos se distribuyen según la normal y no hay problemas de heterocedasticidad según Breusch-Pagan, tampoco se ve que el modelo presente problemas de autocorrelación, por lo que respecta a los signos, corroboran que la CKA tendría forma de N abierta, pero los tres coeficientes no son significativos para un nivel de significación del 5% , lo que nos indicaría que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingresos.

Como hemos dicho, el modelo econométrico utilizado tiene como datos series temporales, por lo que antes de estimar el modelo (1) deberíamos de analizar la estacionariedad o no de cada una de las series del modelo. El análisis anterior sería válido si las series fuesen estacionarias $I(0)$.

Para analizar la estacionariedad de cada una de las series, vamos a utilizar diversos instrumentos como los gráficos de series temporales y sus correlogramas, y para corroborar o desmentir el análisis gráfico aplicaremos el contraste de Dickey-Fuller.

El análisis completo de integración de las series temporales y de los residuos del modelo correspondiente quedan incluidos en el anexo por motivos de espacio (incluyendo las figuras 4.10 hasta 4.26, que en el anexo son desde la figura A1 hasta A17), las conclusiones del análisis son:

La serie de las emisiones de CO_2 es integrada de orden 1, al igual que la serie del PIB per cápita español, que es $I(1)$, ya que el estadístico de contraste es menor que el punto crítico del contraste ADF para un nivel de significación del 5%. Para el PIB al cuadrado y al cubo no se realiza análisis visual ni correlograma, tan solo el contraste ADF. La serie del PIB per cápita español al cuadrado también es integrada de orden 1. Vemos que el contraste de Dickey-Fuller concluye que la serie del PIB al cubo tiene diferente nivel de integración que las series anteriores, ya que es $I(2)$.

Tras ver que las series no son $I(0)$, y que las emisiones de CO_2 , el PIB y el PIB al cuadrado son integradas del mismo orden, $I(1)$, planteamos un modelo con ellas y analizamos si los residuos son $I(0)$, y dependiendo de si son $I(0)$ o no, las series están cointegradas o no, en el primer caso habría que estimar el modelo con MCE y si no plantear el modelo en diferencias, pero el modelo en diferencias no representaría de manera fiel la curva de kuznets, porque no son variables en niveles.

Figura 4.10. Modelo previo al análisis de los residuos de la Regresión

	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	2.88472	0.241226	11.96	1.52e-016	***
PIBpcESPANA	0.000376242	4.24905e-05	8.855	5.83e-012	***
PIB2	-8.33646e-09	1.29639e-09	-6.431	4.00e-08	***
Media de la vble. dep.	5.203555	D.T. de la vble. dep.	1.740770		
Suma de cuad. residuos	45.48518	D.T. de la regresión	0.935262		
R-cuadrado	0.722033	R-cuadrado corregido	0.711342		
F(2, 52)	67.53620	Valor p (de F)	3.50e-15		
Log-verosimilitud	-72.81809	Criterio de Akaike	151.6362		
Criterio de Schwarz	157.6582	Crit. de Hannan-Quinn	153.9649		
rho	0.916632	Durbin-Watson	0.173791		

Fuente: Elaboración Propia

Utilizaremos el contraste de Engle y Granger par analizar la posible cointegración entre las variables, que consiste en analiza si los residuos son I(0).

Figura 4.11. Contraste de Dickey-Fuller de los residuos.

```

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para uhat8
contrastar desde 10 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 53
hipótesis nula de raíz unitaria: a = 1

contraste sin constante
incluyendo un retardo de (1-L)uhat8
modelo: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.111246
Estadístico de contraste: tau_nc(1) = -1.84364
valor p asintótico 0.06218
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.016
    
```

Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que como los residuos son I(1), no están cointegradas las variables emisiones de CO2 con el PIB y el PIB al cuadrado y por lo tanto no existe una relación a largo plazo entre las mismas.

5. CONCLUSIONES

Como hemos dicho en la introducción del trabajo, el cambio climático es uno de esos temas siempre presentes en los medios de comunicación. Las televisiones, prensa y radios publican continuamente noticias y hechos relacionados con la preocupación ambiental. Pero ocurre siempre lo mismo, se anuncia el problema y tan solo la comunidad científica y algunos equipos de gobierno de algunos países del mundo tratan de poner paliativos.

En las observaciones realizadas en los “Cores de Hielo” del Ártico, así como en las mediciones en el observatorio hawaiano del Mauna Loa, vemos cómo medir el aumento de CO₂ en la atmósfera en el muy largo plazo y sus efectos sobre el clima. Acabamos el apartado citando, contabilizando y explicando cuales esas consecuencias climáticas y los países que más las van a experimentar, que son claramente los países en desarrollo.

Tratamos la importancia del efecto desplazamiento de la contaminación de los países desarrollados hacia los que están en vías de desarrollo. De las ayudas y regulaciones ambientales para paliar el problema ambiental, y de los acuerdos internacionales citamos como el protocolo de Kyoto, así como de sus tres mecanismos principales para regular y controlar las emisiones, de gases contaminantes.

Respecto a la literatura de los modelos econométricos, hablamos de los modelos más utilizados estos últimos años en el ámbito económico-ambiental, tanto el modelo principal como el segundo modelo complementario nos corroboran que no se cumple la teoría principal de la CKA. Es decir, la relación entre el PIB per cápita y las emisiones no tiene forma de U invertida como citan los pioneros sobre el tema. La forma que adopta de N abierta viene a decirnos que el hecho de que un país tenga altos niveles de PIB per cápita no tiene por qué tener relación directa con la caída de las emisiones.

El modelo econométrico planteado, para el caso de España y con análisis de series temporales, diferente a los datos de panel de los modelos de la literatura, es muy básico y pretende ilustrar tan solo el inicio del análisis econométrico que se haría en este tipo de estudios sobre el medioambiente, pero al tratar con series temporales, encontramos que el modelo tiene problemas de normalidad, heterocedasticidad y autocorrelación, no ocurre así con el modelo añadiendo la endógena retardada, pero el hecho de que las series no sean estacionarias dificulta dar buenas conclusiones y resultados, se concluye con que no existe una relación a largo plazo entre el PIB y las emisiones de CO₂.

BIBLIOGRAFÍA

ALBRITTON, D. (2001): The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.

ANTWEILER, W., COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S. (2001): "Is free trade Good for the environment?", American Economics Review, 91, 877-908.

ARROW, K., BOLIN, B., COSTANZA, R., DASGUPTA, P., FOLKE, C., HOLLING, C.S., JANSSON, B.-O., LEVIN, S., MALER, K.-G., PERRINGS, C., PIMENTAL, D. (1995): "Economic growth, carrying capacity and the environment". Ecological Economics, 15, 91-95.

BECKERMAN, W. (1992): "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?". World Development, 20, 481-496.

BROCK, W.A., TAYLOR, M.S. (2004): Economic Growth and the Environment: a Review of Theory and Empirics. Working Paper Series 10854

CANTONE, N., PADILLA, E. (2010): Equality and CO2 emissions distribution in climate change integrated assessment modelling, 35, 298-313.

CHARLSON, R.J., HEINZTENBERG J. (1995): Aerosol Forcing of Climate, 95-108.

COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S. (2004): "Trade, Growth, and the Environment". Journal of Economic Literature, American Economic Association, 42, 7-71.

DASGUPTA, S., LAPLANTE, B., MAMINGI, N. (2001): "Pollution and Capital Markets in Developing Countries". Journal of Environmental Economics and Management, 42, 310-355.

DASGUPTA, S., LAPLANTE, B., WANG, H., WHEELER, D. (2002): Confronting the Environmental Kuznets Curve. Journal of Economic Perspectives, 16, 375-385

DINDA, S. (2004): "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey". Ecological Economics, 49, 431-455

FLANENERY, T. (2006): "La amenaza del cambio climático. Historia y futuro". Santillana ediciones. Madrid.

GROSSMAN, G., KRUEGER, A. (1991): "Environmental impacts of North American free trade agreement". Working paper 3914.

GROSSMAN, G.M., KRUEGER, A.B., 1995. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110, 353-377

HOUGHTON, J., VARNEY, S. (1992): Informe suplementario a la evaluación científica del IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2007): "Cambio climático: las bases científicas y física" Grupo de trabajo I. Cuarto informe del IPCC

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2007): "Cambio climático: mitigación del cambio climático". Grupo de trabajo III. Cuarto informe del IPCC..

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (1996): "Cambio climático: La ciencia del cambio climático". Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo I del IPCC.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (1995): "Cambio climático: Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático". Documento para el Segundo informe de evaluación

KAIKA, D., ZERVAS, E. (2013): The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory. Part B: critical issues, 1016

KUZNETS, S. (1965): *Economic Growth and Structure, Selected Essays*. Heinemann Educational Books limited.

MAGNANI, E. (2000): The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution. *Ecological Economics* 32, 431-443

PANAYOTOU, T. (1993): "Empirical Test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development". Working Paper WP238

PANAYOTOU, T. (2003): *Economic Growth and the Environment 2003*. Economic Survey of Europe, 2, chapter 2.

RICHMOND, A.K., KAUFMANN, R.K. (2006): Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions? *Ecological Economics*, 56, 176-189.

SCHERAGA, J., GRAMBSCG A. (1998): "Risks, opportunities, and adaptation to climate change". *Climate Research*, 10, 85-95.

SELDEN, T., SONG, D. (1994): "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emission?". *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 147-162.

SHAFIK, N., BANDYOPADHYAY, S. (1992): "Economic growth and the environmental quality: time series and cross-country evidence". Policy Research Working Paper, World Development Report WPS 904.

STERN, D.I., S. COMMON, M., B. BARBIER, E. (1996). "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development". *World Development*, 24, 1151-1160.

STERN, D.I. (1998): Progress on the Environmental Kuznets Curve? *Environment and Development Economics*, 3, 173-196.

STERN, D.I. (2004): The rise and fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32, 1419-1439.

SURI, V., CHAPMAN, D. (1998): Economic growth, trade and energy: implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25, 195-208.

TOHARIA M. (2005): "Cambio climático: Evidencia, causas y consecuencias". *Revista de la Real Academia de Medicina de Salamanca*. 2005.

TORRAS, M., BOYCE, J.K. (1998): Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25, 147-160.

WALTHER, G: (2002): "Ecological responses to recent climate change". 389-395.

ZILIO MARIANA, I. (2012): "Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo". *Cuadernos de economía*, 35, 43-54.

