

EL EFECTO REGULADOR DE LOS PLANES NACIONALES DE ASIGNACIÓN  
SOBRE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

*THE REGULATORY EFFECT OF NATIONAL ALLOCATION PLANS  
ON CO<sub>2</sub> EMISSIONS*

*Yolanda Fernández Fernández*  
Universidad Autónoma de Madrid  
yolanda.fernandez@uam.es

*M<sup>a</sup> Ángeles Fernández López\**  
Universidad Camilo José Cela  
mafernandez@ucjc.edu

*David González Hernández*  
Universidad Católica de Ávila  
david.gonzalez@ucavila.es

*Blanca Olmedillas Blanco*  
Universidad Autónoma de Madrid  
blanca.olmedillas@uam.es

Recibido: julio de 2013; aceptado: marzo de 2014

RESUMEN

En los últimos años la literatura económica ha prestado especial atención a la relación entre emisiones contaminantes y actividad económica. El análisis de esta relación tiene en cuenta tres efectos básicos: escala, estructura y técnico. El interés de este trabajo se centra en un nuevo efecto, el efecto regulador que considera la relación entre determinadas medidas de política económica ambiental y las emisiones de CO<sub>2</sub>. En concreto, se estudia si los Planes Nacionales de Asignación (PNA) han logrado ser efectivos a la hora de reducir las citadas emisiones. Para ello, se realizan diferentes estimaciones econométricas con datos de seis países de la Unión Europea (UE) y considerando los PNA como variables cualitativas.

*Palabras clave:* Emisiones de CO<sub>2</sub>; Crecimiento; Efecto regulador; Planes Nacionales de Asignación.

\*En el momento de realizar este trabajo era profesora en la Universidad Católica de Ávila

## ABSTRACT

In recent years the economic literature has paid special attention to the relationship between emissions and economic activity. The analysis of this relationship takes into account three basic effects: scale, structure and technical effects. The interest of this work focuses on a new effect, the regulatory effect that considers the relationship between certain measures of environmental policy and CO<sub>2</sub> emissions. In particular, we study whether the National Allocation Plans (NAPs) have failed to be effective in reducing the aforementioned emissions. For this purpose, different econometric estimates are made with data from six countries of the European Union (EU) and considering the NAPs as qualitative variables.

*Keywords:* Co<sub>2</sub> Emissions, Growth; Regulatory Effect; National Allocation Plans.

*Clasificación JEL:* Q40, Q56.



## 1. INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>

El interés por el medioambiente y su relación con el crecimiento económico ha ocupado buena parte de la literatura económica durante los últimos años. En esta línea, este trabajo pretende profundizar en el análisis de esta relación y explicar por qué, en algunos países, determinadas emisiones contaminantes se han reducido mientras la renta experimentaba incrementos.

Son numerosos los estudios cuyo objetivo es esclarecer esta relación mostrando, todos ellos, la complejidad de la misma. La mayoría trata de explicar el crecimiento de las emisiones contaminantes teniendo en cuenta tres efectos económicos básicos: efecto escala, efecto estructura y efecto técnico, utilizando distintas técnicas de descomposición y herramientas de análisis.

Sin embargo, la dimensión transfronteriza de las emisiones contaminantes, gases de efecto invernadero (GEI), requiere para su solución, concretamente para determinar su nivel de provisión, acuerdos internacionales en los que participen numerosos países. Así, el Protocolo de Kioto de 1997 supuso el primer compromiso cuantitativo sobre limitación de las emisiones de GEI y en 2005 la puesta en marcha del comercio europeo de derechos de emisión se configuró como su máximo exponente. Los derechos se asignaban a través de los planes nacionales de asignación (PNA), de los que ha habido tres ediciones: la primera fase de prueba (2005-2007), la segunda, de 2008 a 2012, y la tercera, todavía en sus inicios, de 2013 a 2020. El argumento es que por medio de la asignación de derechos de emisión, se provoque una escasez de los mismos, de modo que pueda desarrollarse un mercado operativo que, a su vez, redunde en una reducción real de las emisiones totales.

Teniendo esto en cuenta y finalizado el segundo PNA el objetivo de este trabajo es estimar un nuevo efecto que se ha denominado *Efecto Regulador*, esto es, determinar si los planes nacionales de asignación (PNA) han contribuido a la ruptura de la relación directa y creciente entre emisiones de CO<sub>2</sub> y crecimiento del producto interior bruto (PIB). Para ello, se estima mediante un modelo econométrico la correlación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB teniendo en cuenta la influencia de los PNA y del precio del derecho del CO<sub>2</sub>. Nuestro análisis se centra en seis países pertenecientes a la Unión Europea

<sup>1</sup>Los autores figuran en orden alfabético por apellido. Este trabajo se ha desarrollado en el marco del Proyecto UCA191A11-1 de la Junta de Castilla y León en su convocatoria de 2011. Los autores agradecen las sugerencias de un evaluador anónimo.

(UE): España, Francia, Alemania, Italia, Portugal y Reino Unido entre los años 2000 y 2010.

El trabajo se estructura en cinco apartados incluida esta introducción. En el segundo se describe la relación entre emisiones contaminantes y crecimiento económico justificando nuestro interés por la influencia de los PNA en la citada relación. En el tercer apartado se realiza una somera visión de conjunto de los PNA, en el cuarto se utiliza un modelo econométrico para analizar la importancia del PIB per cápita, del precio del derecho y de los PNA en la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita. Por último, se comentan las principales conclusiones.

## 2. EMISIONES CONTAMINANTES Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

En los últimos años el interés por determinar los factores que influyen en las emisiones contaminantes de las diferentes economías ha ocupado una buena parte de la literatura económica. Los intentos se han centrado en tratar de explicar la relación entre crecimiento económico y el medioambiente, con este fin surgen una gran variedad de teorías que abarca desde las teorías sobre la extracción de recursos naturales, las teorías sobre el agotamiento de recursos y el crecimiento, que ocupó la literatura de los años sesenta y setenta<sup>2</sup>, y desde los noventa, la literatura se centra en examinar la relación entre los niveles de renta y las emisiones contaminantes y, en particular, por qué, en algunos países, diversas emisiones contaminantes se han reducido a pesar del aumento del PIB.

Como se ha avanzado, desde mediados de los años noventa, la mayor parte del debate sobre los efectos ambientales del crecimiento económico se ha centrado en la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Esta hipótesis sostiene que la relación entre la renta per cápita y las emisiones contaminantes puede representarse por una U invertida, de forma que en una primera fase las emisiones tendrían una relación creciente con la renta hasta alcanzar un nivel crítico de renta per cápita a partir del cual las emisiones contaminantes disminuirían a medida que se producen posteriores incrementos en la renta. Esta hipótesis supuso para algunos autores la evidencia de que el mejor camino para conseguir mejoras en la calidad ambiental de los países es que éstos se hagan ricos (Beckerman, 1992).

Sin embargo, los resultados empíricos acerca de la CKA no son concluyentes. Si bien es cierto que en los países de alta renta per cápita algunos problemas medioambientales han mejorado, ninguno de los contaminantes considerados en la literatura, incluido el CO<sub>2</sub>, cumplen de forma clara la hipótesis de la CKA (Ekins, 1997; de Bruyn y Heintz, 1999, Stern y Common, 2001; Díaz-Vázquez, 2009). Por tanto, la hipótesis no es generalizable<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Ver, entre otros, Hubber (1962, 1974).

<sup>3</sup> Algunos contaminantes locales pueden cumplir la hipótesis de la CKA, como las concentraciones de SO<sub>2</sub> y las partículas en suspensión en áreas urbanas (Panayotou, 1993 y Grossman y Krueger, 1995).



De hecho, pueden producirse aumentos iniciales y posteriores disminuciones de contaminación cuando está aumentando la renta per cápita que no deben considerarse una CKA ya que, lo que implica la hipótesis es que el propio crecimiento de la renta per cápita es el que explica la disminución de las emisiones contaminantes, no la coexistencia de crecimiento económico y menor contaminación. Así, Vogel (1999) defiende que deben incluirse algunas características típicas de una economía creciente y en desarrollo para que si disminuye la contaminación y aumenta la renta per cápita se pueda concluir que existe una CKA.

De lo expuesto anteriormente se deduce que la relación entre crecimiento económico y emisiones contaminantes es compleja, por lo que su estudio requiere un análisis detallado de las relaciones entre los indicadores medioambientales y el PIB.

Para explicar el crecimiento de las emisiones hay que tener en cuenta tres efectos económicos básicos (Grossman y Krueger, 1991, Vela Ortiz, 2005): escala, estructura y técnico. Si bien podría pensarse que cada uno de estos efectos predomina en un tramo de la CKA, es la conjunción de todos ellos la que puede explicar la relación entre emisiones y crecimiento económico.

- *Efecto escala.* Este efecto domina en los inicios del desarrollo de un país, a medida que aumenta la escala de producción se utilizarán una mayor cantidad de materias primas y se producirán más emisiones contaminantes. Esto es, el crecimiento de la actividad económica producirá un incremento proporcional de las emisiones contaminantes, si todo lo demás permanece constante.
- *Efecto estructura.* Como consecuencia del desarrollo de una economía, y su terciarización, se produce una variación en la estructura sectorial de la producción de forma que se observa cierta sustitución de los inputs más contaminantes de la economía por otros menos perjudiciales para el medio ambiente, lo que provocará disminuciones de las emisiones. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este cambio en la estructura sectorial puede incluir actividades que pueden generar tantas o más emisiones contaminantes que las integradas en el sector industrial.
- *Efecto técnico.* A medida que una economía crece y se invierte más en investigación y desarrollo se pueden producir cambios en la tecnología que conduzcan a la reducción de las emisiones. Este efecto técnico también puede ser transferido al resto de países.

Además, para compensar el efecto escala y afianzar el tramo decreciente de la CKA se ha argumentado que una vez alcanzado un determinado nivel de renta se puede producir una mayor demanda de productos y tecnologías verdes.

En la literatura se distinguen numerosos estudios cuyo objetivo es recoger, en mayor o menor medida, estos tres efectos básicos, utilizando diferentes técnicas de descomposición y herramientas de análisis, para explicar el crecimiento de las emisiones (de Bruyn *et al.*, 1998, Stern, 2002, Roca y Padilla, 2003, Díaz-Vázquez y Cancelo, 2010). Sin embargo, no existe un consenso

generalizado sobre la relación entre crecimiento económico y el medioambiente. Al contrario, se observa una gran ambigüedad en la explicación teórica de esta relación y la evidencia empírica no es concluyente. Por ello, el debate sigue abierto y la necesidad de una política ambiental que conduzca a la reducción de las emisiones contaminantes es incuestionable.

No obstante, en lo que sí hay un amplio consenso es en que la calidad ambiental es un bien público global, no rival y no excluyente en su consumo. Es una externalidad<sup>4</sup> mundial, ya que el efecto de las emisiones contaminantes sobre la atmósfera se produce con independencia de dónde se originen. Dada esta dimensión transfronteriza de las emisiones contaminantes (GEI), su solución y más concretamente su nivel de provisión, no se puede decidir a nivel individual sino que requiere un acuerdo internacional voluntario en el que participen numerosos países. Esto es, las decisiones sobre el nivel de emisiones han de tomarse en el ámbito político y sobre la base de acuerdos internacionales.

En este sentido, el Protocolo de Kioto de 1997 supuso el primer compromiso cuantitativo preciso sobre limitación de las emisiones de GEI y su máximo exponente fue la creación en 2005 del mercado europeo de derechos de emisión (EU-ETS). Estos derechos se asignan a través de los planes nacionales de asignación (PNA)<sup>5</sup>. Concluido el segundo PNA en 2012 consideramos que, para explicar la evolución de las emisiones en el marco de la UE, habría que tener en cuenta un cuarto efecto que capte la eficacia de los PNA en la consecución de la reducción de las emisiones contaminantes: *el Efecto Regulador*. Según éste, cambios en los derechos de emisión asignados conducirían a variaciones en las emisiones. Ya que el objetivo del comercio de derechos de emisión es internalizar el coste externo de las mismas, esto podría fomentar, en última instancia, la adopción de tecnologías menos contaminantes y como consecuencia un cambio en el modelo productivo. Por tanto, el *Efecto Regulador* intenta incentivar el efecto técnico y/o el efecto estructura.

Es precisamente esta línea en la que se va a desarrollar nuestro trabajo. Concretamente, nuestro interés se centra en analizar en qué medida los PNA pueden explicar la ruptura de la relación creciente entre emisiones de GEI y el PIB. Para ello, se estima mediante métodos econométricos la correlación entre emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB teniendo en cuenta la influencia de los PNA.

Respecto a los países analizados, todos están sujetos a la misma normativa sobre el comercio de derechos de emisión y han participado en las tres convocatorias del mismo. En concreto, se incluye a las tres economías líderes de la Unión, que marcan de forma significativa la política económica

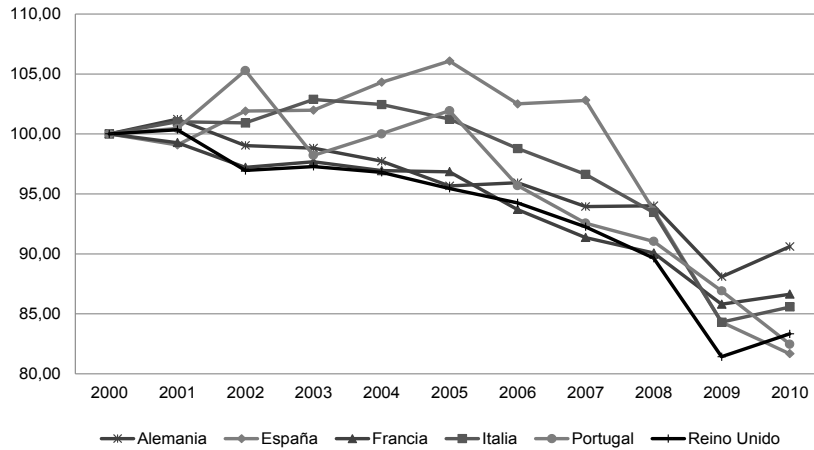
<sup>4</sup> El concepto de externalidad, atribuido a Alfred Marshall, se refiere a los efectos de la producción o consumo de bienes sobre consumidores o empresas que no participan en su compra ni en su venta y que no tienen reflejo en los precios de mercado. Por tanto, la existencia de externalidades impide alcanzar una situación eficiente ya que los precios no servirán para orientar las decisiones de producción y consumo eficientemente.

<sup>5</sup> Esto supone adoptar una solución "coasiana" a la externalidad ambiental, basada en crear derechos de propiedad sobre un bien que inicialmente era libre y dejar al mercado que establezca un precio para las emisiones.



europaea, Alemania, Francia y Reino Unido; junto con dos países de posición económica y geográfica similar a España, Italia y Portugal. Esta elección está también justificada por el contexto económico actual, donde Alemania, Francia y Reino Unido se están viendo menos afectadas por la crisis económica que España, Italia y Portugal.

GRÁFICO 1: TONELADAS DE CO<sub>2</sub> PER CÁPITA (BASE 100 EN EL AÑO 2000)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones totales de CO<sub>2</sub> y de población de Eurostat (2012).

Una primera aproximación a la tendencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en el período considerado (gráfico 1) nos permite observar cómo entre 2000 y 2005 la evolución de los países no es homogénea: mientras Alemania, Francia y Reino Unido reducen sus emisiones per cápita, el resto de países considerados presentan una tendencia creciente. A partir de 2005, año en el que comienza el primer PNA, en todos los países las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen<sup>6</sup>. Lo mismo se observa a partir del 2008 (año en el que se inicia el segundo PNA), lo que podría evidenciar una desvinculación entre el PIB y las emisiones propiciada por la puesta en marcha del comercio de derechos de emisión y, en particular por los PNA.

Esta evidencia refuerza nuestro interés en analizar más detalladamente cómo y en qué medida los PNA han contribuido a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Antes, procede realizar una revisión del desarrollo e instrumentalización de los PNA, cuestión que realizamos en el siguiente apartado.

<sup>6</sup> Para algunos países, este proceso de reducción se observa en todo el periodo analizado. Si bien, es más intenso a partir de 2005.

### 3. PLANES NACIONALES DE ASIGNACIÓN. UNA VISIÓN DE CONJUNTO

Como ya hemos mencionado, el comercio de derechos de emisión es el principal instrumento adoptado por la UE para reducir las emisiones de efecto invernadero<sup>7</sup>. Comenzó su funcionamiento en 2005 con un periodo inicial de prueba que duró hasta 2007, siendo el primer mercado de emisiones de carácter internacional<sup>8</sup>. La relevancia de este mercado se puede medir tanto por el número de instalaciones que afectaba, unas 12.000, como por los sectores considerados, sectores industriales intensivos en el uso de energía.

En el periodo de prueba se detectaron ciertas particularidades que pueden condicionar su éxito final. Así, el hecho de que los países tengan un límite total a las emisiones pero libertad para repartir dichas emisiones entre los sectores contaminantes (Ellerman y Joskow, 2008); que las asignaciones a las instalaciones se hayan realizado en función de las emisiones históricas (en el caso de España<sup>9</sup>, pero también en otros casos<sup>10</sup>); que el mercado se haya establecido sólo para el CO<sub>2</sub> y no para el resto de gases contaminantes y, finalmente, la existencia de una posible "sobre asignación" de derechos en el primer periodo (Ellerman y Joskow, 2008) junto con el hecho de que la asignación de los mismos haya sido gratuita.

En contraposición, hay que destacar como logros que ha sido el primer y mayor programa de comercio de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, que ha logrado coordinar y centralizar los derechos de 27 mercados nacionales y que ha servido de referencia por pionero para otros mercados<sup>11</sup>.

Los derechos de emisión, negociados en este mercado, se asignan a cada instalación a través de los PNA, los cuales son propuestos por los estados miembros y deben ser aceptados por la Comisión Europea. El argumento es que de esta forma se pone límite a las emisiones por medio de la asignación de derechos de emisión, provocando así una escasez, de modo que pueda desarrollarse un mercado operativo que, a su vez, redunde en una reducción real de las emisiones totales. Tanto en el primer PNA como en el segundo, los derechos se asignaron de forma gratuita.

Un aspecto importante es que los derechos del primer PNA no se podrían trasladar al siguiente periodo. Esto unido a una posible sobreasignación, provocó que al final de 2007 el precio del derecho fuera cercano a cero. Para el segundo PNA y siguientes los derechos se pueden trasladar entre periodos.

En lo que respecta al tercer PNA (2013-2020) se han introducido cambios significativos. En primer lugar, el sistema de subasta de derechos cobra un pa-

<sup>7</sup> Sobre los instrumentos de la Unión Europea, ver, entre otros, Ciscar y Soria (2009) y Soria y Saveyn (2010).

<sup>8</sup> En EE.UU. el mercado de dióxido de azufre llevaba funcionando varios años.

<sup>9</sup> Para una comparativa sobre la asignación de derechos en los diversos PNA para España, ver, por ejemplo, Riera, López, González (2009: 64-65).

<sup>10</sup> Ver, por ejemplo, Neuhoff, Ahman y otros (2006).

<sup>11</sup> Sobre las lecciones que puede tener en cuenta EE.UU., ver Grubb, Brewer y otros (2009). Para los sistemas emergentes en Asia, aunque las enseñanzas son muy similares, ver Grubb y Sato (2009).



pel central como método de asignación, disminuyendo los derechos asignados de forma gratuita. El modelo de subasta que se establece en el Reglamento (UE) N° 784/2012 de la Comisión está basado en una plataforma común de la que, bajo ciertas condiciones, los estados miembros pueden separarse e implantar sus propias plataformas. Alemania, Reino Unido y Polonia han comunicado su intención de utilizar plataformas nacionales. España y los otros 23 estados miembros subastarán sus derechos de emisión en la plataforma común la cual, hasta que se designe de forma definitiva, ha sido adjudicada a la entidad alemana EEX (European Energy Exchange). En segundo lugar, mientras que en el primer y segundo periodos los objetivos nacionales se determinaban a través de los PNA, en el tercer período (2013-2020) se fijará un límite paneuropeo de forma anual.

Además de un límite a las emisiones establecido por los PNA, el comercio de derechos de emisión permite intercambiar estos derechos<sup>12</sup>. Este mercado está formado por:

- a) Operadores físicos: las instalaciones que tienen obligación de reducir las emisiones.
- b) Operadores financieros: bancos y fondos que invierten en activos de carbono.
- c) Intermediarios: *brokers* europeos y regionales.
- d) Plataformas de intercambio: son plataformas de negociación integradas por entidades tanto públicas como privadas. Desarrollan un software especializado para que los agentes puedan realizar el intercambio (Bluenext, SendeCO2, European Climate Exchange-ECX-, ...).

Las principales vías de compraventa de los derechos son:

- a) A través de acuerdos bilaterales y directos entre participantes (por ejemplo, por teléfono).
- b) En plataformas electrónicas de negociación (a través de Bolsas en las que cotizan los derechos de emisión).
- c) Mediante intermediarios que operan en cualquiera de las dos vías anteriores (por ejemplo, *brokers*).

Para llevar a cabo el intercambio, existen diferentes clases de transacción:

- a) Spot o compra-venta al contado.
- b) Futuros y "forward": se acuerda la compra-venta con la entrega de los derechos de emisión y del pago de los mismos en un periodo definido a futuro. Los primeros se realizan en el mercado bursátil y los segundos fuera de un mercado organizado.
- c) Estructurado: hace referencia a contratos de compra-venta con varias condiciones y plazos de pago y entrega.

<sup>12</sup> En el mercado de CO<sub>2</sub> básicamente se negocian Derechos Europeos de Emisión (EUA). A partir de 2007, aunque con ciertos límites cuantitativos y cualitativos, también se empiezan a negociar Créditos de Reducción de Emisión (CER) y Unidades de Reducción de Emisiones (ERU).

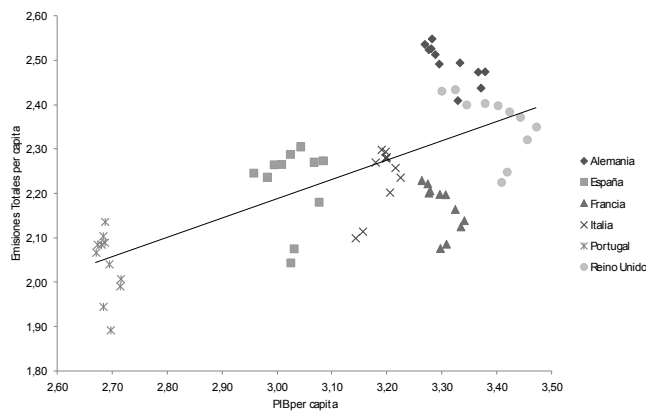
Inicialmente la mayor parte de las operaciones se han llevado a cabo a través de redes de comunicación. Sin embargo, a medida que el comercio europeo de derechos de emisión se consolida, las plataformas de intercambio han adquirido mayor protagonismo. Respecto a las alternativas de transacción, en la actualidad la mayor parte se realizan a futuro, si bien el spot se mantiene como una referencia muy importante. En cualquier caso, dada la novedad del mercado, es susceptible de asumir cambios y aumentar su sofisticación, equiparándose al intercambio de otros productos, aunque el mercado de CO<sub>2</sub> tiene unas características específicas. En primer lugar, nace de la regulación, por lo que está muy influenciado por las cuestiones regulatorias y las decisiones políticas. En segundo lugar, el producto se puede almacenar y mover fácilmente y casi sin coste. Por último, es un mercado definido por su liquidez y volatilidad, convirtiéndolo en muy atractivo para agentes especuladores.

#### 4. ESTIMACIÓN ECONÓMETRICA

Como ya se ha señalado anteriormente, muchos han sido los intentos de valorar empíricamente si el efecto escala es compensado por los efectos estructura y técnico. Sin embargo, los resultados no han sido concluyentes. La relación entre emisiones contaminantes y PIB, como muestra el gráfico 2, es directa aunque evidentemente esta relación puede estar distorsionada por la influencia de otras variables explicativas no tenidas en cuenta.

A continuación, se realiza una estimación econométrica en la que las emisiones de CO<sub>2</sub> vienen explicadas por el PIB, por el precio del derecho de emisión y, con el ánimo de analizar el efecto regulador, por los PNA realizados que, en última instancia, incentivarán los efectos estructura y técnico.

GRÁFICO 2: EMISIONES TOTALES PER CÁPITA Y PIB PER CÁPITA (2000-2010)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2012) relativos a emisiones totales, población y PIB.

#### 4.1. DATOS

Para la estimación se utilizan datos de panel. Las variables usadas son PIB, emisiones de CO<sub>2</sub>, población y precio del derecho de emisión. Las tres primeras proceden de Eurostat (2012) y el precio del derecho de Bluenext (2012). El PIB real, expresado en millones de euros de 2005, ha sido calculado a partir de los índices de volumen encadenados ofrecidos en Eurostat, las emisiones de CO<sub>2</sub> están expresadas en miles de toneladas y la población en miles de habitantes. Tanto para las emisiones de CO<sub>2</sub> como para el PIB real utilizamos valores per cápita. Esto es, toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante y valor de la producción en miles de euros (base 2005) por habitante respectivamente.

El precio del derecho de emisión (EUA) se ha obtenido de la plataforma de intercambio con sede en París Bluenext. Dado que la cotización del derecho es diaria, el precio utilizado en este trabajo es una media estadística anual de esas cotizaciones a partir de 2005. Con anterioridad, no había mercado.

La mayoría de los estudios señalados previamente introducen las variables en términos per cápita. Sin embargo, introducir la variable densidad de población no está exento de controversia. Por una parte, una mayor concentración de población sugiere mayores niveles de contaminación como resultado de una mayor actividad productiva, del mayor uso de fuentes de energía no renovables, de un uso creciente de combustibles fósiles en los desplazamientos en las grandes ciudades,... Por otra, los países con niveles más densamente poblados es posible que estén más preocupados por la contaminación que los de menor densidad. En este sentido, podrían ejercer una presión política superior para conseguir reducir las emisiones<sup>13</sup>. No obstante, como señalan Díaz-Vázquez y Cancelo (2010: 95), hay que tener en cuenta que la presión ejercida por los ciudadanos está directamente influida por los perjuicios que reciban. En el caso del CO<sub>2</sub>, los efectos se pueden denominar “difusos”, puesto que geográficamente son globales y temporalmente recaen especialmente en las generaciones futuras. Según estos autores, la introducción de la variable densidad de población puede ser más adecuada cuando se trata de contaminantes con efectos locales directos, como las emisiones de azufre. Por esta razón, para la estimación, no se ha incluido la variable densidad de población. Como ya se indicó, la muestra de países seleccionada incluye seis países de la UE: Alemania, España, Francia, Italia, Reino Unido y Portugal. El período muestral es de 2000 a 2010. Viene condicionado especialmente por las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, de las que no se dispone de datos posteriores a 2010.

#### 4.2. MODELO ECONOMETRICO

La relación empírica entre renta y emisiones se basa en un modelo del tipo:  
Donde:

$$\ln ET_{i,t} = \gamma_1 + \rho_1 \ln PIB_{i,t} + \rho_2 PNA_1 + \rho_3 PNA_2 + \rho_4 \ln PdE_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

<sup>13</sup> Sobre la ambigüedad de la población en el análisis, ver Panayotou (1997: 472).

$ET_{i,t}$ : las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en el país  $i$  en el año  $t$ .

$PIB_{i,t}$ : el valor real de la producción per cápita en el país  $i$  en el año  $t$ .

$PdE_{i,t}$ : el precio medio de la cotización diaria del derecho de emisión en el año  $t$ .

$PNA_1$ : Variable dicotómica que toma el valor 1 para el periodo de prueba o primer periodo del comercio de derechos de emisión (2005-2007).

$PNA_2$ : Variable dicotómica que toma el valor 1 para los años disponibles del segundo periodo del comercio de derechos de emisión (2008-2012).

Esta relación se completa con una constante,  $\gamma$  que recoge otros efectos exógenos no incluidos bajo la producción, y el error,  $\epsilon$ .

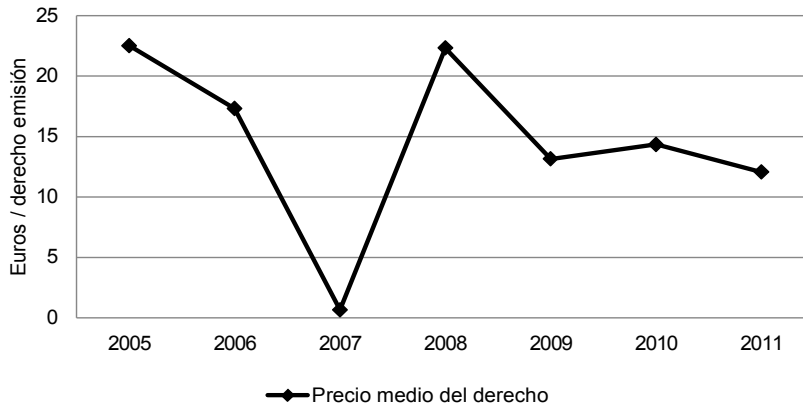
La consideración de los PNA se realiza a través de dos variables cualitativas o dicotómicas. El resto de las series se toman en logaritmos, lo que permite interpretar los coeficientes en términos de elasticidades; el coeficiente de cada una de las variables independientes indica aproximadamente el porcentaje en que cambiaría la variable dependiente con un 1% de variación en la variable independiente.

La relación entre emisiones y renta depende, fundamentalmente, de tres factores: preferencias, parámetros tecnológicos y regulaciones (Esteve y Tamarit, 2012). Nuestro interés se centra en analizar cómo determinados cambios en la política económico-ambiental han influido en esta relación. En concreto, la importancia de la entrada en vigor de los PNA. El comercio de derechos de emisión, como instrumento cuantitativo que es, necesitaba, para ser efectivo, establecer una oferta de derechos limitada, insuficiente para cubrir las emisiones. Las instalaciones de cada país que presentaran déficit de derechos de emisión podían acudir al mercado para adquirirlos. De esta forma, internalizar la externalidad medioambiental supondría un coste, cuyo valor monetario dependería del precio del derecho en el mercado de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>. Por tanto, parece razonable considerar el precio del derecho como variable explicativa en la relación entre emisiones y PIB.

Como muestra el gráfico 3 que indica la disposición a pagar de la sociedad para internalizar el coste de una tonelada de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera, el precio del derecho (promedio anual) cae hasta aproximarse a cero en 2007, cuando finaliza el primer periodo de aplicación de los PNA. Las causas principales son dos: el exceso de derechos asignados y la imposibilidad de transmitir los derechos sobrantes al segundo periodo (2008-12).

A partir de 2008, cuando se produce una nueva asignación de derechos, el precio del derecho vuelve a incrementarse. La desaceleración económica ha dado lugar a una menor necesidad de derechos, lo que ha presionado el precio a cotas inferiores a los 15 euros por tonelada emitida.

GRÁFICO 3. PRECIO DEL DERECHO DE EMISIÓN (MEDIA ANUAL DE LA COTIZACIÓN DIARIA)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Bluenext (2012).

Las intensas variaciones experimentadas por el precio del derecho de emisión en un periodo de tiempo relativamente breve como es 2005-2010, y que en el periodo 2000-2004 no existía este mercado, son factores que influyen en la estimación del modelo.

Para estimar la ecuación (1) se han utilizado un modelo de efectos fijos y un modelo de efectos aleatorios. En ambos casos el precio del derecho,  $PdE_t$ , presenta problemas de multicolinealidad con la variable  $PNA_2$ . Dada la relevancia teórica del precio del derecho para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, también se ha estimado la ecuación (1) excluyendo las variables dicotómicas que recogen los PNA. En este caso, el precio del derecho no es una variable significativa.

Los problemas evidenciados en los casos anteriores hacen que se excluya el precio del derecho de emisión,  $PdE_t$ , como variable explicativa de la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Considerando lo expuesto, el modelo que se estima es el que se presenta en la ecuación 2:

$$\ln ET_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 \ln PIB_{i,t} + \beta_2 PNA_1 + \beta_3 PNA_2 + v_{i,t} \quad (2)$$

Donde:

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ : Coeficientes a estimar.

Los parámetros de la ecuación pueden interpretarse del siguiente modo:

- $\beta_1$  es un indicador cuantitativo que muestra la relación entre el crecimiento del PIB real y las emisiones de CO<sub>2</sub> (per cápita).
- $\beta_2$  y  $\beta_3$  son coeficientes cuya significación radica en que su valor sea positivo o negativo. Si toman un valor menor/mayor que cero indican que las variables cualitativas (PNA) influyen en la variable dependiente (emisiones)

reduciéndola/aumentándola. Si su valor fuera cero, los PNA no tendrían influencia en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para estimar la ecuación anterior se ha optado en un primer momento por un modelo de efectos fijos. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos. El coeficiente positivo de 0,327 para el PIB per cápita nos indica que la evolución de las emisiones totales per cápita está muy ligada a la actividad económica. Por tanto, no habría evidencia de desvinculación entre emisiones y renta como establece la CKA. El coeficiente de -0,046 para la variable PNA<sub>1</sub> muestra que el periodo 2005-2007 ha tenido un efecto negativo en la evolución de las emisiones. El coeficiente de -0,148 para la variable PNA<sub>2</sub> indica que el segundo periodo del comercio de derechos de emisión ha tenido un papel más importante en la reducción de las emisiones que el primer periodo. Este análisis sugiere que, a pesar de que gran parte del comportamiento de las emisiones totales viene explicado por la actividad económica, la implantación del comercio de derechos de emisión ha contribuido a reducir las emisiones totales de CO<sub>2</sub>.

El contraste F de significancia de los efectos fijos,  $F(5, 57) = 109,48$ , confirma la presencia de estos efectos e indica que es preferible el modelo de efectos fijos a la regresión agrupada (pooled data).

También se ha estimado un modelo de efectos aleatorios. Utilizando la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios desarrollada por Breusch y Pagan, podemos rechazar la hipótesis nula, la varianza del error es igual a 0, por lo que existen diferencias entre el modelo de efectos aleatorios y el estimado por mínimos cuadrados ordinarios.

Aplicando el test de Hausman<sup>14</sup>, no se puede rechazar la hipótesis nula de que los efectos individuales no están correlacionados con los regresores. Por tanto, se ha optado por utilizar el modelo de efectos aleatorios.

TABLA 1: RESULTADOS DE LOS MODELOS ESTIMADOS.

VARIABLES	Efectos fijos	Efectos Aleatorios	Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (FGLS)
PIB (ln)	0,327 (2,09)*	0,377 (3,09)*	0,453 (36,33)*
PNA <sub>1</sub>	-0,046 (-3,67)*	-0,049 (-4,23)*	-0,041 (-3,17)*
PNA <sub>2</sub>	-0,148 (-12,80)*	-0,150 (-13,86)*	-0,138 (-10,67)*
Constante	1,275 (2,60)*	1,120 (2,92)*	0,875 (20,82)*
Test F de significatividad conjunta o Wald	67,44 g. de l. = 3	209,90 g. de l. = 3	1376,99 g. de l. = 3

\* Los datos entre paréntesis corresponden al estadístico t-student.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2012).

<sup>14</sup> Valor del estadístico chi-cuadrado (3) = 0,25.



La validez del modelo de efectos fijos está limitada por los problemas de autocorrelación<sup>15</sup> y correlación contemporánea<sup>16</sup>.

Por último, se ha estimado un modelo por Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (Feasible Generalized Least Squares, FGLS) en el que se corrigen los problemas señalados. En este caso, el coeficiente asociado al PIB es mayor que en el caso del modelo de efectos fijos. Las variables PNA<sub>1</sub> y PNA<sub>2</sub> siguen siendo válidas y los coeficientes presentan valores similares al modelo de efectos aleatorios.

En resumen, los resultados de la estimación muestran una relación positiva entre el PIB real y las emisiones de CO<sub>2</sub>. El coeficiente  $\beta_1$  indica que la elasticidad entre las dos variables es positiva y menor que la unidad, de forma que en ausencia de PNA las emisiones de CO<sub>2</sub> habrían aumentado a medida que aumenta el PIB. Por tanto, no habría evidencia de desvinculación entre emisiones y renta.

Por el contrario, influyen con signo negativo los PNA cuyos coeficientes  $\beta_2$  para el período 2005-2007 y  $\beta_3$  para el período 2008-2012 indican cómo la entrada en vigor de los mismos ha favorecido la disminución de las emisiones, especialmente el segundo PNA en el que el mercado estaba más establecido y se habrían superado algunas limitaciones ocurridas en la primera fase<sup>17</sup>. Por tanto, el comercio de derechos de emisión como forma de internalizar la externalidad ambiental ha sido eficiente, siempre que se genere escasez de derechos.

El mayor valor del coeficiente estimado para PNA<sub>2</sub> puede estar influido por el hecho de coincidir con el período de recesión, que ha disminuido las emisiones. Para superar esta limitación del análisis, se ha considerado una única variable ficticia (PNA) que abarca todo el período 2005 a 2010. Es decir, la ecuación a estimar ahora es:

$$\ln ET_{i,t} = \varphi_1 + \delta_1 \ln PIB_{i,t} + \delta_2 PNA + \mu_{i,t} \quad (3)$$

Al igual que en los casos anteriores, se han estimado un modelo de efectos fijos y un modelo de efectos aleatorios. En ambos modelos, la variable PNA resulta ser significativa a un nivel del 95% y el parámetro  $\delta_2$  toma valores negativos, lo que evidencia de nuevo la influencia del comercio de derechos de emisión en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, incluso en un contexto de crisis como el actual.

<sup>15</sup> Test de Wooldridge para autocorrelación en datos de panel  $F(1, 5) = 38,095$ .

<sup>16</sup> Prueba de Breusch-Pagan. Valor del estadístico chi-cuadrado (15) = 43,292.

<sup>17</sup> Entre estas limitaciones, la sobre-asignación de derechos provocó un exceso de oferta de los mismos con la consecuente caída del precio del derecho y, en definitiva, del coste de emisión.

## 5. CONCLUSIONES

Determinar los efectos ambientales del crecimiento económico ha ocupado gran parte de la literatura económica en los últimos años. En este sentido, y desde los años noventa la hipótesis de la CKA cobró una especial significación. Según esta hipótesis, a partir de un determinado nivel de renta, un mayor crecimiento económico iría acompañado de reducciones en las emisiones contaminantes. Sin embargo, la base teórica y empírica para sostener esta hipótesis, con carácter general, es escasa sobre todo si consideramos contaminantes con efectos globales, a largo plazo y cuya reducción es compleja ya que exigen, dada su dimensión transfronteriza, una solución basada en acuerdos internacionales, caso del CO<sub>2</sub>.

Centrándonos en este contaminante y tras la entrada en vigor en 2005 del comercio europeo de derechos de emisión, el objetivo de este trabajo es aportar evidencia empírica de la influencia del que hemos denominado *Efecto Regulador*, a través de los PNA, en la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Tras la estimación del modelo econométrico, utilizando datos para el período 2000-2010 de seis países europeos (Alemania, España, Francia, Italia, Portugal y Reino Unido) las principales conclusiones obtenidas son las siguientes:

En primer lugar, si bien es cierto que el objetivo último del comercio de derechos de emisión es establecer un precio para las emisiones que obligue a las empresas a internalizar el coste de la externalidad medioambiental que generan, hasta 2010 resulta no significativo para explicar la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por tanto, los resultados econométricos no corroboran la importancia teórica que subyace al precio del derecho como impulsor de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Puede haber varias causas, entre las que cabe destacar que, de todo el período de tiempo considerado, sólo en los últimos años ha estado vigente el mercado de derechos de emisión, y además con una gran variabilidad en el precio, especialmente en 2007, donde llegó a cero como consecuencia de la imposibilidad de trasladar derechos al período siguiente.

En segundo lugar, no hay evidencia de desvinculación entre emisiones de CO<sub>2</sub> y renta. De hecho, el valor positivo del coeficiente del PIB real per-cápita,  $\beta_1$  (0,453) indica que el aumento de las emisiones está ligado al aumento de la actividad económica, lo que muestra que el proceso de crecimiento necesario para alcanzar niveles elevados de PIB va asociado a aumentos en las emisiones. Que el coeficiente, esto es la elasticidad entre las dos variables, sea menor que la unidad nos muestra que las emisiones habrían aumentado a un ritmo inferior al del PIB, lo que permite suponer que al alcanzar niveles de renta más elevados se llevarían a cabo actuaciones que conducirían a un incremento menor de las emisiones. Por tanto, este coeficiente positivo, aunque menor que la unidad, muestra el predominio del efecto escala sobre el resto.

En tercer lugar, se evidencia que la entrada en vigor de los PNA ha tenido los efectos esperados, favoreciendo la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Así, los coeficientes  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , correspondientes al primer y segundo PNA respec-

tivamente, toman valores negativos, especialmente el segundo. Sin embargo, este mayor valor de  $\beta_2$  podría estar influido por el contexto de crisis económica de los últimos años. Para superar esta limitación, se agrupa la relevancia de los dos PNA en una única variable dicotómica, cuyo resultado sigue mostrando la significatividad de la limitación de los derechos emisión (PNA) en la reducción de emisiones. Se evidencia entonces que en el segundo PNA, el mercado de derechos de emisión estaba más afianzado superando algunas restricciones importantes ocurridas en la primera fase.

De estos resultados se deduce la eficacia del comercio de derechos de emisión en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que cabría esperar que el tercer PNA (2013-2020) en el que se han introducido cambios significativos conducentes a un mejor funcionamiento del comercio de derechos de emisión dé lugar a mejores resultados. Por otro lado, cabría esperar también que esta internalización del coste externo de las emisiones de CO<sub>2</sub> incentive actuaciones (adopción de tecnologías menos contaminantes, mayor I+D...) que conduzcan a un cambio hacia un modelo productivo menos contaminante.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beckerman, W. (1992): "Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose environment?", *World Development*, 20, 481-496.
- Bluenext (2012): [HTTP://WWW.BLUENEXT.EU](http://www.bluenext.eu) (consulta: octubre de 2012).
- Ciscar, J.C. y Soria, A. (2009): "La política Climática Europea", *Papeles de Economía Española*, 121, 45-53.
- Comisión Europea (2012): *Community Transaction Log*: <http://ec.europa.eu/environment/ets/> (Consulta: 13 de marzo de 2012).
- De Bruyn, S.M., Bergh, J.C. van den y Opschoor, J.B. (1998): "Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves", *Ecological Economics*, 25, 161-175.
- De Bruyn, S.M. y Heintz, R. J. (1999): "The Environmental Kuznets Curve Hipotesis", en Van Den Bergh, J. (ed.): *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Edward Edgar, Cheltenham, 656-677.
- Díaz- Vázquez, M. R. (2009): "The Dissociation Between Emissions and Economic Growth: The Role of Shocks Exogenous to the Environmental Kuznets Curve Model", *Applied Econometrics and International Development*, 10 (1).
- Díaz-Vázquez, M. R. y Cancelo, M. T. (2010): "Análisis de los factores determinantes de la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de azufre en países OCDE mediante una descomposición econométrica", *Revista de Economía Mundial*, 26, 85-106.
- Ekins, P. (1997): "The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence", *Environment and Planning A*, 29 (5), 805-830.
- Ellerman, A. y Joskow (2008): *The European Union's Emissions Trading System in Perspective*. Washington, D.C.: Pew Center on Global Climate Change.
- Eurostat (2012): *Statistics* <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes> (Consulta: 13 de marzo de 2012).

- Esteve, V. y Tamarit, C. (2012): "Threshold Cointegration and Nonlinear Adjustment Between CO<sub>2</sub> and Income: The Environmental Kuznets Curve in Spain, 1857-2007", *Energy Economics*, 34, 2148-2156.
- Grossman, G. y Krueger, A. (1991): "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working paper*, n<sup>o</sup> 3914, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Grossman, G. y Krueger, A., (1995): "Economic Growth and the Environment". *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Grubb, M.; Brewer, T. L.; Sato, M.; Heilmayr, R. y Fazekas, D. (2009): *Climate Policy and Industrial Competitiveness: Ten Insights from Europe on the EU ETS*. Climate & Energy Paper Series 09. The German Marshall Fund of the United States.
- Grubb, M. y Sato, M. (2009): *Ten (plus one) insights from the EU ETS. With Reference to Emerging Systems in Asia*. Climate Strategies, Cambridge.
- Hubber, M.K. (1962): *Energy Resources. A Report to the Committee on Natural Resources*, National Academy of Sciences National Research Council, Washington D.C.
- Hubber, M.K. (1974): *U.S. Energy Resources, a Review as of 1972: A Background Paper*. U.S. Govt. Print. Off., Washington.
- Neuhoff, K.; Ahman, M.; Betz, R.; Cludius, J.; Ferrario, F.; Holmgren, K.; Pal, G.; Grubb, M.; Matthes, F.; Rogge, K.; Sato, M.; Schleich, J.; Sijm, J.; Tuerk, A.; Kettner, C. & Walker, N. (2006): "Implications of Announced Phase II National Allocation Plans for the EU ETS", *Climate Policy*, 6 (4), 411-422.
- Panayotou, T. (1993): *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation and Different Stages of Economic Development*. Working Paper WP238 Technology and Employment Programme, Geneva, International Labor Office.
- Panayotou, T. (1997): "Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool", *Environment and Development Economics*, 2, 465-484.
- Riera, C.; López, A. González, E. (2009): "El CO<sub>2</sub> y la industria en España: De la primera asignación de derechos a la etapa post-Kioto", *Economía Industrial*, 371, 59-77.
- Roca, J. y Padilla, E. (2003): "Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España. La curva de Kuznets ambiental y el protocolo de Kyoto", *Economía Industrial*, 351, 73-86.
- Soria, A. y Saveyn, B. (2010): "Present and Future of Applied Climate Mitigation Policies: the European Union", en Cerdá, E. y Labandeira, X., *Climate Change Policies. Global Challenges and Future Perspectives*, Edwards Elgar, Cheltenham, UK.
- Stern, D.I. y Common, M. S. (2001): "Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, 162-168.
- Stern, D.I. (2002): "Explaining Changes in Global Sulfur Emissions: An Econometric Decomposition Approach", *Ecological Economics*, 42, 201-220.
- Unión Europea (2012): *Reglamento (UE) n<sup>o</sup> 784/2012 de la Comisión de 30 de agosto de 2012 por el que se modifica el Reglamento (UE) n<sup>o</sup> 1031/2010*



*para registrar una plataforma de subastas que va a designar Alemania y se corrige su artículo 59, apartado 7, Diario Oficial de la Unión Europea, 31/08/2012, L234/4-L234/6.*

Vela Ortiz, S. (2005): "Marco teórico de la directiva de comercio de emisiones", *Información Comercial Española*, 822, 39-50.

Vogel, M. P. (1999): *Environmental Kuznets Curve. A Study on the Economic Theory and Political Economy of Environmental Quality Improvements in the Course of Economic Growth*, Springer, Berlin.

