



# **Universitat Autònoma de Barcelona**

**LA RELACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA  
DEGRADACIÓN MEDIOAMBIENTAL**

**POL MONTEMAYOR CEJAS**

**GRADO EN ECONOMÍA**

**TUTOR: EMILIO PADILLA ROSA**

**07 Junio de 2017**

## **RESUMEN**

El fuerte incremento de la degradación medioambiental a causa del desarrollo humano y económico ha provocado el surgimiento de una gran preocupación por la preservación del medioambiente durante las últimas décadas. Esta preocupación se ha traducido en la elaboración de muchos estudios que intentan descubrir cuál es la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental.

La hipótesis más comentada y contrastada es la de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) que prevé que en bajos niveles de renta per cápita el crecimiento económico aumentará la degradación medioambiental hasta llegar a un nivel de renta per cápita en el que empezará a caer esta degradación medioambiental con el crecimiento económico. Es decir, que el crecimiento económico y la degradación medioambiental guardan una relación en forma de U-invertida.

En este trabajo se revisa la literatura acerca de esta hipótesis, los conceptos en los cuales se sustenta, la metodología usada para contrastarla, las hipótesis que la complementan, la controversia que genera y la evidencia empírica que la acompaña. Para complementar este último apartado también se realiza un pequeño estudio en el que se estima un modelo empírico para 11 países de 1990 a 2014.

Las principales conclusiones a las que se llega es que, aunque haya evidencia empírica de la existencia de la CKA para algunos países e indicadores de degradación medioambiental, no parece ser una hipótesis generalizable a todos los países e indicadores. Además, no se garantiza que el crecimiento económico sea el causante de una disminución de la degradación medioambiental y por eso es necesaria la actuación de las instituciones públicas para asegurar la preservación del medioambiente.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA Y CONCEPTOS BÁSICOS .....</b>	<b>2</b>
<b>3. LA HIPÓTESIS DE LA CKA .....</b>	<b>6</b>
3.1. Metodología .....	8
3.1.1. <i>Modelo empírico</i> .....	8
3.1.2. <i>Datos</i> .....	10
3.2. Hipótesis complementarias a la CKA .....	10
3.2.1. <i>Impactos de las instituciones públicas</i> .....	10
3.2.2. <i>Impacto de la distribución de la renta</i> .....	11
3.2.3. <i>Impactos del comercio internacional</i> .....	11
3.2.4. <i>Otras cuestiones</i> .....	12
3.3 Controversia en torno a la CKA .....	13
3.3.1. <i>Cuestiones teóricas</i> .....	13
3.3.2. <i>Cuestiones econométricas</i> .....	15
3.3.3. <i>Cuestiones generales</i> .....	17
<b>4. EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA CKA.....</b>	<b>20</b>
4.1. Modelo empírico y datos .....	21
4.2. Resultados .....	22
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>32</b>
I. Outputs de la estimación del modelo empírico utilizando las emisiones de CO <sub>2</sub> absolutas como variable dependiente.....	32
II. Outputs de la estimación del modelo empírico utilizando las emisiones de CO <sub>2</sub> per cápita como variable dependiente.....	37

## **1. INTRODUCCIÓN**

Es evidente que la degradación medioambiental es un fenómeno real y de vital importancia que se está manifestando de muchas formas distintas globalmente. La situación es preocupante y necesita ser estudiada para poder ser afrontada de forma urgente. Se tratará de analizar este problema de altísima prioridad desde una perspectiva económica.

El objetivo principal es establecer la relación que existe entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental. Este objetivo es muy ambicioso, demasiado posiblemente, ya que se trata de un ámbito en el que hay un inmenso debate. De todas formas y aunque sacar una conclusión categórica respecto al tema se presente muy difícil, se pretende llegar a conclusiones verosímiles y bien fundamentadas.

El enfoque del trabajo va a ser, mayoritariamente, un análisis del panorama de la literatura respecto a la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental. También va a contar con un pequeño estudio empírico de esta relación.

El trabajo constará de 5 secciones, incluyendo la introducción. La segunda servirá para contextualizar la evolución histórica de la relación entre el crecimiento económico y el medioambiente y también para introducir algunas ideas básicas. Después se pasará a analizar la literatura desarrollada acerca de esta relación. La siguiente sección, y la que más peso tendrá en el trabajo, será la revisión de la literatura acerca de la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), la más usada y analizada para explicar cuál es el comportamiento de la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental. Se explicará en qué consiste, qué metodología se le aplica, cuáles son las hipótesis o teorías que la complementan y en qué aspectos genera controversia. En la cuarta sección se revisará cual es la evidencia empírica de su existencia según la literatura existente y mediante un pequeño estudio empírico. Por último, se encontrarán las conclusiones. En esta parte se mencionarán y argumentarán aquellas conclusiones a las que se ha ido llegado durante la elaboración del trabajo, combinando la parte de revisión de la literatura y la empírica, y se evaluará si se han cumplido los objetivos marcados.

## **2. CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA Y CONCEPTOS BÁSICOS**

El ser humano no ha tenido siempre ni la misma relación con el medioambiente ni la misma percepción de éste. En el paleolítico el ser humano se encontraba en coexistencia sostenible con el medioambiente, ya que sus actividades no generaban ningún impacto negativo sobre éste. Con la revolución neolítica, hace unos 10.000 años, esto cambia sustancialmente y la evolución en las técnicas de agricultura y ganadería da lugar a sociedades mucho más humanizadas en busca de excedentes de producción y que se organizan en ciudades. Cambia radicalmente la relación entre el desarrollo humano y el medioambiente, éste último empieza a concebirse como un factor de producción. Hacia esta dirección van los cambios posteriores.

En los siglos XVI, XVII y parte del XVIII, después de la conquista de América, se establece el mercantilismo, un sistema económico en el cual no se muestra preocupación alguna por el medioambiente. Se considera el inicio del capitalismo.

Hacia mitades del siglo XVIII se inicia la Primera Revolución Industrial hasta el inicio/mitad del siglo siguiente. Ésta significa una enorme transformación en términos económicos, sociales y tecnológicos, la mayor desde el neolítico. Este proceso de industrialización que aumenta enormemente la producción generó un gran impacto sobre el medioambiente en términos de contaminación del agua, de los suelos y del aire, ya que se basó en la explotación de recursos minerales y el uso de combustibles fósiles provocados por el desarrollo de la máquina de vapor, entre otros. El aumento masivo de la edificación también distorsiona el paisaje y la biosfera existente. Estos conflictos se ven acentuados por la llegada de la Segunda Revolución industrial a mediados de siglo XIX. Así pues, parece que desarrollo humano y crecimiento económico van ligados a un mayor deterioro del medioambiente hasta este momento.

Como se explica en Suárez (2011), en cuanto al campo de la teoría económica, también hay una evolución en el tratamiento del medioambiente. Smith (1776) formaliza el pensamiento económico liberal y origina lo que se conoce como Economía Clásica. En su análisis no existe mención a temas medioambientales, pero en pocos años, aparecen las primeras aportaciones en relación al impacto de la economía sobre el medioambiente. Malthus (1798) explica que la oferta de recursos de la tierra es limitada. Ricardo (1815) argumenta que los recursos de la tierra no son limitados, sino que sus

rendimientos son decrecientes. Mill (1848) postula que el medioambiente puede significar un límite para el crecimiento e introduce el concepto de externalidad negativa. Por su parte, Marx (1867) indica que el capitalismo explotará la naturaleza hasta el límite y ésta será una de las causas que lo llevarán al fracaso. Así pues, parece que se empieza a incluir el medioambiente en el estudio de la economía. En la década de 1870 surge la Escuela Neoclásica con un enfoque mucho más marginalista de la economía, pero no hace grandes aportaciones en cuanto al estudio del medioambiente. Esta escuela, con autores como Walras (1874), Pigou (1919), Marshall (1919), Hotelling (1931) o Coase (1960), es la que siembra las bases de la Economía Ambiental, posteriormente analizada.

En la década de 1960 surge el movimiento social conocido como ambientalismo que aboga por la preservación del medioambiente. La enorme aceleración del desarrollo tecnológico y el uso masivo de combustibles fósiles para abastecer la producción de los países industrializados tienen grandes impactos sobre el medioambiente, como la ya mencionada contaminación del aire, del agua y del suelo o como la extinción de especies, que se hacen imposibles de obviar. Así que, desde el punto de vista económico, se hace imprescindible presentar una alternativa al modelo de crecimiento productivista que garantice la preservación del medioambiente. En la década de 1970 se empieza a trabajar en esta dirección.

En 1972, un equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) publica un informe encargado por el Club de Roma que se tituló *Los Límites del Crecimiento*. Después de una estimación con los datos disponibles hasta la fecha, la conclusión del trabajo fue que “si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la tierra durante los próximos cien años” (Meadows et al., 1972: 23)

En ese mismo año tuvo lugar la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano<sup>1</sup>, acontecimiento que conllevó a que la conservación del medioambiente se convirtiera en un problema prioritario a nivel global.

---

<sup>1</sup> También conocida como Conferencia de Estocolmo y, posteriormente, considerada como la predecesora a las Cumbres de la Tierra.

A partir de ese momento empieza a surgir una extensa literatura sobre el análisis del medioambiente desde una perspectiva económica. Autores como Solow (1974), Dasgupta y Heal (1979), Hartwick (1978), Georgescu-Roegen (1971), Heilbroner (1974), Daly (1977) (citados en Suárez, 2011) y muchos otros hacen grandes aportaciones al respecto.

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas encomienda a un equipo liderado por la doctora Gro Harlem Brundtland la elaboración de un informe titulado *Nuestro Futuro Común*. Éste pone en evidencia la incompatibilidad del desarrollo económico de entonces con la sostenibilidad medioambiental y define el término desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (World Commission on Environment and Development, 1987: 29). Este informe sirve de punto de inflexión para que se empiecen a poner en marcha una gran cantidad de iniciativas a favor del desarrollo sostenible entre las que destacan las diferentes Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo<sup>2</sup>, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)<sup>3</sup> y las Conferencias de las Partes de la CMNUCC (COP, por sus siglas en inglés)<sup>4</sup>, el protocolo de Kioto (1997) y el acuerdo sobre el cambio climático de París (2015).

Así pues, era obvio que era necesario otro enfoque económico que diese lugar a un modelo de desarrollo sostenible o, por lo menos, mucho más sostenible que el vigente. Con esta premisa surgen la Economía Ambiental y la Economía Ecológica.

La Economía Ambiental es una rama de la Economía Neoclásica que tiene como origen las aportaciones al análisis económico del medioambiente a partir de la década de 1970. Considera la degradación medioambiental como una externalidad negativa y, por tanto, asume que el mercado no nos llevará a una producción óptima. Para internalizar esta externalidad asigna valores monetarios a los bienes medioambientales y diseña

---

<sup>2</sup> También conocidas como conocidas Cumbres de la Tierra. Han tenido lugar en Río, 1992; Berlín, 1997; Kioto, 1997; Buenos Aires, 1998; Marrakech, 2001; y, Johannesburgo, 2002.

<sup>3</sup> Ratificadas por 195 países en la Cumbre de la Tierra de Río.

<sup>4</sup> Órgano formado por todas las partes de CMNUCC que se reúne una vez al año y se encarga de asegurarse que se implemente aquello establecido en la convención. También tiene la potestad de aprobar nuevas medidas. Las más recientes son la COP21 (2015) y COP22 (2016) de París y Marrakech respectivamente.

modelos, mediante impuestos, subvenciones, derechos de propiedad de recursos naturales, permisos de emisiones u otros métodos, que lleven a un nivel de contaminación óptimo. Esta escuela económica plantea que al no conocer el límite del progreso tecnológico ni la capacidad de éste de substituir a los recursos naturales no se puede establecer un límite para el crecimiento económico, ni se puede afirmar que éste sea perjudicial para la sostenibilidad medioambiental (Labandeira et al., 2007).

En cambio, la Economía Ecológica no surge de ninguna escuela económica específica, sino que trabaja sobre un campo de estudio multidisciplinar donde expertos en diferentes ciencias hacen sus aportaciones y después se suman los conocimientos. Se aleja de la economía convencional y no interpreta el medioambiente como un recurso más del sistema económico. Hace una lectura más global del asunto, no se limita a intentar gestionar eficientemente los recursos naturales, sino que postula que para llegar a la sostenibilidad, las interacciones entre las sociedades humanas y naturales tienen que llegar a un equilibrio ambiental. Evalúa los impactos medioambientales tanto desde una perspectiva monetaria como desde un punto de vista basado en las leyes físicas y termodinámicas. Rechaza la hipótesis de que una economía basada en el aumento de la producción de bienes materiales pueda crecer indefinidamente (Labandeira et al., 2007).

Así pues, hay un inmenso debate sobre cómo el crecimiento económico y el medioambiente y, por tanto, la degradación medioambiental están relacionados.

Un posible enfoque sería el modelo  $I = P \times A \times T$ , que aunque no establece una relación directa entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental, hace una contribución relevante a este campo de estudio. Este modelo surge del debate entre los biólogos Commoner, Ehrlich y Holdren hacia 1970. Como ya se ha comentado, en estos años el ambientalismo estaba en auge y la preocupación por la aceleración de la degradación medioambiental desde la Segunda Guerra Mundial era máxima. Commoner afirmaba que esta aceleración, en USA, era consecuencia del desarrollo de una tecnología con una eficiencia decreciente. Por otro lado, Ehrlich y Holdren (1971) identifican el aumento demográfico como principal causa de la degradación medioambiental. Complementando ambos enfoques surge el modelo  $I = P \times A \times T$ , donde el impacto medioambiental (I) equivale a la presión ejercida por la población (P) multiplicado por un nivel económico (A) y un nivel de eficiencia tecnológica (T). El cálculo de este impacto medioambiental y de qué factor es el más explicativo es

problemático, ya que depende de cómo se definan las variables y de la dificultad de medirlas, pero, en todo caso, subyace la idea de que una mejora en la eficiencia tecnológica podría absorber el impacto medioambiental del crecimiento económico y demográfico. Más adelante surge la hipótesis que se va a revisar a continuación.

### **3. LA HIPÓTESIS DE LA CKA**

Durante las décadas de 1950 y 1960, el premio Nobel de Economía<sup>5</sup> Simon Kuznets (1901-1985), desarrolló una teoría para explicar la relación entre el crecimiento económico y la distribución del ingreso. Esta teoría sustenta que cuando los países con bajos niveles de renta empiezan a crecer económicamente las desigualdades crecen hasta que se llega a un nivel de renta en el que la tendencia cambia, las desigualdades disminuyen a medida que la renta per cápita crece. Así que, se plantea que a largo plazo la relación entre el crecimiento económico y la desigualdad tiene forma de U-invertida. Esta hipótesis se conoce como la Curva de Kuznets (CK).

En 1992, el Banco Mundial publica el Informe de Desarrollo Mundial titulado *Desarrollo y Medio Ambiente*. En éste se extrapola la idea de la CK al medioambiente. Esta idea, ya basada en estudios anteriores al del Banco Mundial, dará lugar a lo que se conoce como la hipótesis de la CKA.

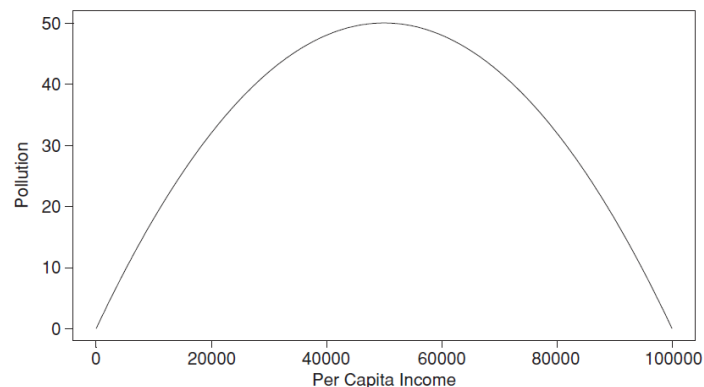
El origen de esta hipótesis se encuentra en el estudio que elaboran Grossman y Krueger (1991) sobre cuáles serían los impactos sobre el medioambiente de un acuerdo de libre comercio en Norte América. Deducen y, aparentemente, demuestran empíricamente una relación en forma de U-invertida entre las emisiones per cápita de tres contaminantes atmosféricos y el nivel de renta per cápita. Así que, se postula que la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental se puede representar de esa forma. Debido al parecido con la CK, Panayotou (1993) le asigna el nombre de CKA.

Así pues, en las primeras fases de crecimiento económico la degradación medioambiental aumenta hasta llegar a un punto máximo de degradación, punto crítico, a partir del cual esta degradación empieza a reducirse a medida que crece la actividad económica. Este comportamiento se ve ilustrado en la Figura 1.

---

<sup>5</sup> Lo ganó por su interpretación empírica del crecimiento económico que significó un nuevo punto de vista en el estudio de las estructuras sociales y económicas y del desarrollo económico.

**Figura 1: CKA**



Fuente: Carson (2010:4)

El estudio de Grossman y Krueger (1991) sugiere que el crecimiento económico tiene tres efectos sobre el medioambiente. El primero es el efecto escala, un mayor dinamismo económico genera una actividad productiva más elevada y, por tanto, un aumento del uso de recursos, de las emisiones de contaminantes y una acentuación de la degradación medioambiental en general. En segundo lugar, se encuentra el efecto composición, el crecimiento económico acarrea una alteración de la estructura productiva, es decir, una transformación de los pesos que tiene cada actividad económica. Este cambio en los pesos también conllevará un diferente impacto medioambiental. Por último, el efecto tecnológico, el crecimiento de la actividad económica también significará una mayor eficiencia productiva debido al desarrollo de nuevas técnicas que darán lugar a un menor deterioro medioambiental. Por tanto, el efecto escala contribuirá a una mayor degradación medioambiental a medida que crece la renta per cápita, el efecto tecnológico la reducirá y el efecto composición será ambiguo, dependiendo de si crece el peso de actividades más o menos perjudiciales para el medioambiente.

Panayotou (1993, 2000) relaciona estos efectos con las etapas por las que pasan las economías a medida que crecen. En las etapas iniciales, cuando los niveles de renta per cápita son muy bajos, las economías son más rurales y se concentran en la subsistencia o en la producción agrícola en pequeñas cantidades. Son economías con poca participación de la industria y que a penas generan daños sobre el medioambiente. Nos situaríamos en la parte izquierda de la curva descrita en la Figura 1 donde tanto la actividad económica como la degradación medioambiental son bajas. A medida que las economías crecen gracias a la industrialización y a la urbanización, la contaminación

aumenta, ya que el uso energético y las emisiones son mayores. Nos situaríamos en la fase de crecimiento económico en que el efecto escala es mayor que el tecnológico y en que el efecto composición contribuye al aumento de la degradación medioambiental. Se llega a un punto crítico a partir del cual la industria empieza a perder peso y el sector de los servicios crece relativamente. Además, la innovación tecnológica da paso a un aumento de la eficiencia productiva y al surgimiento de nuevas técnicas menos contaminantes. Así que, se da la situación en que el efecto composición se vuelve positivo para el medioambiente y junto con el efecto tecnológico contrarrestan el efecto escala. Adicionalmente, en este punto los individuos, al tener rentas suficientes para cubrir su demanda de bienes básicos, se vuelven más exigentes en relación al medioambiente y los gobiernos tienen más capacidad de aplicar regulaciones más estrictas, factores que benefician el estancamiento de la degradación ambiental. Nos situaríamos en la parte derecha de la Figura 1 en el que los niveles de renta son altos y los de contaminación bajos.

### **3.1. Metodología**

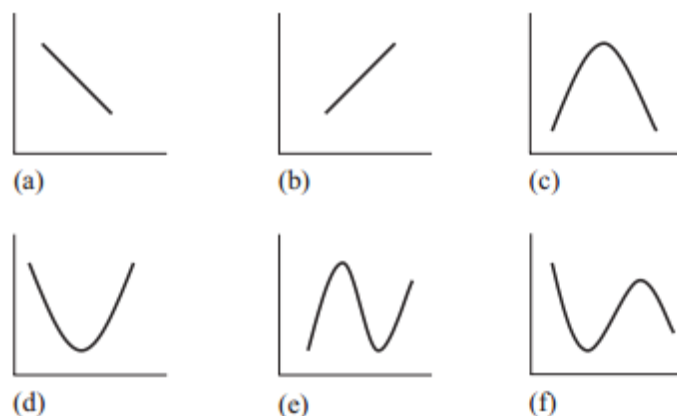
#### ***3.1.1. Modelo empírico***

La hipótesis de la CKA viene de una especificación empírica en forma reducida. Así que, puede ser consecuencia de más de una relaciones estructurales, ya que se trata de un fenómeno empírico. Por tanto, lo que se analiza es la relación aparente entre la renta per cápita y la degradación medioambiental (Piaggio y Padilla, 2012; Piaggio et al., 2017). Siguiendo a trabajos anteriores, el modelo empírico de forma reducida que muestran Piaggio y Padilla (2012) para relacionar la degradación medioambiental y el nivel de actividad económica es el siguiente:

$$(1) E_{it} = \alpha_i + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \beta_3 Y_{it}^3 + \varepsilon_{it}$$

dónde  $E$  es un indicador de degradación medioambiental per cápita e  $Y$  es la renta per cápita. El subíndice  $i=1, \dots, N$  indica los países, el subíndice  $t=1, \dots, T$  indica el período temporal y  $\varepsilon$  es la perturbación aleatoria.

**Figura 2: Posibles comportamientos de la relación entre degradación medioambiental y nivel de actividad económica**



Fuente: Ekins (1997) citado en Díaz (2007: 141)

Basándonos en la Figura 2 en la cual se representa el nivel de actividad económica en el eje de las abscisas y el nivel de degradación medioambiental en el eje de las ordenadas, éstos podrían ser los distintos comportamientos de la relación entre ambas variables definidas en la ecuación (1):

- (a) Relación lineal decreciente, mayores niveles de actividad económica implicarían menores niveles de degradación medioambiental. Los coeficientes de la ecuación (1) deberían cumplir las siguientes restricciones:  $\beta_1 < 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$ .
- (b) Relación lineal creciente, mayores niveles de actividad económica conllevan a mayor degradación medioambiental,  $\beta_1 > 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$ .
- (c) Relación cuadrática en forma de U-invertida, en niveles de baja actividad económica un crecimiento de ésta significa un aumento de la degradación medioambiental hasta que se llega a un punto crítico a partir del cual mayores niveles de actividad económica reducen la degradación medioambiental.  $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 = 0$ . Esta sería la relación defendida por la hipótesis de la CKA.
- (d) Relación cuadrática en forma de U: explicación simétrica a la anterior.  $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 = 0$ .
- (e) Relación cúbica en forma de N, mismo comportamiento que en el caso de la forma de U-invertida, pero aparece otro punto crítico a partir del cual el crecimiento de la actividad económica vuelve a acarrear una mayor degradación medioambiental.  $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$ .

- (f) Relación cúbica en forma de N-invertida, explicación simétrica a la anterior.  
 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$ .

Aunque no se contemple en la Figura 1, también cabría la posibilidad de que las variables no estuvieran correlacionadas,  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ .

Es importante mencionar que se ha mostrado el modelo general. En cada estudio se detalla el modelo que se va a estimar, si se usan niveles o logaritmos y el método de estimación aplicado. Hay muchos indicadores de degradación medioambiental, así que cada estudio especifica cuáles va a usar y las variables explicativas que pueden ser relevantes para la estimación más allá del nivel de actividad económica. Estos indicadores de degradación o presión medioambiental acostumbran a definirse en términos de emisiones u otras variables, como concentraciones o consumos energéticos per cápita y el nivel de actividad económica acostumbra a medirse con la renta per cápita.

### **3.1.2. Datos**

Aunque en el primer estudio de Grossman y Krueger (1991) los datos utilizados son de sección cruzada para un número de países, la literatura sobre la CKA ha evolucionado hacia estudios que utilizan paneles de datos, considerando tanto los países como el período temporal.

## **3.2. Hipótesis complementarias a la CKA**

En el intento de explicar cuál relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental han surgido algunas explicaciones adicionales o complementarias a la CKA que pueden ser de gran ayuda para comprenderla.

### **3.2.1. Impactos de las instituciones públicas**

Panayotou (1997) realiza un estudio de cómo las instituciones y políticas públicas influyen en el comportamiento de la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental. Concluye que el crecimiento económico por sí solo no conlleva a una mejor calidad ambiental, la calidad de las instituciones y de las políticas públicas es significativa sobre la degradación medioambiental. Así que, se requiere

actuación pública para que se dé la CKA y, si esta actuación es la adecuada, es posible que la curva se desplace hacia abajo y a la izquierda, ya que se puede reducir considerablemente los daños al medioambiente en los países de bajos ingresos y acelerar las mejoras en los países de rentas altas.

Dasugpta et al. (2002) apoyan esta idea y dan tres razones por las cuales en los países de rentas más altas las instituciones y políticas públicas son de mejor calidad en relación al medioambiente, cosa que contribuye a que se dé la CKA. La primera es que una vez la educación y la sanidad están cubiertas por el sector público, la contaminación gana importancia. La segunda es que en los países más ricos hay más personal y presupuesto para llevar iniciativas contra la degradación medioambiental. Por último, el hecho de tener rentas más altas y niveles de educación más altos hace que los estándares de calidad ambiental también sean mayores y se trabaje en esa dirección.

### ***3.2.2. Impacto de la distribución de la renta***

Torras y Boyce (1998) argumentan que una distribución de la renta más equitativa conlleva un menor deterioro medioambiental, ya que aquellas personas que sufren sus costes tienen más peso a la hora de tomar decisiones políticas. En cambio, si la distribución es muy desigual, aquellos que se benefician de la contaminación serán, probablemente, los mismos que toman las decisiones políticas, así que se establecerá un menor control de las actividades dañinas para el medioambiente. Los resultados de su estudio empírico parecen darles la razón.

Cantos y Balsalobre (2011) encuentran evidencia empírica que respalda esta hipótesis para el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero en España.

### ***3.2.3. Impactos del comercio internacional***

En el estudio de Grossman y Krueger (1991) los resultados sugieren que el grado de apertura o no es significativo estadísticamente o se correlaciona negativamente con las emisiones de los contaminantes estudiados. En Dasugpta et al. (2002) se alimenta este pensamiento argumentando que una mayor apertura comercial amplía el tamaño de los mercados permitiendo que se den economías de escala, incrementando la eficiencia de las plantas productivas y reduciendo las emisiones por unidad de producto. La supresión de las barreras al comercio internacional también hace que los precios de las

importaciones tecnológicas sean menores y que, por tanto, las nuevas tecnologías menos dañinas para el medioambiente sean más accesibles globalmente. De todas formas, los autores son precavidos en cuanto a este aspecto y recalcan que el efecto escala puede absorber estas ventajas en los países de renta más baja a no ser que se establezca una regulación estricta. También advierten sobre la posibilidad de la localización de la contaminación, es decir, que las actividades económicas más perjudiciales para el medioambiente se concentren en zonas geográficas determinadas a causa de la ventaja comparativa que les da una regulación más laxa respecto al medioambiente. Como se verá más adelante, el impacto del comercio internacional es un tema que genera controversia.

### ***3.2.4. Otras cuestiones***

En Dasugpta et al. (2002), a parte del rol de las instituciones y políticas públicas y del comercio internacional, se argumenta que los siguientes factores pueden favorecer a la existencia de una CKA más plana y desplazada hacia la izquierda:

- La liberalización económica puede contribuir a la mejora del medioambiente en dos sentidos. Evita la distorsión de precios y esto hace que crezca el peso de las actividades más intensivas en mano de obra y de los servicios que, en general, son menos contaminantes. En segundo lugar, los sectores más contaminantes suelen estar subvencionados, así que la privatización de éstos hará que pierdan peso.
- La regulación informal existente en los países que carecen de unas instituciones y regulaciones medioambientales públicas de calidad. Se postula que en estos lugares, organizaciones extraoficiales pueden ejercer presión sobre las empresas para controlar las actividades dañinas para el medioambiente.
- La presión que los agentes de mercado ejercen sobre los productores hace que éstos tengan que respetar unos ciertos estándares de calidad medioambiental, incluso cuando sitúan sus centros de producción en países con una regulación más laxa en relación al medioambiente.
- El surgimiento de nueva información acerca del medioambiente hace que cada vez se cree más consciencia y se pongan más esfuerzos en frenar la degradación del medioambiente.

- La asistencia internacional es clave para que se dé apoyo a iniciativas que frenen la degradación medioambiental e impulsen el crecimiento económico.

### **3.3 Controversia en torno a la CKA**

#### ***3.3.1. Cuestiones teóricas***

- **EL SUPUESTO DE CAUSALIDAD**

La hipótesis de la CKA postula que, una vez sobrepasado el punto crítico, mayor nivel de actividad económica causa una disminución del deterioro medioambiental. Roca y Padilla (2003) explican que para que esto suceda hace falta que exista algún factor endógeno ligado al crecimiento económico. Estos plantean las tres posibilidades que se asumen en la literatura y los problemas que se dan en cada una de ellas:

- El crecimiento económico conlleva a una nueva tecnología menos dañina para el medioambiente. Los autores descartan que esta relación se dé siempre, de forma automática. La eficiencia mejora, pero también aparecen nuevos productos perjudiciales para el medioambiente. Además, también argumentan que cabe la posibilidad de que aparezca un efecto rebote, es decir, que la mayor eficiencia lleve a un mayor consumo, debido a un estímulo de la demanda causado por la reducción de precios.
- La evolución de la demanda tiende a una demanda con menos daños para el medioambiente a mayor nivel de actividad económica. Este argumento se sustenta en la evidencia del creciente peso del sector de los servicios. Los autores indican que esta cuestión queda abierta y que requiere mayor investigación, ya que puede ser que haya servicios que puedan causar un aumento de los daños medioambientales y, en caso de significar una disminución, ésta sería relativa (por unidad de renta), no tiene por qué ser absoluta.
- Una tercera posibilidad es que las preferencias individuales se comporten de manera que una vez se llega a un cierto nivel de renta per cápita, los individuos cambian su combinación escogida de bienes y servicios producibles y calidad ambiental hacia un mayor consumo de calidad ambiental. El problema es que los modelos que respaldan esta hipótesis tienen algunas limitaciones como la dudosa capacidad individual de decisión sobre la calidad medioambiental, los

conflictos de intereses y el posible desplazamiento de costes ambientales espacial e intergeneracional.

- CRÍTICAS A LA GENERALIZACIÓN

El hecho que mejoren ciertos indicadores de calidad ambiental con el crecimiento de la actividad económica no permite extrapolar esa relación a todos los contaminantes (Díaz, 2007; Roca y Padilla, 2003). A este problema se le añade que los indicadores que se suelen usar en los estudios suelen ser los de aquellos contaminantes que han estado sujetos a alguna política de control, ya que son para los que hay más datos (Díaz, 2007), como por ejemplo es el caso del CO<sub>2</sub>. Además, es posible que la mejora de un indicador de calidad ambiental conlleve al empeoramiento de otro. Consecuentemente, si los indicadores usados en el estudio de la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental no representan una imagen global de la situación medioambiental, hay que evitar sacar conclusiones generales (Díaz, 2007; Roca y Padilla, 2003).

- RACE TO THE BOTTOM

Grossman y Krueger (1991) contemplan la posibilidad de que un aumento de la actividad económica gracias a una mayor apertura comercial podría estimular el deterioro del medioambiente. Las empresas podrían llevar sus plantas productoras a aquellos países en los que existiesen menores controles a la contaminación ya que significaría una ventaja competitiva. Por otro lado, las empresas instaladas en los países que la regulación medioambiental es más estricta presionarán para que los controles se reduzcan en busca de recuperar competitividad, así que la situación medioambiental empeoraría (Carson, 2010; Dasugpta et al., 2002; Díaz, 2007; Grossman y Krueger, 1991). Esta teoría es conocida como *race to the bottom* (carrera hacia el fondo en inglés).

En torno a esta teoría no hay una conclusión clara y aceptada de manera generalizada. En el estudio realizado Dasugpta et al. (2002) defienden que los costes de control medioambiental no son significativos para la relocalización de las empresas, en cambio, en Carson (2010) se dice que sí que pueden serlo.

En todo caso, en lo que sí que se está de acuerdo es que es algo que hay que tener presente y que es importante desarrollar buenos mecanismos para evitar este fenómeno.

### **3.3.2. Cuestiones econométricas**

- **REPRESENTATIVIDAD DE LAS MUESTRAS Y SENSIBILIDAD A ELLAS**

Un problema en los primeros estudios acerca de la CKA es que no se incluían suficientes países en vías de desarrollo para que la muestra fuera representativa (Carson, 2010). Pero yendo más allá, se encuentra un problema mayor: los testes estadísticos rechazan las especificaciones empíricas con efectos aleatorios debido a la correlación de la perturbación aleatoria con las variables explicativas. Cole et al. (1997) confirman este fenómeno mediante la aplicación del test de Hausman. Así pues, un modelo de efectos fijos puede ser consistente para la muestra que se aplica, pero las estimaciones que se obtienen no pueden ser generalizadas para otras muestras (Stern, 2004; Díaz, 2007). De hecho, en Díaz (2007) se refleja la sensibilidad de las estimaciones de la CKA a la muestra utilizada.

- **CALIDAD DE LOS DATOS**

Stern et al. (1996) consideran que los datos acerca de los problemas medioambientales son escasos y de baja calidad. Por tanto, puede ser peligroso usarlos para estimar una posible CKA. Explican que en los primeros estudios acerca de la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental, los indicadores medioambientales se calculaban en concentraciones y que esto más que el impacto sobre el medioambiente reflejaba el impacto sobre nuestra salud. Comentan que otros estudios pasan a usar emisiones como indicador, pero que para algunos países en vías de desarrollo estos datos se tienen que estimar, cosa que pone en duda su fiabilidad. Aunque la calidad de los datos y la cantidad de información en torno al medioambiente están aumentando (Dasugpta et al., 2002; Díaz, 2007), es importante tener presentes estas cuestiones, ya que los resultados son sensibles al tipo de datos utilizado.

- **VARIABLES OMITIDAS Y ESPECIFICACIÓN EMPÍRICA**

Es posible que los estimadores estén sesgados debido a que se omiten variables que realmente afectan a los indicadores de medioambiente. A medida que se desarrolla la

literatura de la CKA hay más estudios que incluyen variables explicativas diferentes (Carson, 2010). Esto pone en duda si la especificación empírica utilizada es la correcta, es decir, si realmente representa las relaciones estructurales que hay entre las variables, ya que normalmente lo que se trata de comprobar es si las variables explicativas utilizadas son significativas, no si el modelo se ha especificado correctamente (Díaz, 2007).

- CAUSALIDAD Y SIMULTANEIDAD

Aunque se establezca una relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental, para que se cumpla la hipótesis de la CKA, habría que demostrar que es el primero el que causa el segundo. Carson (2010) explica que los estudios que han intentado hacerlo desde un punto de vista econométrico han llegado resultados problemáticos, así que se presenta difícil sacar conclusiones al respecto.

Por otra parte, Arrow et al. (1995) plantean que cabe la posibilidad que exista simultaneidad entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental, es decir, que el primero tenga un impacto sobre el segundo y viceversa. Esto tendría fuertes implicaciones de política económica (Piaggio et al., 2017).

Cole et al. (1997), en su estudio empírico sobre la CKA, rechazan la hipótesis de simultaneidad, pero, por ejemplo, Piaggio et al. (2017) comprueban que existe simultaneidad entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico para el caso de Uruguay. Así que, es importante tener presente que existe esta posibilidad.

- RELACIONES ESPURIAS

Las series de datos son no estacionarias cuando tengan una media, varianza y covarianza que crece o disminuye en el tiempo. Si las series son no estacionarias, la relación que se puede establecer entre dos variables es espuria. Es decir, es posible que la tendencia temporal que sigue cada una de ellas indique una correlación aparente, pero que no exista relación verdadera entre ellas. La relación será espuria siempre que las series sean no estacionarias y no estén cointegradas (Montero, 2013).

Piaggio y Padilla (2012) explican que en los primeros estudios de la CKA no se consideraba la posible no estacionariedad de las series. De hecho, llegan a la conclusión

que, para el CO<sub>2</sub>, no existe una relación a largo plazo para algunos países y que la relación que presumían estudios anteriores debía ser espuria.

- **HETEROGENEIDAD**

Es posible que los países considerados en un panel de datos tengan formas funcionales, parámetros o puntos críticos (si es que los hay) muy distintos de la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental. El supuesto de homogeneidad, aunque facilita las interpretaciones, puede ser débil. Estudios como los de Dijkgraaf y Vollebergh (2005), Dijkgraaf et al. (2005) y Piaggio y Padilla (2012) rechazan el supuesto de homogeneidad para las emisiones de CO<sub>2</sub> y recalcan la importancia de permitir la heterogeneidad suficiente en los modelos empíricos utilizados para que éstos sean adecuados. Si esto no es posible, sería necesario analizar el comportamiento de la relación entre el nivel de actividad económica y la degradación medioambiental país por país. En estos trabajos, la presencia de heterogeneidad deriva en que se siembre la duda sobre la existencia de la CKA para las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### ***3.3.3. Cuestiones generales***

- **¿CÓMO SE MIDE LA DEGRADACIÓN MEDIOAMBIENTAL?**

No hay una medida universal de la calidad o del nivel de degradación medioambiental. En muchos estudios se usan niveles de concentración urbana, en otros las emisiones per cápita o la deforestación (Carson, 2010). En cambio, hay indicadores que podrían ser muy representativos de la calidad ambiental y no se estudian prácticamente. Por ejemplo, Díaz (2007) reclama que el agotamiento de recursos es un tema poco cuidado por la literatura de la CKA.

La elección de la medida de degradación medioambiental puede tener influencias sobre los resultados obtenidos. De hecho, Cole et al. (1997) llega a la conclusión que los puntos críticos de las CKA usando concentraciones en el aire urbano de unos determinados contaminantes son más bajos que si se estiman con emisiones per cápita.

Por otro lado, es posible que haya que tener más factores en cuenta, como por ejemplo la capacidad de la zona estudiada para absorber las presiones de las emisiones, dos

ciudades con las mismas emisiones per cápita de SO<sub>2</sub>, por ejemplo, no tienen por qué tener la misma calidad medioambiental (Carson, 2010).

Además, siempre pueden aparecer nuevos contaminantes que deben ser estudiados y regulados correctamente (Dasugpta et al., 2002; Roca y Padilla, 2003). Y, como ya se mencionó en una de las cuestiones teóricas, la mejora de un indicador puede implicar el empeoramiento de otro o incluso el surgimiento de un nuevo producto perjudicial para el medioambiente (Roca y Padilla, 2003).

Todos estos aspectos hay que tenerlos en cuenta cuando se habla de calidad o degradación medioambiental.

- POSIBLE FORMA DE N

Tanto los resultados de Grossman y Krueger (1991) como Panayotou (1997) muestran, en primera instancia, que puede existir una relación en forma de N en lugar de U-invertida. Pero los autores califican esta posibilidad de poco realista porque son muy pocos los valores de la renta per cápita que provocan esta segunda subida del deterioro del medioambiente porque, simplemente, el mínimo donde éste empieza a crecer de nuevo se encuentra fuera del rango de valores de renta observados en la muestra. De todas formas, Stagl (1999), defiende que a largo plazo es inviable que se dé una disociación permanente entre crecimiento económico y degradación medioambiental y que esta relación tenderá a tener forma de N. Justifica este fenómeno basándose en la idea de que la producción humana y el capital natural son demasiado complementarios, la mejor eficiencia en la producción podrá llevar a ejercer menos presiones sobre el capital natural sólo de forma coyuntural.

- INDICADORES GLOBALES VS. LOCALES

Existe la teoría de que la hipótesis de la CKA sólo se cumple para los indicadores de contaminantes con efectos locales y a corto plazo porque son más fácilmente controlables y sus impactos son directamente sufridos allí donde se generan. En cambio, la relación del crecimiento económico con los contaminantes de efectos globales sería creciente, debido a la dificultad de reducirlos y a la ausencia de incentivos para hacerlo ya que los territorios que los causan no son los que los sufren (Roca y Padilla, 2003).

Cole et al. (1997) confirman esta teoría al encontrar que las emisiones per cápita de contaminantes con un impacto local directo como el NO<sub>2</sub>, el SO<sub>2</sub>, las partículas suspendidas en el aire y el CO cumplen la CKA con puntos críticos dentro del rango de rentas observadas. En cambio, contaminantes que no tienen un impacto local directo, como el CO<sub>2</sub>, los CFCs, los halones o el CH<sub>4</sub> no cumplen la CKA. De todas formas, los autores mencionan que hay que ser precavidos con las CKA encontradas. Se emplean datos de panel y la distribución global de la renta está sesgada, dando lugar a una mediana mucho más baja que la media, cosa que implica que la relación entre renta y emisiones per cápita podría ser creciente a medio plazo.

- **IRREVERSIBILIDAD**

Puede dar la sensación de que se trata el problema de la degradación medioambiental como algo modificable, flexible y reversible, pero no es así. Si se traspasa cierto umbral de contaminación es muy probable que los daños causados sean irreversibles. Así pues, cuando se estiman los puntos críticos de las CKA hay que plantearse si se rebasa o no el umbral de degradación medioambiental que hace que los daños sean irreversibles (Arrow et al., 1995; Díaz, 2007; Stern et al., 1996).

- **TÉRMINOS ABSOLUTOS VS. RELATIVOS**

En muchos de los estudios empíricos acerca de la validez de la hipótesis de la CKA se usa como indicador medioambiental las emisiones per cápita. Es importante subrayar que no se pueden olvidar los valores absolutos, ya que, se podría dar el caso en que las emisiones per cápita disminuyesen a medida que aumenta la actividad económica, pero que las absolutas aumentasen. En el caso de que sólo se estudiaran las emisiones per cápita se concluiría que aumentaría la calidad del medioambiente cuando, en realidad no es así. Por consiguiente, es importante tener siempre presente la evolución de los valores absolutos (Roca y Padilla, 2003; Piaggio et al., 2017).

- **APLICACIÓN EN MATERIA DE POLÍTICA ECONÓMICA**

Los estudios empíricos sobre la CKA se basan en modelos empíricos en forma reducida (Piaggio y Padilla, 2012; Piaggio et al., 2017). Hay que tener en cuenta las implicaciones y limitaciones de las estimaciones de modelos en forma reducida porque

éstas no son las más adecuadas para elaborar medidas de política económica, ya que hay dificultades para asegurar que hay causalidad en la relación entre las variables (Ekins, 1997, 2007).

Todos los puntos que se han discutido en esta sección llevan a pensar que hay que ser muy cuidadoso a la hora de convertir las conclusiones de los estudios sobre la CKA en medidas de política económica.

#### **4. EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA CKA**

Como se ha mostrado en el apartado anterior, la evidencia empírica de la CKA genera controversia. Los resultados encontrados en la literatura de la CKA no dan lugar al consenso, parecen mostrarse contradictorios. El estudio de Grossman y Krueger (1991) es el primero que parece encontrar evidencia empírica de la existencia de la CKA. Los resultados obtenidos en algunos estudios posteriores también respaldan la hipótesis de la CKA, es el caso de Shafik y Bandyopadhyay (1992), Shafik (1994), Seldeng y Song (1994), Grossman y Krueger (1995) o de Panayotou (1993).

Por otro lado, el estudio de Cole et al. (1997) ya puntualiza que la CKA sólo se cumple para los contaminantes con un impacto local. Dijkgraaf y Vollebergh (2005), Dijkgraaf et al. (2005) y Piaggio y Padilla (2012) advierten del riesgo de la generalización y afirman que, al menos en el caso del CO<sub>2</sub>, la CKA no es generalizable y que se cumple únicamente en algunos países.

Los resultados de Correa (2004) muestran que el crecimiento económico para Colombia lleva a mayor contaminación, así que la CKA sólo se confirmaría en el caso de que aun no se haya alcanzado el punto crítico. Piaggio et al. (2017) rechazan que exista una CKA en Uruguay para las emisiones de CO<sub>2</sub>. Roca y Padilla (2003) también descartan que se dé un CKA en España para las emisiones de CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y de compuestos orgánicos volátiles no metánicos, pero afirman que el comportamiento de las emisiones de SO<sub>2</sub> y CO sí que podría ser compatible con la hipótesis. No obstante, Cantos y Balsalobre (2011) encuentran evidencia empírica de la existencia de la CKA para España para las emisiones de gases de efecto invernadero, cuyo componente principal es el CO<sub>2</sub>.

Así que, la evolución de los estudios respecto a la hipótesis de la CKA parece mostrar que su existencia no es generalizable a todos los países y contaminantes, y que, por tanto, es necesario realizar estudios por países y definir muy bien qué indicador medioambiental se está analizando.

A modo de ver en la práctica los aspectos revisados hasta este momento se va a replicar en otros 11 países el modelo usado por Cantos y Balsalobre (2011) para España.

#### **4.1. Modelo empírico y datos**

El modelo empírico que se emplea en Cantos y Balsalobre (2011) es el siguiente:

$$(2) \text{ } GEI_{PCt} = \alpha + \beta_1 \text{ } PIB_{PCt} + \beta_2 \text{ } PIB_{PCt}^2 + \beta_3 \text{ } GINI_t + \beta_4 \text{ } PATROCEN_t + \varepsilon_{it}$$

dónde  $GEI_{PC}$  son las emisiones per cápita de gases de efecto invernadero (el  $\text{CO}_2$  tiene un peso del 80%),  $PIB_{PC}$  es la renta per cápita,  $GINI$  representa el índice de desigualdad de Gini y  $PATROCEN$  es el patrón de consumos energéticos, es decir, la ratio entre el consumo de energías renovables y el consumo de energías convencionales. El subíndice  $t=1990, \dots, 2008$  indica el año y  $\varepsilon$  es la perturbación aleatoria.

En lugar de emisiones de gases de efecto invernadero en este trabajo se trabaja directamente con emisiones de  $\text{CO}_2$ , tanto en términos absolutos (kilotones) como en términos per cápita (toneladas métricas). El  $PIB_{PC}$  está expresado en \$ internacionales a precios constantes de 2011 y teniendo en cuenta la paridad del poder adquisitivo. El  $PATROCEN$  se redefine como la ratio entre el consumo de energías renovables y el consumo total de energía. Siguiendo a Cantos y Balsalobre (2011), para realizar la estimación de este modelo empírico se emplea el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Se estima el modelo empírico descrito para 11 países; Estados Unidos (USA), Alemania (GER), Australia (AUS), Rusia (RUS), Brasil (BRA), China (CHI), Indonesia (IDN), India (IND), Kenia (KEN) y la República Democrática del Congo (COD), desde el año 1990 al 2014. Se han elegido estos países para que los niveles de renta per cápita sean variados y cubran un rango de muestras suficientemente amplio.

Los datos provienen de la base de datos del Banco Mundial y los índices de Gini de USA, GER, AUS e IDN se han extraído del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014).

## 4.2. Resultados

Los resultados de las estimaciones se pueden ver en las siguientes tablas y los outputs de cada estimación se encuentran en el anexo.

**Tabla 1: Estimación del modelo empírico con emisiones de CO<sub>2</sub> absolutas como variable dependiente**

	$\beta_1$ estimado ( $PIB_{PC}$ )		$\beta_2$ estimado ( $PIB^2_{PC}$ )		$\beta_3$ estimado ( $GINI$ )		$\beta_4$ estimado ( $PATROCEN$ )	
	Valor	p-value	Valor	p-value	Valor	p-value	Valor	p-value
USA	363,056	0,0047	-0,00304765	0,0279	-51691,2	0,2162	-182782	0,0000045
GER	-85,3154	0,0283	0,00116672	0,0325	6933,83	0,352	-20385,8	0,00037
AUS	16,0169	0,2181	-0,0001	0,4818	3709,13	0,359	167,372	0,9617
RUS	-19,101	0,6666	0,000831954	0,4931	25779,8	0,0024	29767,6	0,8018
BRA	88,9356	0,0065	-0,0019792	0,1006	-3126,63	0,0777	-10004,4	0,000000664
CHI	-181,55	0,1254	0,0461549	0,000000122	-	-	-205758	7,91E-08
EGY	51,06282	0,0022	-0,00132403	0,1328	-	-	-3809,65	0,3177
IDN	48,4922	0,7581	0,00134317	0,8916	483,197	0,953	-3293,33	0,5997
IND	70,4143	0,41	0,0156484	0,0685	-	-	-38829	0,000083
KEN	-65,566	0,3353	0,0153108	0,2771	-	-	-215,151	0,5238
COD	6,7706	0,002	-0,00330363	0,0072	-	-	-379,038	0,00000419

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

**Tabla 2: Estimación del modelo empírico con emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita como variable dependiente**

	$\beta_1$ estimado ( $PIB_{PC}$ )		$\beta_2$ estimado ( $PIB^2_{PC}$ )		$\beta_3$ estimado ( $GINI$ )		$\beta_4$ estimado ( $PATROCEN$ )	
	Valor	p-value	Valor	p-value	Valor	p-value	Valor	p-value
USA	0,00103497	0,0506	-9,73859E-09	0,098	-0,427415	0,0257	-0,834778	0,00000254
GER	-0,00164298	0,0025	2,20647E-08	0,0036	0,0606136	0,5304	-0,226404	0,0109
AUS	0,00183304	0,01	-2,49613E-08	0,0108	0,335251	0,09	-0,0674402	0,6735
RUS	-2,16045E-05	0,9384	3,62863E-09	0,6348	0,163379	0,0023	0,00208	0,8936
BRA	0,0000912	0,3796	1,69726E-09	0,6809	-0,00373195	0,537	-0,0482068	0,000000014
CHI	-0,000258958	0,0084	3,8913E-08	0,000000036	-	-	-0,16924	3,42E-08
EGY	0,000764841	0,0009	-3,28214E-08	0,0093	-	-	-0,0612311	0,2362
IDN	0,000390479	0,5357	-1,02721E-08	0,7932	0,00535215	0,8695	-0,00449381	0,8558
IND	-0,000088585	0,1852	1,92199E-08	0,0061	-	-	-0,0351367	0,0000121
KEN	-0,00155294	0,2452	3,10372E-07	0,2598	-	-	-0,0193849	0,0072
COD	0,000146882	0,0029	-1,98387E-08	0,4387	-	-	-0,000816655	0,5607

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

En cuanto a la estimación del modelo de regresión que utiliza las emisiones absolutas, sólo para 5 países (USA, GER, BRA, EGY, COD) el  $PIB_{PC}$  es estadísticamente significativo al 95% de significancia. De éstos, El  $PIB^2_{PC}$  es estadísticamente significativo al 95% para 4 países (USA, GER, CHI, COD). Mirando el signo de los coeficientes, vemos que solamente USA y COD cumplirían la forma de U-invertida entre renta y emisiones, pero el punto crítico de COD es el único que se sitúa dentro del rango de rentas per cápita observadas en la muestra. GER seguiría una forma de U con el punto crítico dentro del rango de rentas per cápita observadas. En COD y EGY las emisiones crecen a medida que aumenta la renta per cápita. Así que, sólo se confirmaría la hipótesis de la CKA para COD y, suponiendo que aún no han llegado al punto crítico en términos de renta per cápita, para BRA y EGY. Para el resto de países la renta per cápita no sería una variable significativa.

La variable *GINI* sólo es estadísticamente significativa al 95% para RUS. Hay que destacar que para CHI, EGY, IND, KEN y COD la variable no se ha podido incluir en la estimación debido a la ausencia de datos suficientes. Para el resto de países no es significativa. Respecto al *PATROCEN*, es estadísticamente significativa al 95% para 6 países, USA, GER, BRA, CHI, IND, COD.

Respecto a la estimación del modelo empírico empujando las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita como variable dependiente, el  $PIB_{PC}$  es estadísticamente significativo al 95% para GER, CHI, EGY y COD. De los cuáles, el  $PIB^2_{PC}$  es estadísticamente significativo al 95% sólo para GER, CHI y EGY. Observando el signo de los coeficientes, vemos que la relación entre la renta y las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita tiene forma de U para GER y CHI, en ambos casos con el punto crítico dentro del rango de rentas per cápita observadas. En EGY las dos variables guardan una relación de U-invertida, pero el punto crítico se encuentra fuera del rango de rentas per cápita observado en la muestra. Así pues, suponiendo que aun no se ha llegado al nivel de renta per cápita correspondiente al punto crítico, COD es el único país que confirmaría la existencia de la CKA, ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita aumentan con el crecimiento económico.

Dejando de lado los países para los que no hay datos suficientes, la variable *GINI* es estadísticamente significativa al 95% para USA y RUS. El *PATROCEN* para USA, GER, BRA, CHI, IND y KEN.

Exceptuando las de KEN, los R-cuadrado de todas las estimaciones son mayores a 0,6 y la gran mayoría están por encima de 0,9, incluso para aquellos países en los que no había suficientes datos disponibles sobre el índice de Gini para incluirlo como variable explicativa del modelo o para aquellos países en los cuales la mayoría de variables explicativas no eran estadísticamente significativas. Esto es debido a que las series de datos son crecientes. Sería posible que las variables no fuesen estacionarias y que se estén encontrando relaciones espurias o que se estén dando casos de multicolinealidad. De hecho, para USA se comprueba, mediante el test de hipótesis *Augmented Dickey Fuller*, que las variables no son estacionarias, la series de datos son integradas de primer orden, excepto para las variables  $PIB_{PC}$  y  $PIB^2_{PC}$  que son de segundo. Es probable que este tipo de problemas se repita en el resto de las estimaciones y por tanto, aunque aparentemente estos resultados la rechazarían, no parecen ser suficientes para concluir si la evidencia empírica respalda o no la hipótesis de la CKA.

Lo que sí que parecen confirmar es lo revisado en las secciones anteriores. La escasez de datos sobre el índice de Gini para algunos países refleja qué difícil es encontrar datos de calidad para según qué indicadores. El hecho que las variables explicativas sean significativas para unos países y para otros no, muestra la importancia de definir un modelo empírico adecuado para cada país. De hecho, incluso encontramos diferencias en los mismos países según si se habla de emisiones absolutas o per cápita, así que también se necesita encontrar especificaciones empíricas adecuadas para los diferentes indicadores que se emplean como variables dependientes. Los resultados indican que la generalización de resultados específicos, tanto para países como indicadores, no parece ser una práctica adecuada.

## **5. CONCLUSIONES**

La primera conclusión es que no parece haber una respuesta clara para la pregunta “¿Cuál es la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental?”. Se trata de una relación compleja a la que no se le puede asignar un comportamiento general.

Todos los elementos de controversia analizados indican que es realmente complicado que verdaderamente la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental sea la descrita por la hipótesis de la CKA, fundamentalmente por que el término “degradación medioambiental” engloba demasiados aspectos como para analizarlo como un elemento individual.

Por tanto, es poco apropiado confiar en la CKA como solución a los problemas medioambientales, es decir, el crecimiento económico no parece ser suficiente para garantizar una disminución del deterioro del medioambiente. Es posible que la CKA exista para determinados países y para determinados indicadores de degradación medioambiental, de hecho, hay evidencia empírica que respalda esta afirmación, pero no parece ser generalizable, ni se puede asegurar que el crecimiento económico sea la causa de esta evolución en forma de U-invertida de la degradación medioambiental.

Así pues, es necesario definir muy bien de qué indicadores de degradación medioambiental se está hablando cuando se realiza un estudio, ya que la relación que el crecimiento económico guarda con unos no tiene porqué ser la misma para otros indicadores. En concreto, hay que ser conscientes que la mejora de un indicador puede generar un empeoramiento en otro. Esto también es extrapolable a los países, las relaciones que se den en uno no tienen porqué darse en otro y la mejora de la calidad medioambiental de uno puede ser causada por el desplazamiento de los problemas medioambientales hacia otro. Por consiguiente, se hace indispensable tener presente todos estos factores a la hora de realizar los estudios y darles a éstos una visión tan global como sea posible.

Aunque los resultados del estudio empírico realizado no son concluyentes, sí que parecen corroborar esta idea de que la generalización no es adecuada cuando se habla de

la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental y que hay que encontrar los modelos adecuados para cada país e indicador.

También es importante no centrarse demasiado en los análisis de indicadores de contaminación per cápita y mantener la atención en cómo evoluciona la situación en términos absolutos. Solamente así será posible no perder de vista el hecho que la degradación medioambiental no es algo moldeable y que pueden existir puntos de no retorno en que la situación sea irreversible.

Siguiendo en esta dirección, es trascendental que las instituciones públicas impulsen una regulación que asegure la preservación del medioambiente, ya que, como se ha mencionado anteriormente, sólo con el crecimiento económico no consigue. De todas formas, a la hora de aplicar regulaciones o medidas de política económica también se tiene que considerar el hecho de que el control del medioambiente también puede afectar al crecimiento económico y que los estudios de este campo están basados en modelos empíricos de forma reducida, así que se debe que ser realmente cuidadoso.

## **REFERENCIAS**

Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Helling, C. S., Jansson, B.-O., Levin, S., Mailer, K.-G., Perrings, C., Pimentel, D. 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science*, 268: 520–521.

Atkinson, A.B., Morelli, S. 2014. Chartbook of Economic Inequality, <http://www.chartbookofeconomicinequality.com/>, Consulta 5 de mayo de 2017.

Cantos J.M., Balsalobre D. 2011. Las energías renovables en la Curva de Kuznets ambiental: una aplicación para España. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(2): 1-31.

Carson, R. 2010. The Environmental Kuznets Curve: seeking empirical regularity and theoretical structure. *Review of Environmental Economics and Policy*, 4(1): 3–23.

Coase, R. H. 1960. The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3: 1-44.

Cole, M.A., Rayner, A.J., Bates, J.M. 1997. The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 2: 401–416.

Correa , F.J. 2004. Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión de la hipótesis de la curva ambiental. *Semestre económico*, 7: 73-104.

Daly, H. 1977. Steady state economy. San Francisco: W.H. Freeman

Dasgupta, P. S., Heal, G. M. 1979. Economic theory and exhaustible resources. Cambridge University Press.

Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., Wheeler, D. 2002. Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16: 147–168.

DataBank | The World Bank, <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>, Consulta 5 de mayo de 2017.

Díaz, M.R. 2007. Estudio empírico de las causas subyacentes en la Hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental: Influencia de factores exógenos y análisis de descomposición. Universidad de Santiago de Compostela.

Dijkgraaf, E., Vollebergh, H.R.J. 2005. A test for parameter homogeneity in CO<sub>2</sub> panel EKC estimations. *Environmental and Resource Economics*, 32: 229 – 239.

Dijkgraaf, E., Melenberg, B., Vollebergh, H.R.J. 2005. Environmental Kuznets curves for CO<sub>2</sub>: homogeneity vs. Heterogeneity. CentER Discussion Paper, 2005(25).

Ekins, P. 1997. The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence. *Environment and Planning A*, 29: 805-830.

Georgescu-Roegen, N. 1971. The law of entropy and the economic process. Harvard University Press.

Grossman, G., Krueger, A. 1991. Environmental impacts of a North American free trade agreement. NBER Working Paper, N° 3914.

Hartwick, J. M. 1978. Investing returns from depleting renewable resource stocks and intergenerational equity. *Economics Letters*, 1(1): 85-88.

Heilbroner, R. L. 1974. The Clouded Crystal Ball. *The American Economic Review*, 64(2): 121-124.

Hotelling, H. 1931. The economics of exhaustible resources. *Journal of political Economy*, 39(2): 137-175.

Labanderia, X., León, C.J, Vázquez, M.X. 2006. Economía Ambiental. España: Editorial Pearson.

Malthus, T.R. 1798. An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society with remarks on the speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and other writers. Londres: Imprimido por J. Johnson.

Marshall, A. 1919. Industry and trade. Londres: Macmillan Editorial.

Marx, K. 1972. El capital (Wenceslao Roces, trad.). México: Editorial Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1867).

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. H. 1972. The limits to growth: Report: A report to the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Nueva York: Universe Books.

Mill, J. S. 1848. Principles of political economy with some of their applications to social philosophy. Londres: Imprimido por J. W. Parker.

Montero, R. 2013. Variables no estacionarias y cointegración. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada.

Panayotou, T. 1993. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. Working Paper, N° 238, Technology and Employment Programme, Geneva, International Labor Office.

Panayotou, T. 1997. Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool. *Environmental and Development Economics*, 2: 465-484.

Panayotou, T., 2000. Economic Growth and the Environment. Center for International Development Working Paper, N° 56, Harvard University.

Piaggio, M., Padilla, E. 2012. CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Activity: heterogeneity across countries and non stationary series. *Energy Policy*, 46: 370–381.

Piaggio, M., Padilla, E., Román, C. 2017. The long-term relationship between CO<sub>2</sub> emissions and economic activity in a small open economy: Uruguay 1882-2010. *Energy Economics*, 65: 271-282.

Pigou, A. C. 1919. The Burden of War and Future Generations. *The Quarterly Journal of Economics*, 33(2): 242-255.

Programa informático gretl, Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library, <http://gretl.sourceforge.net/>

Ridardo, D. 1815. An Essay on the Influence of a Low Price of Corn on the Profits of Stock; Shewing the Inexpediency of Restrictions on Importation: With Remarks on Mr. Malthus' Two Last Publications: "An Inquiry Into the Nature and Progress of Rent" and "The Grounds of an Opinion on the Policy of Restricting the Importation of Foreign Corn". Londres: Imprimido por J. Murray.

Roca, J., Padilla, E. 2003. Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España, *Economía Industrial*, 351:73–86.

Selden, T. M., Song, D. 1994. Environmental quality and development: Is there an environmental Kuznet's curve for air pollution? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27: 147–62.

Selden, T. M., Song, D. 1995. Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110: 353–77.

Shafik, N. 1994. Economic development and environmental quality: An econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 46: 757–73.

Shafik, N., Bandyopadhyay, S. 1992. Economic growth and environmental quality: Time series and cross country evidence. World Development Working Paper, N° 904, Washington, DC: World Bank.

Smith, A. 1794. Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones (Josef Alonso Ortiz, trad.). Oficina de la Viuda é Hijos de Santander. (Obra original publicada en 1776).

Solow, R. M. 1974. Intergenerational equity and exhaustible resources. *The review of economic studies*, 41:29-45.

Stagl, S. 1999. Delinking economic growth from environmental degradation? A literature survey on the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. Working Paper, N° 6, Working Paper Series of the Research Focus Growth and Employment in Europe: Sustainability and Competitiveness, Wirtschaftsuniversität Wien.

Stern, D. I., Common, M. S., Barbier, E.B. 1996. Economic growth, trade and the environment: implications for the environmental Kuznets curve, *World Development*, 24: 1151-1160.

Stern, D. 2004. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32: 1419–39.

Suárez, G. A. 2011. Crecimiento económico vs. degradación ambiental: ¿Existe una Curva de Kuznets Ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1970-2008. Maestría en Economía del Desarrollo, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

Torras, M., Boyce, J.K. 1998. Income, inequality, and pollution: a reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25: 147-160.

Walras, L. 1987. Elementos de Economía Política Pura (Julio Segura, trad.). Madrid: Editorial Alianza. (Obra original publicada en 1874).

World Comission on Environment and Development. 1987. Our Common Future. Oxford University Press.

## ANEXO

### I. Outputs de la estimación del modelo empírico utilizando las emisiones de CO<sub>2</sub> absolutas como variable dependiente

#### Output 1: USA

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2absUSA				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
-----	-----	-----	-----	-----
const	-1.38404e+06	1.95597e+06	-0.7076	0.4878
PIBxcapUSA	363.056	113.437	3.201	0.0047 ***
PIBUSAcuadrado	-0.00304765	0.00127985	-2.381	0.0279 **
GiniUSA	-51691.2	40402.9	-1.279	0.2162
PatrocenUSA	-182782	28900.4	-6.325	4.54e-06 ***
Media de la vble. dep.	5374377	D.T. de la vble. dep.	311011.3	
Suma de cuad. residuos	1.13e+11	D.T. de la regresión	77046.49	
R-cuadrado	0.949303	R-cuadrado corregido	0.938630	
F(4, 19)	88.94457	Valor p (de F)	4.99e-12	
Log-verosimilitud	-301.3031	Criterio de Akaike	612.6062	
Criterio de Schwarz	618.4964	Crit. de Hannan-Quinn	614.1689	
rho	-0.013076	Durbin-Watson	1.849742	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del  
*Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

#### Output 2: GER

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1991-2012 (T = 22)				
Variable dependiente: CO2absGER				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
-----	-----	-----	-----	-----
const	2.29946e+06	603309	3.811	0.0014 ***
PIBxcapGER	-85.3154	35.5890	-2.397	0.0283 **
PIBGERcuadrado	0.00116672	0.000501261	2.328	0.0325 **
GiniGER	6933.83	7246.01	0.9569	0.3520
PatrocenGER	-20385.8	6069.65	-3.359	0.0037 ***
Media de la vble. dep.	824482.8	D.T. de la vble. dep.	55500.28	
Suma de cuad. residuos	6.09e+09	D.T. de la regresión	18928.72	
R-cuadrado	0.905837	R-cuadrado corregido	0.883681	
F(4, 17)	40.88436	Valor p (de F)	1.65e-08	
Log-verosimilitud	-245.0461	Criterio de Akaike	500.0922	
Criterio de Schwarz	505.5474	Crit. de Hannan-Quinn	501.3773	
rho	0.027262	Durbin-Watson	1.671194	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del  
*Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 3: AUS

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 13)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 14				
Variable dependiente: CO2absAUS				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-198077	257055	-0.7706	0.4631
PIBxcapAUS	16.0169	11.9837	1.337	0.2181
PIBAUScuadrado	-0.000122143	0.000165600	-0.7376	0.4818
GiniAUS	3709.13	3811.86	0.9730	0.3590
PatrocenAUS	167.372	3381.54	0.04950	0.9617
Media de la vble. dep.	336309.6	D.T. de la vble. dep.	37523.28	
Suma de cuad. residuos	6.25e+08	D.T. de la regresión	8841.126	
R-cuadrado	0.962990	R-cuadrado corregido	0.944485	
F(4, 8)	52.03906	Valor p (de F)	9.10e-06	
Log-verosimilitud	-133.4236	Criterio de Akaike	276.8472	
Criterio de Schwarz	279.6720	Crit. de Hannan-Quinn	276.2666	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 4: RUS

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 18)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 9				
Variable dependiente: CO2absRUS				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	538671	523858	1.028	0.3226
PIBxcapRUS	-19.1010	43.3264	-0.4409	0.6666
PIBRUScuadrado	0.000831954	0.00117963	0.7053	0.4931
GiniRUS	25779.8	6848.36	3.764	0.0024 ***
PatrocenRUS	29767.6	116198	0.2562	0.8018
Media de la vble. dep.	1638993	D.T. de la vble. dep.	115480.0	
Suma de cuad. residuos	6.18e+10	D.T. de la regresión	68938.60	
R-cuadrado	0.727475	R-cuadrado corregido	0.643621	
F(4, 13)	8.675518	Valor p (de F)	0.001225	
Log-verosimilitud	-223.1496	Criterio de Akaike	456.2992	
Criterio de Schwarz	460.7510	Crit. de Hannan-Quinn	456.9130	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 5: BRA

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 20)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 7				
Variable dependiente: CO2absBRA				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	186065	208167	0.8938	0.3855
PIBxcapBRA	88.9356	28.1624	3.158	0.0065 ***
PIBBRAcuadrado	-0.00197920	0.00113115	-1.750	0.1006
GiniBRA	-3126.63	1650.66	-1.894	0.0777 *
PatrocenBRA	-10004.4	1224.56	-8.170	6.64e-07 ***
Media de la vble. dep.	334585.3	D.T. de la vble. dep.	77069.09	
Suma de cuad. residuos	1.72e+09	D.T. de la regresión	10708.34	
R-cuadrado	0.984759	R-cuadrado corregido	0.980694	
F(4, 15)	242.2925	Valor p (de F)	1.98e-13	
Log-verosimilitud	-211.0775	Criterio de Akaike	432.1550	
Criterio de Schwarz	437.1337	Crit. de Hannan-Quinn	433.1269	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 6: CHI

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2absCHI				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	9.64391e+06	1.02182e+06	9.438	8.29e-09 ***
PIBxcapCHI	-181.550	113.511	-1.599	0.1254
PIBCHIconc	0.0461549	0.00578693	7.976	1.22e-07 ***
PatrocenCHI	-205758	25086.7	-8.202	7.91e-08 ***
Media de la vble. dep.	5146963	D.T. de la vble. dep.	2571243	
Suma de cuad. residuos	5.45e+11	D.T. de la regresión	165150.3	
R-cuadrado	0.996413	R-cuadrado corregido	0.995875	
F(3, 20)	1851.711	Valor p (de F)	1.30e-24	
Log-verosimilitud	-320.2173	Criterio de Akaike	648.4347	
Criterio de Schwarz	653.1469	Crit. de Hannan-Quinn	649.6848	
rho	0.182196	Durbin-Watson	1.500448	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 7: EGY

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2absEGY				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-144848	81446.5	-1.778	0.0905 *
PIBxcapEGY	51.0682	14.5529	3.509	0.0022 ***
PIBEGYcuadrado	-0.00132403	0.000844961	-1.567	0.1328
PatrocenEGY	-3809.65	3717.21	-1.025	0.3177
Media de la vble. dep.	143791.6	D.T. de la vble. dep.	49048.96	
Suma de cuad. residuos	9.19e+08	D.T. de la regresión	6777.226	
R-cuadrado	0.983399	R-cuadrado corregido	0.980908	
F(3, 20)	394.9043	Valor p (de F)	5.84e-18	
Log-verosimilitud	-243.5784	Criterio de Akaike	495.1568	
Criterio de Schwarz	499.8691	Crit. de Hannan-Quinn	496.4070	
rho	0.105476	Durbin-Watson	1.746820	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 8: IDN

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 14)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 13				
Variable dependiente: CO2absIDN				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	72758.2	866425	0.08398	0.9349
PIBxcapIDN	48.4922	152.759	0.3174	0.7581
PIBIDNcuadrado	0.00134317	0.00958166	0.1402	0.8916
GiniIDN	483.197	7976.61	0.06058	0.9530
PatrocenIDN	-3293.33	6054.28	-0.5440	0.5997
Media de la vble. dep.	366188.7	D.T. de la vble. dep.	132794.0	
Suma de cuad. residuos	2.18e+10	D.T. de la regresión	49162.52	
R-cuadrado	0.905112	R-cuadrado corregido	0.862940	
F(4, 9)	21.46220	Valor p (de F)	0.000127	
Log-verosimilitud	-168.0127	Criterio de Akaike	346.0254	
Criterio de Schwarz	349.2207	Crit. de Hannan-Quinn	345.7297	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 9: IND

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)					
Variable dependiente: CO2absIND					
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	2.73441e+06	566202	4.829	0.0001	***
PIBxcapIND	70.4143	83.6827	0.8414	0.4100	
PIBINDcuadrado	0.0156484	0.00812834	1.925	0.0685	*
PatrocenIND	-38829.0	7895.40	-4.918	8.30e-05	***
Media de la vble. dep.	1177093	D.T. de la vble. dep.	434923.3		
Suma de cuad. residuos	2.31e+10	D.T. de la regresión	33953.30		
R-cuadrado	0.994700	R-cuadrado corregido	0.993905		
F(3, 20)	1251.297	Valor p (de F)	6.45e-23		
Log-verosimilitud	-282.2525	Criterio de Akaike	572.5049		
Criterio de Schwarz	577.2171	Crit. de Hannan-Quinn	573.7551		
rho	-0.067184	Durbin-Watson	2.127344		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 10: KEN

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2absKEN				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	95478.4	88917.3	1.074	0.2957
PIBxcapKEN	-65.5660	66.4148	-0.9872	0.3353
PIBKENCuadrado	0.0153108	0.0137032	1.117	0.2771
PatrocenKEN	-215.151	331.555	-0.6489	0.5238
Media de la vble. dep.	9108.675	D.T. de la vble. dep.	2486.458	
Suma de cuad. residuos	71001092	D.T. de la regresión	1884.159	
R-cuadrado	0.500685	R-cuadrado corregido	0.425788	
F(3, 20)	6.684953	Valor p (de F)	0.002632	
Log-verosimilitud	-212.8563	Criterio de Akaike	433.7127	
Criterio de Schwarz	438.4249	Crit. de Hannan-Quinn	434.9628	
rho	0.749399	Durbin-Watson	0.322868	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 11: COD

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2absCOD				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	35645.0	6144.01	5.802	1.12e-05 ***
PIBxcapCOD	6.77060	1.90624	3.552	0.0020 ***
PIBCODcuadrado	-0.00330363	0.00110322	-2.995	0.0072 ***
PatrocenCOD	-379.038	60.6366	-6.251	4.19e-06 ***
Media de la vble. dep.	1933.731	D.T. de la vble. dep.	785.3767	
Suma de cuad. residuos	1065244	D.T. de la regresión	230.7861	
R-cuadrado	0.924913	R-cuadrado corregido	0.913650	
F(3, 20)	82.11911	Valor p (de F)	2.03e-11	
Log-verosimilitud	-162.4625	Criterio de Akaike	332.9249	
Criterio de Schwarz	337.6371	Crit. de Hannan-Quinn	334.1751	
rho	0.280105	Durbin-Watson	1.402905	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

## II. Outputs de la estimación del modelo empírico utilizando las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita como variable dependiente

### Output 12: USA

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2capUSA				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	16.0162	8.55193	1.873	0.0766 *
PIBxcapUSA	0.00103497	0.000495970	2.087	0.0506 *
PIBUSAcuadrado	-9.73859e-09	5.59576e-09	-1.740	0.0980 *
GiniUSA	-0.427415	0.176650	-2.420	0.0257 **
PatrocenUSA	-0.834778	0.126359	-6.606	2.54e-06 ***
Media de la vble. dep.	18.90672	D.T. de la vble. dep.	1.131910	
Suma de cuad. residuos	2.156065	D.T. de la regresión	0.336864	
R-cuadrado	0.926834	R-cuadrado corregido	0.911430	
F(4, 19)	60.17074	Valor p (de F)	1.59e-10	
Log-verosimilitud	-5.137297	Criterio de Akaike	20.27459	
Criterio de Schwarz	26.16486	Crit. de Hannan-Quinn	21.83728	
rho	0.124259	Durbin-Watson	1.696613	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 13: GER

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1991-2012 (T = 22)				
Variable dependiente: CO2capGER				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	40.0775	7.88030	5.086	9.16e-05 ***
PIBxcapGER	-0.00164298	0.000464856	-3.534	0.0025 ***
PIBGERcuadrado	2.20647e-08	6.54737e-09	3.370	0.0036 ***
GiniGER	0.0606136	0.0946459	0.6404	0.5304
PatrocenGER	-0.226404	0.0792806	-2.856	0.0109 **
Media de la vble. dep.	10.08573	D.T. de la vble. dep.	0.700920	
Suma de cuad. residuos	1.039196	D.T. de la regresión	0.247243	
R-cuadrado	0.899274	R-cuadrado corregido	0.875574	
F(4, 17)	37.94371	Valor p (de F)	2.91e-08	
Log-verosimilitud	2.361903	Criterio de Akaike	5.276195	
Criterio de Schwarz	10.73141	Crit. de Hannan-Quinn	6.561279	
rho	0.104359	Durbin-Watson	1.429235	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 14: AUS

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 13)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 14				
Variable dependiente: CO2capAUS				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-26.1666	11.7255	-2.232	0.0562 *
PIBxcapAUS	0.00183304	0.000546637	3.353	0.0100 **
PIBAUScuadrado	-2.49613e-08	7.55383e-09	-3.304	0.0108 **
GiniAUS	0.335251	0.173878	1.928	0.0900 *
PatrocenAUS	-0.0674402	0.154249	-0.4372	0.6735
Media de la vble. dep.	16.86904	D.T. de la vble. dep.	0.771533	
Suma de cuad. residuos	1.301124	D.T. de la regresión	0.403287	
R-cuadrado	0.817850	R-cuadrado corregido	0.726776	
F(4, 8)	8.979987	Valor p (de F)	0.004702	
Log-verosimilitud	-3.485015	Criterio de Akaike	16.97003	
Criterio de Schwarz	19.79478	Crit. de Hannan-Quinn	16.38942	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 15: RUS

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 18)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 9				
Variable dependiente: CO2capRUS				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	3.42148	3.31335	1.033	0.3206
PIBxcapRUS	-2.16045e-05	0.000274035	-0.07884	0.9384
PIBRUScuadrado	3.62860e-09	7.46103e-09	0.4863	0.6348
GiniRUS	0.163379	0.0433152	3.772	0.0023 ***
PatrocenRUS	0.100208	0.734940	0.1363	0.8936
Media de la vble. dep.	11.30846	D.T. de la vble. dep.	0.845280	
Suma de cuad. residuos	2.471590	D.T. de la regresión	0.436030	
R-cuadrado	0.796518	R-cuadrado corregido	0.733908	
F(4, 13)	12.72192	Valor p (de F)	0.000198	
Log-verosimilitud	-7.671302	Criterio de Akaike	25.34260	
Criterio de Schwarz	29.79446	Crit. de Hannan-Quinn	25.95646	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 16: BRA

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 20)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 7				
Variable dependiente: CO2capBRA				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	2.88760	0.744798	3.877	0.0015 ***
PIBxcapBRA	9.12264e-05	0.000100762	0.9054	0.3796
PIBBRAcuadrado	1.69726e-09	4.04712e-09	0.4194	0.6809
GiniBRA	-0.00373195	0.00590589	-0.6319	0.5370
PatrocenBRA	-0.0482068	0.00438133	-11.00	1.40e-08 ***
Media de la vble. dep.	1.836573	D.T. de la vble. dep.	0.270150	
Suma de cuad. residuos	0.022019	D.T. de la regresión	0.038313	
R-cuadrado	0.984121	R-cuadrado corregido	0.979886	
F(4, 15)	232.4093	Valor p (de F)	2.69e-13	
Log-verosimilitud	39.73724	Criterio de Akaike	-69.47449	
Criterio de Schwarz	-64.49582	Crit. de Hannan-Quinn	-68.50260	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 17: CHI

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)					
Variable dependiente: CO2capCHI					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
const	8.22732	0.796984	10.32	1.85e-09	***
PIBxcapCHI	-0.000258958	8.85347e-05	-2.925	0.0084	***
PIBCHICuadrado	3.89137e-08	4.51360e-09	8.621	3.60e-08	***
PatrocenCHI	-0.169240	0.0195667	-8.649	3.42e-08	***
Media de la vble. dep.	3.991072	D.T. de la vble. dep.		1.805319	
Suma de cuad. residuos	0.331848	D.T. de la regresión		0.128812	
R-cuadrado	0.995573	R-cuadrado corregido		0.994909	
F(3, 20)	1499.263	Valor p (de F)		1.07e-23	
Log-verosimilitud	17.31904	Criterio de Akaike		-26.63808	
Criterio de Schwarz	-21.92587	Crit. de Hannan-Quinn		-25.38793	
rho	0.173975	Durbin-Watson		1.497284	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 18: EGY

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)					
Variable dependiente: CO2capEGY					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
const	-1.48320	1.09856	-1.350	0.1921	
PIBxcapEGY	0.000764841	0.000196291	3.896	0.0009	***
PIBEGYcuadrado	-3.28214e-08	1.13969e-08	-2.880	0.0093	***
PatrocenEGY	-0.0612311	0.0501380	-1.221	0.2362	
Media de la vble. dep.	1.977008	D.T. de la vble. dep.		0.436447	
Suma de cuad. residuos	0.167122	D.T. de la regresión		0.091412	
R-cuadrado	0.961854	R-cuadrado corregido		0.956133	
F(3, 20)	168.1026	Valor p (de F)		2.37e-14	
Log-verosimilitud	25.55047	Criterio de Akaike		-43.10094	
Criterio de Schwarz	-38.38873	Crit. de Hannan-Quinn		-41.85079	
rho	0.089139	Durbin-Watson		1.764114	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 19: IDN

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2016 (T = 14)				
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 13				
Variable dependiente: CO2capIDN				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-0.648027	3.43925	-0.1884	0.8547
PIBxcapIDN	0.000390479	0.000606374	0.6440	0.5357
PIBIDNcuadrado	-1.02721e-08	3.80341e-08	-0.2701	0.7932
GiniIDN	0.00535215	0.0316629	0.1690	0.8695
PatrocenIDN	-0.00449381	0.0240323	-0.1870	0.8558
Media de la vble. dep.	1.599600	D.T. de la vble. dep.		0.451834
Suma de cuad. residuos	0.342749	D.T. de la regresión		0.195149
R-cuadrado	0.870855	R-cuadrado corregido		0.813458
F(4, 9)	15.17234	Valor p (de F)		0.000492
Log-verosimilitud	6.103558	Criterio de Akaike		-2.207116
Criterio de Schwarz	0.988171	Crit. de Hannan-Quinn		-2.502898

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 20: IND

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2capIND				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	2.87293	0.436814	6.577	2.08e-06 ***
PIBxcapIND	-8.85850e-05	6.45596e-05	-1.372	0.1852
PIBINDcuadrado	1.92199e-08	6.27086e-09	3.065	0.0061 ***
PatrocenIND	-0.0351367	0.00609115	-5.768	1.21e-05 ***
Media de la vble. dep.	1.062135	D.T. de la vble. dep.		0.270070
Suma de cuad. residuos	0.013723	D.T. de la regresión		0.026194
R-cuadrado	0.991820	R-cuadrado corregido		0.990593
F(3, 20)	808.3085	Valor p (de F)		4.95e-21
Log-verosimilitud	55.54644	Criterio de Akaike		-103.0929
Criterio de Schwarz	-98.38067	Crit. de Hannan-Quinn		-101.8427
rho	-0.104131	Durbin-Watson		2.206330

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 21: KEN

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2capKEN				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	3.73877	1.73662	2.153	0.0437 **
PIBxcapKEN	-0.00155294	0.00129713	-1.197	0.2452
PIBKENCuadrado	3.10372e-07	2.67632e-07	1.160	0.2598
PatrocenKEN	-0.0193849	0.00647550	-2.994	0.0072 ***
Media de la vble. dep.	0.275197	D.T. de la vble. dep.		0.043132
Suma de cuad. residuos	0.027083	D.T. de la regresión		0.036799
R-cuadrado	0.367038	R-cuadrado corregido		0.272093
F(3, 20)	3.865819	Valor p (de F)		0.024843
Log-verosimilitud	47.38819	Criterio de Akaike		-86.77638
Criterio de Schwarz	-82.06417	Crit. de Hannan-Quinn		-85.52623
rho	0.632487	Durbin-Watson		0.643611

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)

### Output 22: COD

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1990-2013 (T = 24)				
Variable dependiente: CO2capCOD				
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	0.0308788	0.139840	0.2208	0.8275
PIBxcapCOD	0.000146882	4.33867e-05	3.385	0.0029 ***
PIBCODcuadrado	-1.98387e-08	2.51097e-08	-0.7901	0.4387
PatrocenCOD	-0.000816655	0.00138011	-0.5917	0.5607
Media de la vble. dep.	0.040204	D.T. de la vble. dep.		0.023793
Suma de cuad. residuos	0.000552	D.T. de la regresión		0.005253
R-cuadrado	0.957618	R-cuadrado corregido		0.951261
F(3, 20)	150.6324	Valor p (de F)		6.78e-14
Log-verosimilitud	94.10932	Criterio de Akaike		-180.2186
Criterio de Schwarz	-175.5064	Crit. de Hannan-Quinn		-178.9685
rho	-0.122829	Durbin-Watson		2.098137

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial y del *Chartbook of Economic Inequality* de Atkinson y Morelli (2014)