



**GRADO EN ECONOMÍA**

**2014-2015**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Crecimiento económico y Emisiones de CO<sub>2</sub> para el  
periodo 1990-2010**

**Economic Growth and CO<sub>2</sub> Emissions for 1990-2010  
period**

**AUTORA:**

**RAQUEL NÚÑEZ GÓMEZ**

**TUTORA:**

**INGRID MATEO MANTECÓN**

**16 DE SEPTIEMBRE DE 2015**

## RESUMEN

La intención de este trabajo es realzar la influencia de la ciencia económica sobre el ecosistema natural. Se trata de estudiar la relación de causalidad entre el crecimiento económico y la degradación ambiental, de un modo unidireccional, esto quiere decir, cuales son las consecuencias ecológicas del desarrollo funcional de una economía. No se aborda en profundidad la dirección contraria, como influye el medio ambiente (el medio físico disponible) en el desarrollo económico, sino que prioritariamente se analiza la evolución de las externalidades negativas producidas por las actividades industriales entre otras actividades humanas.

Probados los límites de la Tierra para proveer con recursos las ilimitadas necesidades humanas, queda demostrada la insuficiente capacidad de regeneración de la naturaleza (ni en volumen ni en el tiempo) dado el elevado ritmo de vida económico mundial. Empatizando con biólogos o naturalistas entendidos sobre los problemas reales de la naturaleza, ahora de gran interés en nuestra sociedad y en la economía, se analizan las consecuencias no solo sobre el bienestar de las generaciones presentes y futuras, sino en los pronosticados problemas económicos que asediaran a las mismas.

En este ensayo se elabora un modelo econométrico apoyándose en los resultados obtenidos en estudios anteriores a la hora de escoger las variables de acción e interpretarlas, es decir, valorando las referencias teóricas pasadas y las acciones de la política medioambiental respaldada por la experiencia histórica.

Concretamente, se ha elaborado un modelo cuya variable de estudio son las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, utilizando como variables explicativas el PIB per cápita y el consumo de energía per cápita proveniente de recursos energéticos limpios o contaminantes, asegurándonos de este modo una estrecha relación (posteriormente demostrada) entre las variables de estudio.

Los resultados obtenidos son los intuitivamente esperados, el consumo de energía procedente de energía nuclear o alternativa contribuye a la disminución de estas emisiones, por el contrario, el incremento de consumo de energía procedente de combustibles fósiles apoya la proliferación de las emisiones. Por último, la variable renta nacional per cápita, la variable de mayor interés en este estudio, concluyó afectar positivamente al aumento de las emisiones, rechazando la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental.

**Palabras clave:** ecosistema natural, externalidades negativas, modelo econométrico, emisiones, Curva de Kuznets Ambiental.

## ABSTRACT

The work aim is to emphasize the influence of economics on the natural ecosystem. This study is about the causal link between economic growth and environmental degradation, in a unidirectional mode, that's mean, what are the ecological consequences of a functional economy developing. The other way is not investigated in depth, how the environmental (the available physical means) influence on economic development, but mainly the evolution of negative externalities produced by industrial activities and other human activities are analyzed.

The limits of the Earth's resources to provide unlimited human needs were tested, it was demonstrated the insufficient regenerative capacity of nature too (In volume or time) due to the quick lifestyle of global economic. Empathizing with biologists or naturalist's people who are experts about natural's real problems, currently a topic of great interest to our society and economy, the consequences not only on the welfare of the present and future generations are analyzed, also predicted future economic problems.

In this study an econometric model is applied relying on the results obtained in previous studies when we choose and interpret the variables, evaluating the theoretical references and past manner of environmental policy backed by historical experience.

Specifically, a model has been developed and the studied variables are: per capita CO<sub>2</sub> emissions, using as explanatory variables per capita GDP and per capita energy consumption from cleaning or polluting energy resources, in this way we are ensure a close relationship between the study variables (later shown).

The results are the intuitively expected, energy consumption from nuclear or alternative energy contributes to reduce emissions, however, the increase in energy consumption from fossil fuels supports more emissions. Finally, the variable of interest in this study, per capita national income, concluded affecting in emissions rise, rejecting the Environmental Kuznets Curve.

**Keywords:** natural ecosystem, negative externalities, econometric model, emissions, Environmental Kuznets Curve.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. DESARROLLO.....	6
2.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA Y LOS ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS.....	7
2.2 METODOLOGÍA.....	15
2.2.1 MODELO ECONOMETRICO APLICADO .....	17
2.2.2 DATOS.....	19
2.2.3 APLICACIÓN.....	20
2.2.4 RESULTADOS.....	21
2.3 LOCALIZACIÓN DE LAS EMISIONES .....	24
3. CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO I .....	35
ANEXO II .....	36
ANEXO III .....	37

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1: COMPROMISO DE LOS PAÍSES DESARROLLADOS EN EL PROTOCOLO DE KIOTO .....	14
TABLA 2: MATRIZ DE PAGOS DEL “DILEMA DE LOS PAÍSES EN EL PRTOCOLO DE KIOTO” .....	15
TABLA 3: RESUMEN DE LOS DATOS SOBRE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	35
TABLA 4: RANKING DE PAÍSES SEGÚN EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	36
TABLA 5: RANKING DE PAISES SEGÚN VOLUMEN DE EXPORTACIONES DE BIENES Y SERVICIOS .....	36
FIGURA 1: LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL .....	13
FIGURA 2: MODELO DE EFECTOS ALEATORIOS .....	21
FIGURA 3: MODELO DE EFECTOS FIJOS .....	22
FIGURA 4: GRÁFICO DE LÍNEAS SOBRE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> TOTALES .....	25
FIGURA 5: GRÁFICO DE RELACIÓN CRECIMIENTNO ECONÓMICO Y EMISIONES DE CO <sub>2</sub> PARA LAS 7 REGIONES PROPUESTAS .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

La problemática medioambiental desde hace décadas es un motivo de controversia, más aún entre economistas, es innegable la trascendencia casuística y aunque paulatinamente ha tomado la relevancia social y científica que merece, es apartada a un segundo plano cuando se imponen problemas económicos perjudiciales en el corto plazo.

Particularizando, dentro de los gases de efecto invernadero culpables del cambio climático que asolan a todas las economías mundiales, este estudio se centra en las emisiones de dióxido de carbono puesto que a juicio del autor son las más comúnmente aceptadas. Estas emisiones no producen efectos directos notables sobre el bienestar social, pero la acumulación de los mismos en el tiempo comienza a repercutir en la vida humana y natural, aflorando en forma de catástrofes naturales y con repercusiones económicas considerables mundialmente imparciales. Internalizar el coste de estas emisiones ignoradas es la vía más eficiente e implantada para conseguir el objetivo mundial propuesto de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Tomándose como hipótesis de partida que todo proceso contaminante cumple con la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental, se contrasta si esto también se cumple para el CO<sub>2</sub>. Centrándose en la elaboración de un modelo econométrico, este trabajo estudia la relación existente entre el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Previamente, se resumen las teorías económicas desarrolladas en siglos pasados hasta los más cercanos a nuestro tiempo, estos estudios claramente influenciados por los hechos históricos evolucionan a favor de una mayor protección ambiental, que a priori cause elevados costes económicos pero que finalmente repercuta en un desarrollo sostenible.

Tras considerar los resultados obtenidos en anteriores estudios, se estima un modelo con tres variables significativas capaces de explicar el desarrollo temporal de las emisiones de estudio. Aunque el periodo considerado es relativamente corto para este tipo de estudios, y dada la escasez de información de los datos utilizados aún en la actualidad, el modelo muestra una respuesta clara hacia la hipótesis inicial.

Finalmente, se realiza una comparativa de la desigualdad de las emisiones, que verifica el resultado obtenido, son los países que más han crecido económicamente los que producen más emisiones de CO<sub>2</sub>, y aunque en algunos periodos se producen leves reducciones, a largo plazo se muestra una tendencia gradualmente creciente.

## 2. DESARROLLO

La pregunta simplificada a la que se tratará de dar respuesta es: ¿Cuál es la relación entre el crecimiento económico de un país y las emisiones de CO<sub>2</sub>?

Las posibles soluciones o propuestas a esta pregunta variarán según las referencias históricas observadas, puesto que son los distintos acontecimientos de cada época los que influyen no solo en el cambio de mentalidad de la sociedad, sino también en la de los economistas.

Se realizará un breve repaso siglo a siglo del pensamiento económico ambiental, teniendo en cuenta la escasez de reseñas, puesto que hasta los siglos más recientes esta temática es abordada fundamentalmente por filósofos, biólogos, escritores o naturalistas. Por ello, comenzaremos analizando siglos relativamente recientes, cuando se empezó a considerar la economía como una disciplina propia (XVII-XVIII).

## 2.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y LOS PRINCIPALES ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS

Las primeras inclusiones de temática medio ambiental en estudios propiamente económicos se observan en la década de los setenta del siglo XX, es a partir de entonces cuando se conforman ideas de corte científico (en su mayoría teóricas, debido a la dificultad de su experimentación), es decir, se fundamentan los primeros análisis del impacto ambiental en la economía y su influencia en la sociedad. Sin embargo, siglos antes ya se empieza a estudiar la importancia del medio natural para el desarrollo de la actividad económica. Se considera que en el siglo XVIII los economistas pertenecientes a la escuela de los fisiócratas sentaron las bases de esta rama de la ciencia económica.

Antes del siglo XVI, los recursos obtenidos de la naturaleza no recibían mayor importancia que el tratamiento de los mismos como meros inputs en el proceso de producción, el factor de producción: tierra<sup>1</sup>. Se podría decir que las investigaciones científico-económicas de la época prácticamente se centraban en el estudio de innovaciones tecnológicas y la búsqueda de mejoras de los rendimientos de la tierra.

Dada la importancia del sector agrícola en la producción de los bienes de consumo y de la mercantilización de los recursos minerales como síntoma de riqueza nacional, es entendible la consideración de los recursos naturales como motor de crecimiento de los países. Sin duda esto explica la utilización económica de la naturaleza desde el punto de vista de un “medio ambiente físico” (Naredo, 2004). Según este autor, dentro de todos los recursos que componen la naturaleza los economistas solo consideraban los “objetos apropiables, valorables y productibles”.

Esta falta de introspección en el pensamiento económico, se aprecia en que en el siglo XVI eran autores renacentistas, como Francis Bacon o Descartes, los que mencionaban los recursos naturales en sus discursos, y lo hacían apostando por el dominio del hombre sobre la naturaleza. Bacon creía que la naturaleza debía ser “acosada”<sup>2</sup> por el hombre, que solo gracias a la ciencia y el progreso podríamos llegar a conocerla, controlarla y explotarla en beneficio del hombre. Por otro lado, Descartes teorizó una nueva forma de ver el mundo, en el que la naturaleza es una máquina, cuyas partes se pueden cuantificar mediante ecuaciones matemáticas, otorgándole así una caracterización material a favor de la explotación de la naturaleza (Morán, 1999).

Un siglo más tarde (siglo XVII), comienza a mencionarse “vagamente” el grado de trascendencia de la naturaleza de manos del médico y economista William Petty, el cual puntualizó que “*el trabajo es el Padre y la tierra la Madre de la riqueza*”. Destacando así la importancia de trabajar la tierra para la obtención de rentas, la naturaleza es la proveedora y el trabajador al transformar los recursos crea valor, por eso ambos se necesitan para crear riqueza (Hernández, 2014).

Dos ideas básicamente, que la tierra proporciona riqueza y la necesidad de un capitalismo de estado, son las únicas que le unen a la corriente mercantilista de los siglos XVI-XVII, corriente dominante debido a la política instaurada a favor de la economía colonial. Acontecimientos clave de esa época tales como el descubrimiento de América y nuevas rutas marítimas hacia África o Asia, fueron la principal causa del apogeo de ese nuevo pensamiento económico europeo.

---

<sup>1</sup> Factor de producción tierra: engloba todo aquellos recursos que se obtienen de la biosfera, se denomina tierra puesto que generalizando los obtenemos del suelo y sub-suelo.

<sup>2</sup> La naturaleza tiene que ser “*acosada en sus vagabundeos, ... sometida y obligada a servir, ... esclavizada, ... reprimirla con la fuerza, torturarla hasta arrancarle sus secretos*”. (Fernández Herrería, Alfonso. 1995. *Violencia estructural y currículo orientado a la educación para la paz*)

Esa expansión europea trajo consigo el auge del comercio internacional y un patente comienzo del mercado financiero, lo que explica el pensamiento librecambista de los economistas mercantilistas, amparando la necesidad de un estado fuerte que proteja el sector agrícola nacional y controle los movimientos monetarios (nacionalismo económico), esencialmente dada la idea de mantener una balanza comercial positiva; además de militarmente capaz de colonizar nuevas tierras.

Por ello, la naturaleza para los mercantilistas es la principal vía de crecimiento económico, primero gracias a la obtención y posterior utilización de las materias primas en los productos manufacturados, y segundo, mediante la comercialización mundial de metales preciosos y otros recursos mineros explotados.

Todos estos pensamientos convergen hacia la idea de que cuanto mayor sea la cantidad de tierras ostentadas más crece una economía y mayor población asienta, debido a la necesidad de mano de obra para labrarla (trampa malthusiana, que se mencionará posteriormente). En resumen, los estudios económicos presentaban la tierra como un recurso ilimitado debido a que existía un equilibrio entre la cantidad producida y la demandada (Boulding, 1968), es decir, hasta entonces la cantidad de tierras cultivables superaba a la demanda de actividad económica (agrícola). La justificación se veía en la expansión colonial de las naciones imperialistas inglesas, francesas, españolas y portuguesas que dominaban la economía mundial.

En oposición a esta corriente mercantilista surge en Francia la escuela de los fisiócratas, considerados los primeros economistas preocupados por la naturaleza. Su nombre de origen griego se traduce como “Gobierno de la Naturaleza”, por ello, puesto que los humanos se aprovechan de ella para desarrollar su economía, se debe permanecer en equilibrio con ella.

La agricultura es el único sector que crea valor, genera beneficios de mayor cuantía de la invertida, por lo que es el único sector que crea riqueza (desarrollo económico). Mientras que los otros sectores se dedican a la transformación y distribución del producto obtenido de la naturaleza, la naturaleza genera valía en términos reales, no solo en términos monetarios como los otros sectores.

Los *économistes* defienden un capitalismo agrario, en el que la tierra dividida en latifundios debe pertenecer a empresarios o terratenientes/nobles puesto que ellos son capaces de financiar las inversiones necesarias para labrar la tierra (coste de mano de obra, inversión en nueva tecnología, etc.). Una vez obtenidas las rentas de estas explotaciones agrarias, la riqueza se distribuiría al resto de clases sociales “de la misma manera que lo hace la sangre en el cuerpo humano”, idea plasmada por Quesnay influenciado por su profesión. Además, los fisiócratas abogan por la no intervención estatal, sin barreras al libre intercambio de mercancías entre países, lo que supone también una total contraposición a la corriente mercantilista antes mencionada.

Aunque se considera a Quesnay el líder de este grupo de economistas, es relevante destacar el papel de Turgot. Como discípulo de Quesnay continúa con los ideales fisiócratas a pesar de que trate de alejarse de esta escuela, la principal diferencia que le define se encuentra en el planteamiento de que no es la agricultura la que crea riqueza sino el agricultor (Torres y Beroska, 2014).

Estos ideales fisiocráticos no perduraron en el tiempo, puesto que su evidente apoyo hacia las clases nobles y la monarquía se vio enfrentado con el posterior movimiento revolucionario de las clases sociales (La Revolución Francesa de 1789), que derrotó los ideales burgueses.

En ese mismo siglo y anterior a esta revolución, surge en Inglaterra una “revolución intelectual” influenciada por la Revolución Industrial. Se inicia a partir de las ideas descritas por el padre de la Economía Moderna Adam Smith, en su obra *Una*

*investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*, una de las corrientes económicas más conocida de todos los tiempos: los economistas clásicos.

En sus escritos estos economistas desarrollan sus teorías a favor del gran acontecimiento de su época: La Revolución Industrial. A pesar de las grandes contribuciones que hicieron a la economía, es criticable su falta de interés en los efectos que esta revolución provocaría en el medio ambiente. Lejos de esclarecer la posible problemática medioambiental resultante de esta revolución tecnológica, solo se preocupan por el carácter finito de los recursos implicados en los nuevos procesos de producción. Conceden mayor importancia en sus estudios a conceptos como crecimiento económico o valor del trabajo, y a la supresión del intervencionismo mercantilista, mientras que hacen referencia a la naturaleza como culpable de entorpecer un posible crecimiento económico a largo plazo, dada su cada vez más evidente limitación. Tras la Revolución Industrial se hace visible la inviabilidad de un continuo avance tecnológico, y se desarrolla la teoría de un estado estacionario en consonancia con los recursos naturales (Ramos, 2005).

Aunque son muchos los economistas relevantes pertenecientes a esta escuela básicamente son tres los que más aportan hacia un enfoque medioambiental de la economía: Malthus, Ricardo y Mill.

Partiendo de la hipótesis de que los recursos naturales son finitos, Malthus desvía su preocupación hacia una temática socio-económica, en concreto, demográfica. Dado que la tierra sufre de rendimientos marginales decrecientes (Ricardo), ante aumentos de la población crecientes, surge la imposibilidad de aumentar en la misma proporción la cantidad producida de bienes agrícolas de consumo, afectando negativamente al bienestar social puesto que resultará insuficiente para alimentar a la población, lo que se traduce en un empeoramiento de la calidad de vida de esa generación y las siguientes, y por lo tanto, una posterior reducción demográfica. Esto es lo que se conoce como la Trampa Malthusiana (Casas, 2002).

Para no llegar a esa situación extrema, Malthus propone establecer medidas de control de la natalidad, y por consiguiente, de control de la población. Malthus se preocupa por que la tasa de regeneración de los recursos naturales sea más lenta que la tasa de crecimiento de la población, provocando la insostenibilidad del equilibrio natural, que afectará no solo al empeoramiento de los recursos sino también al de la sociedad.

Ricardo desarrolló su teoría de los rendimientos decrecientes continuando con la suposición de un stock fijo de oferta de recursos naturales, concretamente, de la oferta de tierra. Ricardo descubre que si se introduce adicionalmente mayor cantidad de trabajo y de capital para cultivar, dado el stock de tierra, el margen de beneficio por cada unidad producida será cada vez menor. Es decir, para una cantidad de tierra limitada aumentar la cantidad de trabajo y capital no aumenta la producción en la misma proporción sino que los incrementos de producción son cada vez menores de ahí el nombre otorgado (rendimientos marginales decrecientes). Ricardo demuestra que disminuye la productividad de los factores productivos lo que implica que no se producirá crecimiento económico a largo plazo.

Al contrario que sus compañeros economistas, John Stuart Mill considera el estado estacionario como un momento económico deseable, no como un problema, que el crecimiento económico desemboque en el estado estacionario supone alcanzar el equilibrio medioambiental. La única forma de alcanzar este estado es mediante avances tecnológicos capaces de mejorar la eficiencia agrícola, que subsanen además del problema de stock limitado, el de las tierras explotadas a tal extremo que han perdido calidad. Las nuevas tecnologías ayudarían a amplificar el crecimiento económico paulatinamente hasta alcanzar el estado estacionario.

Su intención de buscar un equilibrio económico con la naturaleza (desarrollo sostenible) hace que se le considere el primer economista preocupado por el ecosistema.

Entrando en el siglo XIX, se forman dos corrientes muy distintas entre sí: el marxismo y los neoclásicos, pero con un punto en común la “desnaturalización del discurso económico” (Ramos, 2005).

La controversia suscitada en el modo en el que Marx trata en sus grandes obras la problemática medioambiental (tanto él como Engels), se resume en una preocupación superficial al avanzar en su crítica al capitalismo, culpándolo de la gran explotación de los recursos naturales debido a que son de propiedad privada. Aunque aprecian la necesidad de estos recursos para llevar a cabo el proceso productivo, le conceden mayor importancia al trabajo, defienden que la fuerza laboral es la única capaz de generar valor (plusvalía) y no el capital o los recursos.

En cuanto al grupo de economistas considerados neoclásicos, se les define antropocéntricos puesto que destierran el papel de la naturaleza como simple recurso que *aporta utilidad potencial*, argumentaba Jevons (Mateo, 2015). Una de las contradicciones más significativas entre éstos y los marxistas, es que consideran el capital la fuente del crecimiento económico.

Entre los economistas más representativos destacan Walras, Jevons y Menger, conocidos por sus grandes aportaciones a la microeconomía, crearon una nueva forma de pensamiento económico denominada revolución marginalista. Rompen con la temática central abordada por los clásicos (el crecimiento económico a largo plazo) pero continúan con la opinión de que con la búsqueda del interés individual se alcanza el bienestar social óptimo, desarrollando conceptos como utilidad (basándose en las preferencias de los individuos) y margen (teoría de utilidad marginal).

Ya en el siglo XX, comienza la que se podría considerar “época dorada” de la economía ambiental, en sus primeras décadas surgen las teorías base para esta nueva rama de la economía, se empiezan a considerar cuales son los efectos tanto directos como indirectos del desarrollo de la economía sobre el patrimonio natural.

Aunque se considere que Hotelling no es uno de los precursores de esta rama, es destacable su notoriedad en este campo al formular matemáticamente su famosa regla en 1930, sobre el *principio básico de explotación de los recursos naturales no renovables*. No trata de calcular una solución matemática a los problemas medioambientales sino que microfundamenta la elección o nivel óptimo de extracción de un recurso agotable, mediante el establecimiento de precios predecibles, de ahí que se le degrade en importancia frente a los siguientes autores. Además, desenvuelve su regla partiendo de unos supuestos prácticamente utópicos: tener pleno conocimiento de las existencias del recurso en cuestión, conocer la demanda de generaciones futuras, etc.

Los “padres” de la Economía Ambiental son Pigou y Coase, al margen de sus contribuciones sobre la economía tradicional, se les otorga esta distinción por sus obras *La Economía del Bienestar* (1920) y *El Problema del Coste Social* (1960), respectivamente.

Pigou famoso por tratar de resolver los fallos de mercado, extrae sus ideas gracias a la definición de externalidad introducida por su profesor Marshall. El concepto de externalidad fue el pilar fundamental para desarrollar las teorías sobre regulación, no sólo desarrolladas por Pigou sino también las aceptadas hoy en día. Pero, por lo general, en los ensayos sobre historia del pensamiento económico-ambiental no se considera su contribución más allá de su influencia sobre su alumno. Marshall delimitó su concepto a externalidades positivas en la industria, mientras que Pigou amplió este concepto para las externalidades negativas que sufre el medio ambiente, definiendo la

externalidad como el efecto o consecuencia no evaluada económicamente del desarrollo de una actividad o acto, que puede resultar tanto positivo como negativo (Alfranca, 2012).

En el libro *La Economía del Bienestar* se fundamenta el impuesto pigouviano, nace de la búsqueda de un medio de compensación por la pérdida de bienestar social provocado por los fallos de mercado. Su idea: regular los niveles de contaminación mediante la intervención estatal con el establecimiento de impuestos cuyo valor equivalga al valor o coste de la externalidad negativa que genera esa actividad industrial. Es decir, cree que el único organismo capaz de llevar esa medida de control es el estado, y apuesta por que las empresas se hagan cargo de ese coste y así igualen su coste privado al social.

*“Lo que Pigou busca no es la intervención estatal como un fin en sí mismo, sino el impulso o la restricción de las inversiones para eliminar las divergencias entre el producto privado y el social” (Federico Aguilera Klink y Vicent Alcántara, 2011).*

Durante varias décadas esta teoría fue respaldada por los economistas, hasta que en 1960, Ronald Coase plantea una alternativa a la *tradición pigouvina*. Discute la necesidad de la intervención estatal para corregir las externalidades, cree que el mercado es capaz por sí solo de subsanar los problemas derivados de las externalidades. Afirma que el verdadero problema reside en la falta de definición de los derechos de propiedad, si estos estuviesen bien definidos mediante acuerdos voluntarios los agentes internalizarían los costes correspondientes, reduciendo el papel de las instituciones al del reparto de estos derechos (Ramos, 2005).

A pesar del acierto en la exposición del problema: la falta de definición de los derechos de propiedad, Coase ha sido duramente criticado debido a los supuestos iniciales que establece al elaborar su teoría. Estas críticas redundan en el propio cumplimiento de los supuestos propuestos, puesto que

- Las partes implicadas o son muchas o no son conocidas
- Existe información asimétrica
- En la realidad hay estructuras de mercado no competitivas

A pesar de que ambos autores son conocidos por teorías metódicamente opuestas, no podemos reducir sus ideales a aquellos por lo que son conocidos, puesto que Pigou no solo propone el intervencionismo estatal mediante el establecimiento de “impuestos a la contaminación”, sino que también apoya la negociación y los acuerdos bilaterales. Así mismo le sucede a Coase, a pesar de proponer la negociación reconoce lo costoso de su implantación, y al contrario de lo que se estipula como su modelo, no se opone a las leyes estatales, las cree necesarias para definir límites (Aguilera y Alcántara, 2011).

Entre 1960 y 1970 surgen con fuerza nuevos estudios de ámbito económico-ambiental que derivarán en nuevas disciplinas, las más conocidas: economía ambiental y economía ecológica. Su origen, la influencia de los primeros movimientos ecologistas en los países más industrializados, fundados tras los problemas derivados de las crisis energéticas de esas décadas, despertando inquietudes en la sociedad acerca del agotamiento de los recursos naturales (fósiles) utilizados para producir energía, se hace latente la imposibilidad de mantener este ritmo de crecimiento económico con el modelo energético establecido, o como dicen los ecologistas, esta sociedad de consumo. Se hacen cada vez más evidentes los efectos directos (cambio climático, desertización,...) de la contaminación presente y de la heredada (Revolución Industrial, tras la Segunda Guerra Mundial, etc.). Esto no quiere decir que antes no surgiesen este tipo de consecuencias, solo que es ahora cuando se demuestra cuál es su origen, y por ello, se trata de predecir los efectos futuros y corregirlos. Hay que tener en cuenta que el planeta

no solo es proveedor de recursos, sino que también funciona de catalizador de los residuos y emisiones producidos por la actividad económica.

Es a partir de entonces cuando se hace imprescindible desarrollar nuevos modelos de producción contrarios a los tradicionalmente de elevado impacto ambiental. Para regularlos e implantarlos, se hace indispensable el uso de las políticas medio ambientales, puesto que ha quedado demostrada la fuerte interdependencia entre el estado y el ecosistema, considerado como el bien público más puro posible (Colby, 1991).

Kneese (1964) propone incentivos monetarios para reducir la cantidad de emisiones. Dales (1968) influenciado por el Teorema de Coase, y posteriormente Montgomery (1972) desarrollando su teoría, aporta la idea de un mercado de licencias negociables, con un determinado stock de permisos de emisión sobre las toneladas de contaminación. Además, se formuló un sistema de incentivos, subsidios por cada unidad de contaminación reducida (Baumol, 1965). Aunque se demostró posteriormente que esta medida no es eficaz a largo plazo, pues incentiva la entrada de nuevas empresas a la industria lo que finalmente deriva en un aumento de la cantidad total de contaminación (Viladrich Grav, 2004).

La Conferencia en Estocolmo de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (1972) es la primera prueba de la dimensión mundial que alcanzó establecer los derechos de la naturaleza y reforzó la necesidad de intervención pública en la gestión ambiental. El informe *Los límites del crecimiento* presentado por el Club de Roma, una asociación con un objetivo común: concienciar a las clases políticas, recoge las inquietudes científicas de la decadencia ambiental causada por el crecimiento económico, aumentando la rapidez de la degradación ambiental hasta la extinción de algunos recursos (Meadows et al., 1972). Las críticas suscitadas sobre este informe tan pesimista, se deben a errores en los modelos incorporados y a que no considera la consecución de avances tecnológicos "verdes". Para acallar estas críticas, se lanzó un segundo informe titulado *Más allá de los límites del crecimiento* (1993), considerado un informe más cauto y realista respecto al anterior, sobre todo en sus predicciones sobre el agotamiento de los recursos.

En los 80, surge el término de desarrollo sostenible o eco-desarrollo enfrentándose a la necesidad de crecimiento de los países en desarrollo. Se introducen a los modelos ya desarrollados hipótesis de partida más realistas: información imperfecta o mercados no competitivos (Buchanan, 1984). Además surgen modelos de regulación mixta, es decir, intervención pública para determinar el volumen máximo de emisiones junto con un sistema de incentivos. Por otro lado, Bohm (1981) siguiendo la idea de Baumol y Oates (1975) para contrarrestar los problemas de financiación derivados del modelo de subsidios, sugirió un sistema de depósitos y subsidios, método que ha sido utilizado en la posteridad. Además, se extiende el sistema de mercado de emisiones, pero en vez de directamente a compradores privados, la venta se realiza por zonas geográficas. Junto a este método, la normativa más implantada es el control estatal, puesto que incentiva la innovación tecnológica para evitar las sanciones vía multas por exceder al volumen establecido (Prince 1989; Martin 1991).

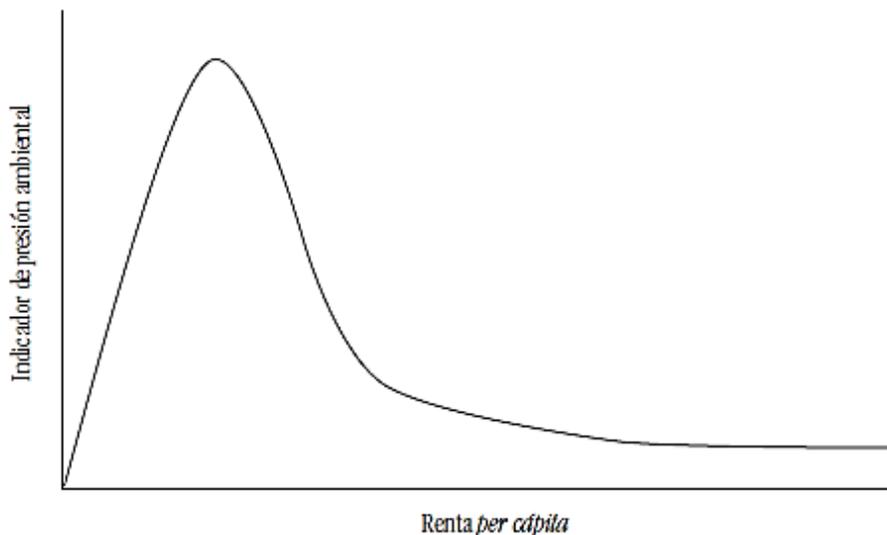
En los años noventa, se configuran todas estas metodologías a nivel internacional, debido a la relevancia que adquiere se cree necesario que sean organismos internacionales los que lleven el control, y que mediante acuerdos internacionales o cumbres se alcance la suficiente presión diplomática internacional para adoptar una mayor concienciación global (Viladrich, 2004).

El premio nobel en economía Simon Kuznets, en 1955 desarrolló la curva en forma de U invertida para justificar las desigualdades de renta que se producen en un país en desarrollo. Décadas más tarde, esta curva fue aplicada en otras áreas de la economía,

pero sin duda su aplicación más conocida es como Curva de Kuznets Ambiental. Se considera que es a partir de los noventa, gracias al desarrollo de indicadores ambientales y nuevas metodologías, cuando aparecen estudios especializados en esta teoría, destacando el Informe sobre el Desarrollo Mundial de 1992 del Banco Mundial.

Son tres fases las que se desarrollan en una economía, las cuales dan esa forma de U invertida. Una primera fase de bajo nivel de desarrollo, que apenas produce impacto ambiental debido a una actividad económica de subsistencia. La segunda fase de crecimiento económico intenso, desarrolla actividades de agricultura intensiva e industriales que provocan un mayor deterioro ambiental. Y la última fase de alto grado de desarrollo, en la que se reduce la degradación ambiental debido a los cambios tanto estructurales (terciarización) como tecnológicos, acompañados de cambios en las pautas de consumo a favor de la conservación ambiental (Labandeira, León y Vázquez, 2007).

Figura 1: La Curva de Kuznets Ambiental.



*Fuente: Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España. La Curva de Kuznets Ambiental y el Protocolo de Kyoto de Roca y Padilla, (2003).*

Pero en la evidencia empírica se demostró que solo determinados contaminantes que afectan en concreto a la salud y el bienestar humano cumplen esta relación, mientras que otros son irreversibles o no prioritarios en las políticas ambientales puesto que sus efectos se aprecian a largo plazo. (Roca y Padilla, 2003)

Algunos autores apoyan que dado el efecto oferta y demanda de mercado, la escasez de recursos no renovables implica el aumento de precio de los mismos, lo que provocaría la búsqueda de sustitutivos alternativos menos contaminantes (Torras y Boyce, 1998); en cambio se ha demostrado que esto puede derivar en el efecto contrario: que los sustitutivos sean más contaminantes o salga rentable explotar recursos en zonas que antes no eran rentables, y por lo general, zonas protegidas. Por eso, tanto las críticas como los apoyos hacia esta teoría, comparten un elemento común, es necesario el intervencionismo estatal para que se cumpla la relación descrita en la Curva de Kuznets Ambiental (CKA).

Esto se demuestra en 1992 con la Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Rio de Janeiro, se firmó la Convención Marco, en esta cumbre se dio el

paso definitivo al reconocimiento del cambio climático. Fue un documento de gran apoyo mundial, que posteriormente dio origen al Protocolo de Kioto, se cuestiona formalmente el establecimiento de límites al crecimiento, finalmente se apuesta por el desarrollo sostenible, que ya se propuso en 1987 en el Informe Brundtland. En la Declaración de Río se establecen tres normas como parte del compromiso, una de ellas, el principio de quien contamina paga, una política ambiental fiscal, que propone el pago de impuestos a aquellas industrias que superen unos estándares de calidad ambiental estipulados (Acquatella y Bárcena, 2005), internalizando así los costes de producir esas externalidades.

Cinco años más tarde (1997) se acuerda el Protocolo de Kioto, pero no es hasta 2005 cuando entra en vigor tras la incorporación de Rusia, con fecha límite en 2012 para cumplir el compromiso de reducir las emisiones globales de seis gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) en un 5,2% respecto a las de 1990. En total ratificaron el acuerdo 140 países de los cuales treinta eran países industrializados, los países considerados en desarrollo (como China) podrían comprometerse voluntariamente a reducir sus emisiones. A pesar de que Estados Unidos firmó el acuerdo, no lo ratificó alegando a las asimetrías en los compromisos, junto con el Canadá (abandonó posteriormente), Australia y otros países productores de petróleo (López, 2006).

Tabla 1: Compromiso de los países desarrollados en el Protocolo de Kioto.

<b>País o Región</b>	<b>% de reducción de 2012 respecto a 1990</b>
UE-15	-8
RUMANIA, SUIZA, BULGARIA, ESLOVAQUIA, ESLOVENIA, ESTONIA, LETONIA, LITUANIA, REP. CHECA	-8
EEUU	-7
JAPÓN, CANADÁ, HUNGRÍA, POLONIA	-6
CROACIA	-5
RUSIA, UCRANIA, NUEVA ZELANDA	0
NORUEGA	1
AUSTRALIA	8
ISLANDIA	10

*Fuente: Elaboración propia a partir de Economía ambiental de Labandeira, León y Vázquez, (2007).*

El problema en este tipo de acuerdos internacionales es que no se incentiva consecuentemente a los agentes que lo componen, puesto que para que un acuerdo así sea efectivo, el beneficio marginal del esfuerzo colectivo debe ser mayor que la recompensa que pueden obtener al actuar libremente. Al producirse el caso contrario, se producen desviaciones (p.e. EEUU), países que no apoyan estos acuerdos se aprovechan de los países que participan, estos países free-riders se comportan como “expertos en teoría de juegos”, analizando la mejor estrategia dentro de unas negociaciones que abocan al conocido dilema del prisionero. Aplicando esta teoría a los

acuerdos internacionales, los diplomáticos de cada nación deciden si cooperar con el resto de países y adherirse a tratados de reducción de emisiones en base a aprovechar las ganancias de competitividad frente a los países adheridos; puesto que estos deben enfrentarse a un elevado gasto en inversión en tecnologías más “limpias”, entre otros costes. Su decisión dependerá también de la temporalidad de los tratados, si tienen certeza sobre la duración del tratado o si habrá posteriores acuerdos, en este último caso es más probable que acepten el acuerdo (cooperar) (Jiménez, 2013).

Tabla 2: Matriz de pagos del “dilema de los países en el Protocolo de Kioto”<sup>3</sup>

		PAÍS Y	
		Cooperar	No cooperar
PAÍS X	Cooperar	8,8	0,10
	No cooperar	10,0	2,2

*Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de los apuntes de Teoría de Juegos. Pedro Álvarez Causelo. Universidad de Cantabria.*

El caso contrario es el ejemplo de la Unión Europea que cumplió con el compromiso, mediante un pacto interno entre los países que la componen, se realizó un sistema de reparto mediante la creación de un mercado de comercio de emisiones (similar al mencionado anteriormente) puesto que países como Noruega podían permitirse contaminar, mientras que otros como Alemania debían reducir drásticamente sus emisiones, lo que afectaría a su economía.

Asimismo, en la actualidad los economistas se centran en proponer formas para valorar el medio ambiente y así mediante el establecimiento de un precio, poder gestionar mejor los recursos, tanto su obtención como su posterior reciclaje, debido a su naturaleza pública el establecimiento de precios se cree la mejor medida para evitar su sobre explotación (Hardin, 1968: *La tragedia de los comunes*).

Teniendo en cuenta la amplia variedad de estudios disponibles en el presente, se procede a analizar la veracidad empírica de los modelos aportados por los autores citados, además de estudios econométricos de especial relevancia para el posterior modelo particular.

## 2.2. METODOLOGÍA

En este apartado se va a tratar de demostrar los efectos reales de la aplicación de los modelos explicados anteriormente, se cuantificará mediante estimaciones un modelo básico con el cual poder analizar la relación empírica entre las variables estudiadas utilizando datos reales de las economías mundiales. Por lo tanto, se pondrá a prueba si los hechos históricos, si con hechos se entiende las medidas políticas y los avances en los estudios económicos, han influido significativamente a una favorable evolución de los datos económicos hacia una realidad conservacionista con el mundo natural.

<sup>3</sup> Los pagos propuestos en la matriz son normalmente utilizados para explicar el dilema del prisionero, como se ve en los Apuntes de Teoría de Juegos. Tema 2: Juegos Estáticos (I). Dominancia y Racionalizabilidad.

El modelo que se aplica en este trabajo se basa en el modelo econométrico desarrollado por Díaz y Cancelo en 2010, tomando las emisiones de dióxido de carbono como variable dependiente se escogen las variables explicativas consideradas a priori influyentes sobre esa variable de estudio. Dada la necesidad de demostrar si se cumple la Curva de Kuznets Ambiental (teniendo en cuenta la limitación del periodo de estudio), resulta imprescindible considerar la variable renta. Además de esta, puesto que la contaminación se produce (mayoritariamente) debido a la producción de energía eléctrica, se consideran dos variables que midan el empleo de los recursos energéticos.

En el artículo Díaz y Cancelo (2010), analizan inicialmente cuatro técnicas de análisis de los componentes de las emisiones, para finalmente optar por el *Análisis de descomposición econométrico* debido a dos razones: la dificultad a la hora de conseguir datos desglosados (como así lo requieren las otras metodologías) para las variables relacionadas con el estudio medioambiental, y que permite examinar para varios países el rasgo común que culpable del desarrollo experimentado.

Siguiendo con la metodología de Bruyn et al., (1998), incorporan a su investigación la variable precios de petróleo para poder explicar con mayor facilidad las consecuencias de las crisis energéticas de la década de los setenta sobre las emisiones y con el fin de poder contrastar si el cumplimiento de la CKA que parece están tomando los países desarrollados, es a razón de esas crisis, o si realmente se ha producido un cambio sistemático en los modelos productivos que promueve las reducciones de emisiones, es decir, quieren probar si los países desarrollados ya se encuentran en el tramo decreciente de la CKA o es solo una "ilusión óptica" provocada por contracciones en el crecimiento económico a corto plazo (crisis).

Además incluyen la variable densidad de población, proponiendo un nuevo enfoque de investigación: dado que las zonas con mayor densidad de población son las más urbanizadas, se requiere probar si la influencia de las ciudades sobre las emisiones es positiva o negativa. Es decir, si las urbes promueven un desarrollo sostenible debido a la mayor capacidad de presión política o por el contrario prolifera la contaminación debido al aumento del uso de los medios de transporte, del incremento de energía para alimentar los distintos instrumentos electrónicos, entre otras actividades contaminantes.

Por último, utilizan una variable capaz de medir el peso del uso de la energía nuclear sobre el consumo total de energía, puesto que con la llegada de estas crisis energéticas causadas por el aumento de los precios de los combustibles fósiles, se produce un cambio en el suministro de energía. La energía nuclear se convierte en la fuente de energía más desarrollada en países "avanzados" como Francia o Suecia, esto explicaría porque en estos países se producen incrementos del PIB acompañados de reducciones de emisiones, pero no por ello de mejoras en la calidad ambiental.

Es esta última variable la que más se tiene en consideración (junto con la variable PIB per cápita) a la hora de elaborar este ensayo pero debido a la escasa disponibilidad de datos la variable aquí dispuesta difiere de la propuesta por los autores mencionados, aun así se tendrá en cuenta la similitud en una posterior comparación.

El siguiente modelo representa el propuesto por Díaz y Cancelo (2010):

$$dln E_{j,t} = \beta_{0,j} + \beta_{1,j} dln PIBH_{j,t} + \beta_{2,j} ln PIBH_{j,t-1} + \beta_{3,j} TCNUEC_{j,t} + \beta_{4,j} ln POBKM_{j,t} + \beta_{5,j} dln PREOIL_{j,t}$$

Sin entrar en mayor profundidad en la explicación, E representa las emisiones per cápita siendo CO<sub>2</sub>H cuando trate las emisiones de CO<sub>2</sub> y SUH cuando represente las emisiones de azufre; PIBH es el PIB pc, la razón de que esta variable aparezca dos veces es porque en primer término se analiza la tasa de crecimiento del PIB pc y después, los valores que toma la renta per cápita; NUec el peso de la energía nuclear sobre el consumo de energía primaria, puede ser igual o distinta de cero, cuando



$u_{it}$ , es el término de error o perturbación de la regresión.

Y siendo:

$i \equiv$  número que le corresponde a cada país seleccionado

$t \equiv$  año concreto dentro del periodo observado

Respecto a los parámetros o coeficientes a estimar:

$\beta_0$  es el término constante, representará los cambios en las emisiones producidos por condiciones distintas a las consideradas en las variables explicativas, como puede ser cambios estructurales o económicos. Se espera que tome un valor significativamente menor que cero (negativo), lo que implicaría que los *cambios tecnológicos exógenos* reducen significativamente las emisiones (Díaz y Cancelo, 2010).

$\beta_1$  es el coeficiente que demuestra la relación existente entre el crecimiento económico y las emisiones contaminantes, dependiendo del valor que adquiera este parámetro podremos contrastar si se cumple la Curva de Kuznets Ambiental.

Si  $\beta_1 < 0$  quiere decir que el crecimiento económico influye negativamente sobre las emisiones, las reduce. El desarrollo económico produce cambios estructurales (Arrow et al, 1995), como pueden ser innovaciones tecnológicas o cambios en la distribución de la actividad económica hacia sectores menos contaminantes, como ha ocurrido históricamente con la base de la economía desde la industria hacia el sector servicios. Además, de influir en la concienciación ambiental, considerado el medio ambiente como un bien de lujo (Jaeger, 1998).

Si  $\beta_1 > 0$  redundaría en el efecto contrario, es decir, el crecimiento económico influye positivamente sobre las emisiones, las incrementa. Esto indica que el crecimiento económico interviene sobre la política (en concreto, medioambiental) volviéndola más laxa en su preocupación ecológica, y por tanto, más afín al crecimiento tradicional basado en aumentos en la cantidad de producción, sin reparar en la consecuencia sobre la calidad ambiental.

$\beta_2$ , en el caso de este coeficiente, el valor lógico que debería adoptar es positivo puesto que la variable que representa implica aumentos de las emisiones, ya que un aumento en el consumo de energía eléctrica producida por la combustión de recursos fósiles supone un incremento de las emisiones atmosféricas contaminantes (tanto dióxido de carbono como azufre u otras). En el caso de obtener un valor negativo se obtendría un resultado contra-intuitivo, que sólo se podría explicar por fallos en la especificación del modelo o en los propios datos proporcionados para la variable.

$\beta_3$ , con este parámetro ocurre lo contrario que con el coeficiente anterior, el aumento del consumo de energías "limpias" debería reducir la cantidad de emisiones, por lo tanto, correspondería que su valor fuese negativo. Se ha de tener en cuenta en este análisis que aumentos en esta variable producen reducciones en las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero no por ello reducciones en los niveles de contaminación puesto que incluye la energía nuclear. Por eso, en el caso de que el coeficiente resulte mayor que cero se debería a un error en el cálculo de

esta variable, aunque haya sido generada a partir de otras variables obtenidas de bases de datos fiables.

### 2.2.2 Datos

Las variables obtenidas inicialmente desde la base de datos proporcionada por el Banco Mundial son:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita)
- PIB pc PPA (dólares a precios constantes de 2005)
- Consumo de energía eléctrica (kilovatio-hora pc)
- Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total)
- Población total

Se escoge el periodo 1990-2010, principalmente porque al ser unos años relativamente recientes hay mayor disponibilidad de datos, pero también se debe a que en este periodo se puede comprobar si surge variabilidad en los datos debido al Protocolo de Kioto (1997, 2005) o la crisis financiera mundial (2007), entre otros acontecimientos. En cuanto a los países de estudio, se seleccionan a priori todos los disponibles en la base de datos (215 países), pero se rechazan aquellos países para los cuales no se dispone de información en la variable *Emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita)*, tras este primer filtro nuestra base se compone de 196 países.

Dada la disponibilidad de casi todas las variables en términos per cápita, realizamos una transformación en la variable Consumo de energía procedente de combustibles (% del total). Gracias a que disponemos del Consumo de energía eléctrica (total per cápita) y de Población total con los cálculos pertinentes obtenemos la variable deseada: *Total consumo de energía procedente de combustibles fósiles (per cápita)*.

Además, a la variable Consumo de energía eléctrica (kWh pc) la restamos esta última variable obtenida para poder obtener: *Consumo de energía "limpia" (per cápita)*. Se ha de aclarar la razón de apostillar la palabra limpia en este tipo de energía, con la terminología de energía limpia se refiere a energía que no produce emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que en ella no sólo se incluyen energías alternativas procedentes de recursos renovables como puede ser la energía solar o hidroeléctrica, sino que también se incluye la energía nuclear, que a pesar de no contaminar produciendo emisiones si genera residuos tóxicos.

Tras estos cálculos mencionados, las variables restantes que posteriormente se analizaran son:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita)
- PIB pc PPA (dólares a precios constantes de 2005)
- Total consumo de energía procedente de combustibles fósiles (per cápita)
- Total consumo de energía limpia (per cápita)

Debido a la falta de disponibilidad de información en algunos países para estas variables, se eliminan los países que no aportan información en tres o más variables, pero valorando en la toma de la decisión si se trata de un país con relevancia internacional. Tras este segundo filtro la muestra se compone de 176 países y 21 periodos, debido también a la escasa información disponible para años anteriores a 1990.

Recopilados los datos definitivos se procede a realizar el logaritmo neperiano de las cuatro variables, para facilitar la interpretación posterior de los datos mediante variaciones porcentuales.

Por último, como se va a utilizar el programa Gretl para obtener los estimadores del modelo propuesto no se pueden presentar las variables para cada país y cada año en columnas verticales, ya que el programa no reconoce palabras, por lo que se asigna a cada país un número. Para ello, trasponemos los datos en orientación horizontal para cada correspondiente año y para cada país-número, es decir, en la primera columna se disponen los números del 1 al 176 en representación a los países de la muestra, cada número se repite 21 veces debido a que son 21 los años estudiados. En la segunda columna, los años desde 1990 hasta 2010 para cada país (por lo tanto, esos años se repiten 176 veces). En la tercera columna, la variable dependiente en logaritmo neperiano y en las otras tres columnas, el neperiano de las variables explicativas.

### 2.2.3 Aplicación

Al importar la muestra en el programa Gretl, se indica que la muestra es un conjunto de datos de panel organizado en series temporales apiladas con 176 unidades de sección cruzada observadas durante 21 periodos.

A pesar de que la muestra en datos de panel ofrece mayor información sobre las distintas variables y su evolución en el tiempo, debido a la sencillez del modelo propuesto (sólo tres variables explicativas), puede darse un problema, que las variables independientes analizadas estén correlacionadas con el error aleatorio, lo que implica un error de especificación en la regresión al omitir variables relevantes, en este caso el estimador proporcionado será inconsistente (Montero, 2011).

Para solucionarlo se estima el modelo de datos de panel por efectos fijos y efectos aleatorios, gracias al test de Hausman se escogerá un modelo u otro, a partir del siguiente contraste:

$$\left[ \begin{array}{l} H_0: \text{estimador MCG es consistente} \\ H_1: \text{en caso contrario} \end{array} \right.$$

Al ejecutar en Gretl la estimación del modelo de efectos aleatorios, realiza automáticamente el contraste de Hausman aportando tanto el valor crítico como el p-valor. En este caso se obtiene un p-valor menor a 0,05 (Figura 1), implicando el rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ). A pesar de que el modelo de efectos aleatorios proporciona una estimación con menor variabilidad, como el estimador MCG es inconsistente se elige el modelo de efector fijos.

Por esa razón, se excluye de nuestro análisis el modelo de efectos aleatorios, el cual se muestra a continuación.

Figura 2: Modelo de efectos aleatorios.

Modelo 1: Efectos aleatorios (MCG), utilizando 2508 observaciones  
 Se han incluido 129 unidades de sección cruzada  
 Largura de la serie temporal: mínimo 3, máximo 21  
 Variable dependiente: LnEmisionesCO2

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-3.45964	0.141717	-24.41	2.96e-118 ***
LnPIBpc	0.179151	0.0199639	8.974	5.49e-019 ***
LnEnergiadefosil~	0.471960	0.0119421	39.52	6.91e-266 ***
LnEnergialimpia	-0.0864726	0.00644673	-13.41	1.14e-039 ***
Media de la vble. dep.	0.869819	D.T. de la vble. dep.	1.455679	
Suma de cuad. residuos	549.7191	D.T. de la regresión	0.468454	
Log-verosimilitud	-1655.335	Criterio de Akaike	3318.669	
Criterio de Schwarz	3341.978	Crit. de Hannan-Quinn	3327.130	

Varianza 'dentro' (Within) = 0.0252594  
 Varianza 'entre' (between) = 0.12287  
 $\text{corr}(y, \hat{y})^2 = 0.927246$

Contraste de Breusch-Pagan -  
 Hipótesis nula: Varianza del error específico a la unidad = 0  
 Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado(1) = 14111.3  
 con valor p = 0

Contraste de Hausman -  
 Hipótesis nula: Los estimadores de MCG son consistentes  
 Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado(3) = 113.21  
 con valor p = 2.23573e-024

*Fuente: Elaboración propia mediante el programa Gretl.*

## 2.2.4. Resultados

El modelo de datos de panel de efectos fijos estimado en Gretl seleccionado puesto que proporciona un estimador consistente es el siguiente.

Figura 3: Modelo de efectos fijos.

Modelo 2: Efectos fijos, utilizando 2508 observaciones

Se han incluido 129 unidades de sección cruzada

Largura de la serie temporal: mínimo 3, máximo 21

Variable dependiente: LnEmisionesCO2

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-2.82218	0.150819	-18.71	5.37e-073 ***
LnPIBpc	0.134331	0.0211576	6.349	2.59e-010 ***
LnEnergíadefosil~	0.435093	0.0130285	33.40	8.02e-201 ***
LnEnergíalimpia	-0.0834780	0.00753506	-11.08	7.56e-028 ***
Media de la vble. dep.	0.869819	D.T. de la vble. dep.	1.455679	
Suma de cuad. residuos	60.01640	D.T. de la regresión	0.158932	
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.988702	R-cuadrado 'intra'	0.484752	
F(131, 2376) MCVF	1587.291	Valor p (de F)	0.000000	
Log-verosimilitud	1122.011	Criterio de Akaike	-1980.023	
Criterio de Schwarz	-1210.827	Crit. de Hannan-Quinn	-1700.814	
rho	0.668180	Durbin-Watson	0.533806	

Contraste conjunto de los regresores nombrados -  
 Estadístico de contraste: F(3, 2376) = 745.124  
 con valor p = P(F(3, 2376) > 745.124) = 0

Contraste de diferentes interceptos por grupos -  
 Hipótesis nula: Los grupos tienen un intercepto común  
 Estadístico de contraste: F(128, 2376) = 93.0119  
 con valor p = P(F(128, 2376) > 93.0119) = 0

Fuente: Elaboración propia mediante el programa Gretl.

Una de las ventajas que presta Gretl es informar del nivel de significatividad individual de las variables que explican el regresando mediante asteriscos al lado de su p-valor, facilitando en la estimación no tener que realizar los correspondientes contrastes.

$$\begin{cases} H_0: \beta_i=0 \\ H_1: \beta_i \neq 0 \end{cases} \quad \forall i=0, 1, 2, 3$$

Asigna tres asteriscos a los estimadores que son estadísticamente significativos al 1 por ciento, dos asteriscos si son significativas individualmente al 5% y un asterisco si sólo lo son al 10% (Cal y Verdugo, 2014).

Como se aprecia en la captura de pantalla añadida, todos los coeficientes incluidos en la regresión son significativos al diez, cinco y uno por ciento, en todos los parámetros el p-valor es menor al mínimo nivel de significatividad ( $\alpha=0,05$ ). Otra forma de expresar este resultado, se puede estar al 99% seguro de que los parámetros no toman un valor 0, por lo que las variables de estudio son eficaces para explicar la variable dependiente.

Concluido que las variables son útiles para explicar los valores que toma la variable emisiones, ahora se comprobará si el valor que adoptan los coeficientes es el esperado.

$\beta_0$  toma el valor -2,82, ese valor del término constante se interpreta como la variación porcentual que sufre las emisiones cuando las tres variables (Ln PIBpc, Ln Energíadefósilespc y Ln Energíalimpiapc) son cero. En resumen, cuando no se producen variaciones en las variables explicativas las emisiones per cápita se reducen un 2,82 por ciento.

Que  $\beta_1$  sea positivo e igual a 0,13 quiere decir que cuando el PIB per cápita aumenta en uno por ciento las emisiones per cápita también aumentan, pero lo hacen menos que proporcionalmente, aumentan un 0,13%, *ceteris paribus*. Extrapolando este resultado a nuestra hipótesis de partida, se podría decir que el crecimiento económico incrementa la contaminación (las emisiones atmosféricas) para la muestra seleccionada durante el periodo estudiado. Este resultado contradice la relación en forma de U invertida entre emisiones y renta per cápita, pero tampoco se llega a corresponder con el efecto escala (Díaz y Cancelo, 2010), puesto que aunque las emisiones aumentan cuando lo hace la renta no lo hacen en la misma proporción. La posible razón de esta contracción en este resultado es el corto periodo temporal utilizado.

$\beta_2$  es positivo, relación que ya se intuía anteriormente, puesto que quiere decir que ante una variación del uno por ciento en el consumo de energía eléctrica pc producida por combustibles fósiles se produce una variación positiva del 0,435% de las emisiones, *ceteris paribus*.

$\beta_3$  es negativo e igual a -0,08, resultado lógico que se transcribe como: ante un incremento de un uno por ciento en el consumo de energía eléctrica pc producida por energías limpias (alternativa y nuclear) las emisiones de dióxido de carbono se reducen un 0,08%, *ceteris paribus*.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Díaz y Cancelo (2010), se obtienen claras diferencias y escasas similitudes. La primera diferencia a destacar es que al realizar el test de Hausman este indica que es mejor estimar el modelo de datos de panel por efectos aleatorios.

En cuanto al término constante ( $\beta_0$ ), el cual representa el “progreso técnico exógeno” recoge un resultado contra-intuitivo, puesto que tiene valor significativamente positivo contrario al obtenido en este modelo.

Otra contradicción se encuentra en la variable PIB pc. La renta nacional per cápita en su modelo es significativamente menor que cero al contrario que en este modelo, mientras que si es el crecimiento del PIB pc el que influye positivamente. La explicación que proponen ante esta contradicción es que un ritmo de crecimiento alto puede producir un incremento de las emisiones que supere el efecto reductor de las emisiones provocado al alcanzar un determinado status económico.

La única similitud se dispone en el signo obtenido para el peso de la energía nuclear sobre el consumo de energía primaria<sup>5</sup>, esta variable toma un valor significativamente negativo al igual que ocurre con la variable gemela de este modelo (Consumo de energía limpia). Además, como se ha mencionado anteriormente los autores resaltan el papel de esta variable sobre el medioambiente, puesto que esta forma de energía aunque no produzca emisiones no por ello resulta beneficiosa.

Destacar por último, que en su modelo estimado resultan no significativas las variables densidad de población y precios del petróleo. La primera debido a como se comentó anteriormente, que las emisiones de carbono no tienen efectos directos sobre el bienestar de la población con lo que los individuos no son totalmente conscientes de sus efectos a largo plazo, y la segunda debido a la inelasticidad precio del petróleo en el corto-medio plazo. Para el modelo de emisiones de azufre de Díaz y Cancelo (2010) esta última variable (precios del petróleo) es significativamente mayor que cero, lo que indica que ante incrementos del precio del petróleo se buscan sustitutos más baratos y más contaminantes. Concluyen de esto, la importancia de una política medio ambiental correcta, puesto que un incremento del precio de estos recursos energéticos puede

---

<sup>5</sup> Energía primaria: toda forma de energía suministrada por la naturaleza que no ha sido transformada.

repercutir en la búsqueda de sustitutivos más contaminantes, generando un resultado totalmente contrario al deseado.

La conclusión extraída por Díaz y Cancelo, a criterio del autor, más relevante en su artículo de 2010, es que observan las reducciones de las emisiones experimentadas durante las crisis energéticas y concluyen que no se deben a un “efecto precios” sino en consecuencia del “efecto crisis”, esto quiere decir, dada la fuerte dependencia del consumo del petróleo las crisis energéticas no provocaron una drástica reducción de demanda de este bien como era de esperar, y como consecuencia de ello una reducción de emisiones, sino que la causa de esa disminución es la crisis económica derivada de la energética, que provocó una disminución de la actividad económica y un ahorro energético (al menos durante la segunda crisis de 1979, como medida de prevención dada la experiencia de la anterior).

### 2.3. LOCALIZACIÓN DE LAS EMISIONES

Según los resultados obtenidos en el modelo econométrico en los años analizados, en periodos de crecimiento económico se producen aumentos de la contaminación, a nivel per cápita. Lo que se tratará de analizar en este apartado es, si se cumple esta última afirmación a escala global y cuáles son las diferencias entre las distintas regiones geográficas, sin hacer distinción en la cantidad de población.

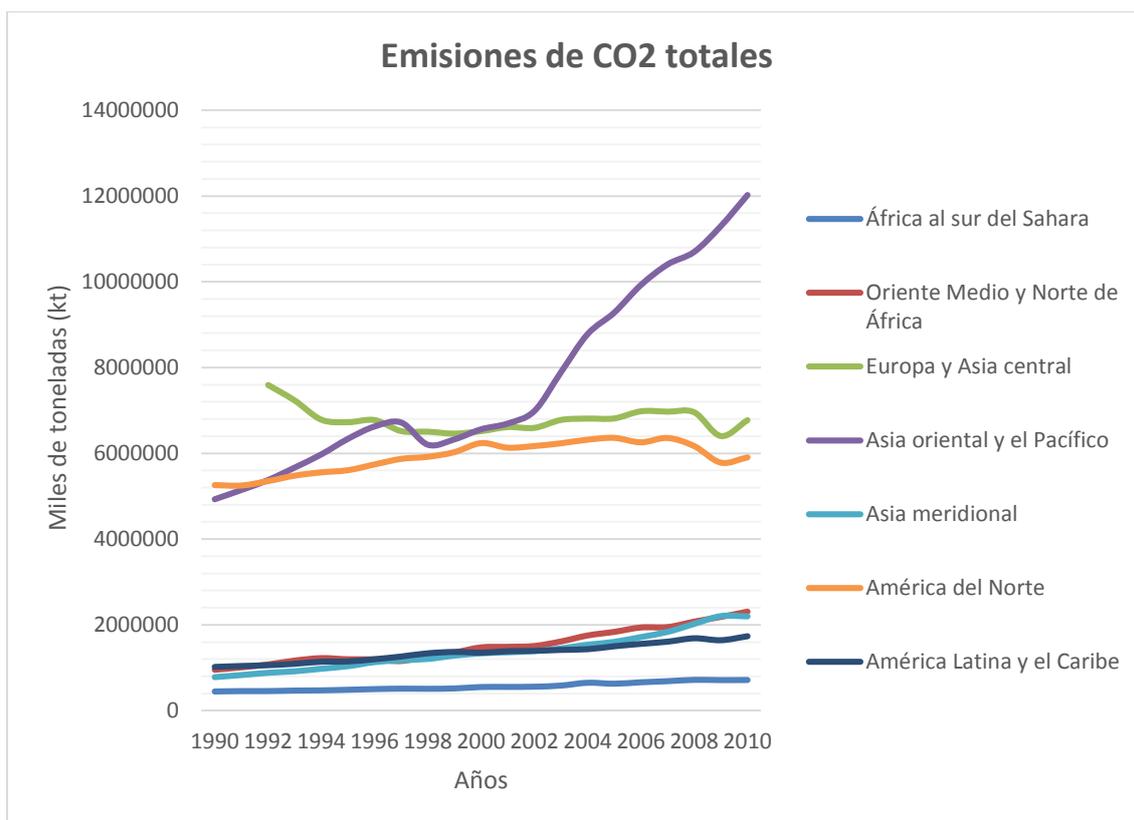
En esta ocasión se trata de imitar parte del artículo *Análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo* de Alcántara y Padilla (2006). En el mencionado artículo, los autores realizan un gráfico con el que poder diferenciar las emisiones según el área geográfica prestándole mayor importancia en la división al criterio económico en vez de geográfico, para después realizar comparaciones entre países comprometidos con el Protocolo de Kioto y países no firmantes. Se observa un período clave en el estudio medioambiental, ya que para los años 1971-2001 se contemplan los efectos de las dos grandes crisis energéticas, la caída de regímenes autoritarios y la proliferación de otros, o la mejora del comercio internacional como desenlace del proceso de globalización. A partir de ese primer gráfico particularizan para cada división, analizando objetivamente el grado de cumplimiento del objetivo marcado en el Protocolo de Kioto, esta última parte es la que apenas se va a tratar.

Desde la misma base de datos proporcionada por el Banco Mundial, se ha obtenido la variable emisiones de dióxido de carbono, pero medido en miles de toneladas para siete regiones, la razón de esta división geográfica es que es la ofrecida por la base de datos utilizada:

- África subsahariana
- Oriente Medio y Norte de África
- Norteamérica
- Sudamérica
- Europa y Asia Central
- Asia Meridional
- Asia Oriental y el Pacífico

Se realiza a continuación, un gráfico de líneas puesto que es el más eficaz a la hora de resaltar la evolución temporal.

Figura 4: Gráfico de líneas sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> totales.



Fuente: *Elaboración propia en Excel a partir de datos del Banco Mundial.*

Considerando los mismos años que en el apartado anterior, desde 1990 hasta 2010, a excepción de Europa y Asia central para los cuales se dispone de datos a partir de 1992, las emisiones de CO<sub>2</sub> siguen una paulatina tendencia creciente, ensombrecida por el gran incremento de las emisiones en Asia oriental y el Pacífico desde el año 2002.

A simple vista (Figura 3), parece que solo dos regiones han cambiado esa trayectoria creciente: Europa y Asia central y América del Norte. Para contrastar esta afirmación, se ha realizado un cuadro resumen (Tabla 3 en el Anexo) realizando la diferencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre el último año y el primero.

Verdaderamente solo Europa y Asia central han reducido sus emisiones totales, una posible explicación, a priori, de esta reducción es la deslocalización de los procesos productivos más contaminantes hacia países o zonas con leyes ambientales más permisivas (además de con menores costes de producción) (Cerdá Tena, 2009). Precisamente, las nuevas localizaciones escogidas para estas actividades contaminantes coinciden con las zonas en la que más han aumentado las emisiones, siendo la más destacable: Asia oriental y el Pacífico. En veintiún años, esta zona ha triplicado las emisiones, disfrutando a su vez de una expansión económica de la que da buen ejemplo de ello China.

A pesar de que China en 1997 se adhirió al Protocolo de Kioto, en aquellos años era considerado un país en desarrollo por lo que no tenía obligación de reducir sus emisiones (cumplir con las cuotas), estas entre otras ventajas comparativas motivaron el aumento de la inversión extranjera directa, que junto al superávit de su balanza comercial ha hecho que este país se situó entre las mayores potencias económicas mundiales en apenas unas décadas. En 1990, China estaba en 15º puesto en el ranking

de países exportadores, pasando en 2010 al primer puesto (si incluimos la península de Hong Kong, Tabla 4 en el Anexo). En cuanto al ranking de países emisores de CO<sub>2</sub>, en 1990 se sitúa en el segundo puesto por detrás de EEUU, pero en 2010 pasa a ocupar el primer puesto (Tabla 5 en el Anexo). Este entre otros países asiáticos, es un alarmante ejemplo de que el desarrollo económico conlleva al aumento de las emisiones contaminantes.

Destacar la tendencia casi paralela que siguen las emisiones en América del Norte y Europa y Asia central. Aunque, en principio resulta extraño el hecho de que la línea que representa América del Norte se sitúe por debajo, puesto que EEUU es el país tradicionalmente más contaminante del mundo, esto se debe a que la región propuesta en la base de datos incluye Europa y Asia central.

En el caso euroasiático se aprecian reducciones de las emisiones intercaladas con ligeros aumentos, esta oscilación está justificada por la inestabilidad política en los primeros años de estudio (la caída del muro de Berlín y la división de los países que formaban la URSS), y los acuerdos políticos con la entrada en vigor de las cuotas establecidas en el Protocolo de Kioto. Esta última razón se refiere a las diferencias de emisiones entre países cuando se adhieren al pacto, puesto que había países como Alemania que debían reducir sus emisiones para adaptarse al acuerdo, y otros como España o Irlanda, durante esos primeros años emitían por debajo del máximo acordado. El problema de países como España con margen de actuación, es que en los años posteriores acaecieron un desarrollo económico acompañado de un incremento de las emisiones, situándose ahora muy lejos de cumplir el compromiso de Kioto (Alcántara y Padilla, 2006). A pesar de esto en el año 2010 es la única región que ha visto reducidas sus emisiones totales con respecto al año de partida (1990).

Mientras que el aumento de las emisiones en los países asiáticos está legitimado por la necesidad de desarrollo económico, el caso norteamericano en 1990 la región más contaminante, y en concreto de Estados Unidos, continua una tendencia creciente injustificable desde este punto de vista. Puesto que siendo la mayor potencia mundial (país con mayor PIB), apenas muestra interés en desarrollar nuevas tecnologías menos contaminantes (ignorando la hipótesis de Porter, 1995), además de no comprometerse con el acuerdo del Protocolo de Kioto.

La única reducción de las emisiones constatable en este gráfico sucede en el año 2007 como consecuencia de la crisis financiera de origen estadounidense, de ahí la caída que experimenta esta región y Europa y Asia central, contagiados debido a la dependencia económica que ejerce sobre su economía, especialmente en el mercado financiero.

Por debajo de estos niveles de emisiones se encuentran casi superpuestas las líneas que representan a América Latina y el Caribe, Asia meridional y Oriente Medio y el norte de África. No es de extrañar esta similitud debido a que en estas regiones se encuentran países cuya actividad económica principal se deriva de la extracción de combustibles fósiles, es decir, su riqueza se debe a su patrimonio natural (Venezuela o Arabia Saudí). Como principal país representante de Asia meridional y perteneciente a los BRICS, India también ha incrementado sus emisiones como consecuencia del desarrollo económico experimentado similar al caso chino (aunque no al mismo nivel, se asemeja en el proceso llevado a cabo).

En último lugar se encuentra el África subsahariana, con un nivel de emisiones acorde a su nivel económico, dado el bajo grado de desarrollo de las economías que componen esta región era de esperar esa diferencia de emisiones respecto a las economías en desarrollo y desarrolladas.

### 3. CONCLUSIONES

Se ha de empezar puntualizando que la respuesta común en la mayoría de los estudios observados, y en el propio, es que el mercado por sí solo no gestiona eficientemente los recursos disponibles, el desarrollo económico no se relaciona inversamente con la contaminación en el largo plazo. La relación mostrada por la Curva de Kuznets Ambiental, solo se produce para algunos contaminantes y en algunos casos incluso se relaciona en forma de N (Catalán, 2014).

En el modelo econométrico estimado en este trabajo se obtiene una relación positiva entre el crecimiento económico per cápita y las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, en concreto, se obtiene  $\beta_{\text{LnPIB pc}} = 0,134$  por lo que las emisiones de dióxido de carbono pc aumentan en un 13% ante incrementos de la renta pc del 100%. Este resultado es refutado después por el gráfico representativo de la evolución de las emisiones totales, demostrando que sería necesario encontrar otra variable explicativa que si se relacione negativamente.

Aunque no se estudia implícitamente dentro de la variable renta per cápita, se confluye la idea de que los incrementos de los ingresos de las familias provocan cambios de mentalidad en la sociedad, primero mediante cambios en los hábitos de consumo, modificando sus preferencias hacia bienes más respetuosos con el medio ambiente, y después debido a que, por lo general, estos incrementos de la renta suelen ir ligados a una mayor capacidad de presión política hacia políticas ambientales más estrictas. En otros trabajos utilizan la variable densidad de población (Díaz y Cancelo, 2010) para cuantificar según el valor que tome esa variable, si las urbes producen esos efectos de concienciación social o por el contrario, contribuyen al aumento de la contaminación debido a un nivel de vida pro-consumo.

La influencia de los consumidores unida a las políticas ambientales implantadas, generan modificaciones en los procesos de obtención y suministro de energía. Por lo que, al usar en el modelo las variables consumo de energía eléctrica producida por combustibles fósiles y consumo de energía eléctrica proveniente de energía nuclear y alternativa, se comprueba la evolución de estos dos tipos de procesos, tanto las variaciones en la demanda como la apuesta y contribución del país para el desarrollo de estas nuevas alternativas más “limpias”.

Los resultados obtenidos, gracias al apoyo de los estudios econométricos consultados que han servido de base para la elaboración del modelo propuesto en este trabajo, junto con el breve repaso sobre la evolución del pensamiento económico, ha contribuido a la elaboración de una opinión personal sobre una posible mejor actuación institucional ante esta realidad alarmante que es el cambio climático.

Dada la condición de bien público más puro, es necesario definir claramente los derechos de propiedad sobre la naturaleza (Coase, 1960). El método de política ambiental hasta ahora utilizado es la gestión nacional de los recursos y el control internacional sobre las emisiones, aunque parece no obtener los resultados esperados debido a un relajamiento de los términos o condiciones, sin duda se puede afirmar que esta metodología es la más adecuada.

La administración ambiental a nivel nacional a priori parece más eficaz para regular las externalidades negativas provocadas por las actividades económicas, puesto que facilita la toma de medidas como impuestos por cada unidad de contaminación superior al máximo establecido (el que contamina paga, como sistema de internalización de los costes externos generados), un sistema de subsidios a las inversiones en avances tecnológicos menos contaminantes o el establecimiento de mercados de emisiones a través de cuotas. Todos estos métodos propuestos en los años sesenta y setenta por economistas como Kneese, Montgomery o Baumol, se han experimentado

posteriormente sobre la economía real, resultando en algunos casos decisivos en las reducciones de emisiones. En cuanto al control internacional, como por ejemplo se acuerda en el Protocolo de Kioto, es necesario un organismo imparcial capaz de controlar el grado de cumplimiento del compromiso y de imponer sanciones por el incumplimiento de países, que no se comprometen y se comportan como polizones (free-riders).

Finalmente se quiere ofrecer como recomendación dos posibles medidas de mejora sobre la regulación ambiental, puesto que se cree necesario una mayor exigencia y control por parte de las administraciones públicas.

Puesto que el sistema de incentivos mediante subvenciones ha demostrado no ser eficiente a largo plazo, debido a que afecta en gran medida al presupuesto de gasto de los estados, se propone una reducción fiscal apropiada para aquellas empresas que hayan cumplido durante un amplio periodo con certificados de gestión ambiental tipo la normativa ISO 14000.

Por otro lado, se propone la aplicación de sanciones no monetarias, que obliguen a las empresas a realizar una importante inversión en nueva tecnología y cambio en la estructura de producción hacia modelos energéticos más sostenibles. Como un intento de promover en primera instancia cambios significativos internos en las empresas, aumentando así el coste de oportunidad de las grandes empresas más contaminantes cuya estrategia ante posibles sanciones es el pago de la multa para continuar con su actividad normal.

Aunque las medidas anteriores en primera instancia repercuten sobre el productor, particularmente al sector industrial, posteriormente afectaran al precio de mercado y por tanto sobre los consumidores. Como opinión personal, es el grueso de la población (en particular, individuos de países desarrollados) el que debe realizar un mayor esfuerzo en la protección ambiental, este cambio económico no es solo responsabilidad de las grandes corporativas. Por ello, la política medio ambiental debe promover iniciativas a favor de la reducción de los residuos y de mayor implicación hacia el reciclaje en los hogares. Uno de los mejores ejemplos, sin duda, son las máquinas de reciclaje con incentivos, cuyo funcionamiento consiste en depositar latas, plástico o aceite a cambio de una compensación monetaria. El uso de este tipo de reciclaje con incentivos (aun siendo una cantidad simbólica) promueve más eficazmente la gestión de los residuos que a través del servicio de recogida de basuras tradicional.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros y materiales docentes:

ACQUATELLA, Jean; BÁRCENA, Alicia (2005): *Política fiscal y medio ambiente: bases para una agenda común* [en línea]. United Nations Publications. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.cepal.org/fr/node/18970>

AGUILERA KLINK, Federico; ALCÁNTARA, Vicent (1994): *De la economía ambiental a la economía ecológica* [en línea]. Barcelona. Icaria/Fuhem. Edición electrónica revisada, 2011. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Actualidad/2011/Aguilera-Alcantara.pdf>

ÁLVAREZ CAUSELO, Pedro (2013): *Teoría de Juegos. Tema 2: Juegos Estáticos (I). Dominancia y racionalizabilidad* [en línea]. Santander: Universidad de Cantabria. P. 6-10. [Consulta: Septiembre 2015]. Materiales docentes. Disponible en:

<http://ocw.unican.es/ciencias-sociales-y-juridicas/teoria-de-juegos>

CAL BOUZADA, M<sup>a</sup> Isabel; VERDUGO MATÉS, M<sup>a</sup> Victoria (2014): *Guía de introducción a la econometría utilizando Gretl* [en línea]. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. [Consulta: Septiembre 2015]. ISBN-13: 978-84-16036-47-9. Disponible en:

<http://www.eumed.net/libros-gratis/2014/1392/index.htm>

CANTILLON, Richard (1950): *Ensayo sobre la naturaleza del comercio en general* [en línea]. Edición: Fondo de cultura económica. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://archipelagolibertad.org/upload/files2/001%20Liberalismo/1.2%20Obras%20clasicas%20de%20la%20libertad/ZZ%20Otros/0003%20Cantillon%20-%20Naturaleza%20del%20comercio%20en%20general.pdf>

FIGUEROA, Eugenio; PASTEN, Roberto (2000): *Crecimiento y medio ambiente: ¿existe automatismo en la U invertida?* [en línea]. *Comercio e Integración de las Américas. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, [Coloquio Académico de las Américas] p. 43-49. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://repiica.iica.int/DOCS/B1409E/B1409E.PDF>

GUDYNAS, Eduardo (2003): *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible* [en línea]. Abya-Yala. [Consulta: Septiembre 2015]. . ISBN 9974-7616-7-0. Disponible en:

<http://repository.unm.edu/handle/1928/10985>

LABANDEIRA, Xavier; LEÓN, Carmelo J.; VÁZQUEZ, María Xosé (2007): *Economía ambiental* [en línea]. Pearson Educación. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.segemar.gov.ar/bibliotecaintemin/LIBROSDIGITALES/ISBN8420536512LabandeiraLeonVasquezPearsonEconomiaAmbiental.pdf>

LÓPEZ GORDO, José Francisco (2008): *Medio ambiente comunitario y Protocolo de Kioto: la armonización de la imposición energética o un mercado sobre emisiones de gases de efecto invernadero* [en línea]. La Ley, p. 287-314. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://hera.ugr.es/tesisugr/16540852.pdf>

MATEO MANTECÓN, Ingrid (2015): *Apuntes de Economía de los Recursos Naturales. Tema 1*. Universidad de Cantabria.

MONTERO, R (2011): *Efectos fijos o aleatorios: test de especificación*. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada [en línea]. Universidad de Granada. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://www.ugr.es/~montero/matematicas/especificacion.pdf>

NAREDO, José Manuel (2009): *Luces en el laberinto. Autobiografía intelectual. Alternativas a la crisis* [en línea]. Madrid: La Catarata. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UsLUWon25kIC&oi=fnd&pg=PA9&dq=NAREDO,+José+Manuel.+2009.+Luces+en+el+laberinto&ots=G4V32Nddyj&sig=cqyhD-DV--ZwaOB00H2I\\_sCZV28#v=onepage&q=NAREDO%2C%20Jos%C3%A9%20Manuel.%202009.%20Luces%20en%20el%20laberinto&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UsLUWon25kIC&oi=fnd&pg=PA9&dq=NAREDO,+José+Manuel.+2009.+Luces+en+el+laberinto&ots=G4V32Nddyj&sig=cqyhD-DV--ZwaOB00H2I_sCZV28#v=onepage&q=NAREDO%2C%20Jos%C3%A9%20Manuel.%202009.%20Luces%20en%20el%20laberinto&f=false)

RIERA, Pere (2005): *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*. Madrid: Thomson. ISBN: 84-9732-369-6.

### **Artículos, informes, revistas y seminarios:**

ALCÁNTARA, Vicent; PADILLA, Emilio (2005): Análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo [en línea]. *Revista de Economía Crítica*, Nº 7. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1294317>

ALFRANCA BURRIEL, Oscar (2007): Política fiscal, crecimiento económico y medio ambiente [en línea]. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, Nº 835, p. 77-94. [Consulta: Septiembre 2015]. ISSN 0019-977X. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2294757>

ALFRANCA BURRIEL, Oscar (2012): Evolución del pensamiento económico sobre los recursos naturales [en línea]. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, Nº 865, p. 79-90. [Consulta: Agosto 2015]. ISSN 0019-977X. Disponible en:

[http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE\\_865\\_\\_\\_CBE54D199B22CEBD080FC16BD7F04F7C.pdf](http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_865___CBE54D199B22CEBD080FC16BD7F04F7C.pdf)

CANCELO, M. Teresa (2010): The relationship between CO<sub>2</sub> and sulphur emissions and income: an alternative explanation to the environmental Kuznets curve hypothesis [en línea]. University of Santiago de Compostela. *Applied Econometrics and International Development*, Vol. 10, Nº 1. [Consulta: Julio 2015]. Disponible en:

<http://www.usc.es/economet/reviews/aeid1012.pdf>

CANTOS CANTOS, José María; BALSALOBRE LORENTE, Daniel (2011): Las energías renovables en la Curva de Kuznets Ambiental: Una aplicación para España [en línea]. *Estudios de economía aplicada*, Vol. 29, Nº 2, p. 17-32. [Consulta: Septiembre 2015]. ISSN-e 1133-3197. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3740106>

CASAS VILARDELL, Mayra (2002): *Introducción de la dimensión ambiental en la formación académica de los especialistas en Ciencias Económicas y contadores: estudio epistemológico y aplicación práctica a la Universidad de Pinar del Río* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/3369>

CATALÁN, Horacio (2014): Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable [en línea]. *Economía Informa*, Vol. 2014. Núm. 389, p. 19-37. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.elsevier.es/es-revista-economia-informa-114-articulo-curva-ambiental-kuznets-implicaciones-un-90393911>

CHANG, Man Yu (2005): La economía ambiental. *Sustentabilidad* [en línea], Capítulo 6, p. 165-178. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Sustentabilidadcapitulo6uy.pdf>

COLBY, Michael E (1991): La administración ambiental en el desarrollo: evolución de los paradigmas [en línea]. *El trimestre económico*, Vol. 58, No. 231, p. 589-615. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

[http://www.aleph.org.mx/jspui/bitstream/56789/5672/1/DOCT2065078\\_ARTICULO\\_6.PDF](http://www.aleph.org.mx/jspui/bitstream/56789/5672/1/DOCT2065078_ARTICULO_6.PDF)

CUELLO, Raúl (2008): *William Petty precursor de la economía clásica* [en línea]. En: Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas. Instituto de Estudios Estratégicos de Buenos Aires. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://www.ieeba.com.ar/colaboraciones2/William%20Petty.pdf>

DÍAZ-VAZQUEZ, M. Rosario; DÍAZ CANCELO, M. Teresa (2008a): Relación entre el PIB per capita y las emisiones de CO<sub>2</sub> y azufre: análisis gráfico para el período 1950-99 [en línea]. Universidad de Santiago de Compostela. *Working Papers Series Economic Development*. Nº 99. [Consulta: Julio 2015]. Disponible en:

<http://www.usc.es/economet/aeeadepdf/aeade99.pdf>

DÍAZ-VÁZQUEZ, M. Rosario; DÍAZ CANCELO, M. Teresa (2008b): Desarrollo Sostenible Y Medio Ambiente: Descomposición De Las Tasas De Crecimiento De Las Emisiones De Co<sub>2</sub> Y Azufre En Asia Y América Latina, 1973-1999 [en línea]. *Regional and Sectoral Economic Studies*, Vol. 8, Nº 2, p. 111-130. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.usc.es/economet/reviews/eers827.pdf>

DÍAZ-VÁZQUEZ, M. Rosario; DÍAZ CANCELO, M. Teresa (2009): Emisiones de CO<sub>2</sub> y azufre y crecimiento económico: ¿Una curva de Kuznets ambiental? [en línea]. *Regional and Sectoral Economic Studies*, Vol. 9, Nº 2. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://www.usc.es/economet/reviews/eers927.pdf>

DÍAZ-VÁZQUEZ, María Rosario; DÍAZ CANCELO, M. Teresa (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 [en línea]. *Revista de Economía Mundial*. Nº 26. [Consulta: Julio 2015]. ISSN 1576-0162. Disponible en:

<http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/4867>

DUBIEL, Ivo (1981): El proyecto prospectivo de los fisiócratas [en línea]. *Multidisciplina*, Nº 4, p. 57-62. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://www.revistas.unam.mx/index.php/multidisciplina/issue/view/2780/showToc>

GÓMEZ, Luis Jair (1999): *PENSAMIENTO ECONÓMICO DE WILLIAM PETTY* [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/5575/1/luisjairgomez.19991.pdf>

HERNÁNDEZ BRITO, Diana (2014): Evolución del pensamiento económico en la problemática ambiental [en línea]. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, issue nº 2014\_02. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://xn--caribea-9za.eumed.net/wp-content/uploads/medio-ambiente.pdf>

IGLESIAS GARRIDO, JESÚS, et al. (2013): La curva de Kuznets y la emisión de CO<sub>2</sub> en España, 1850–2008 [en línea]. *Economía Industrial (Forthcoming)*, Nº 389, p. 135-144. Universidad de Huelva. [Consulta: Septiembre 2015]. ISSN 0422-2784. Disponible en:

<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/389/Jes%C3%BAAs%20Iglesias.pdf>

JIMÉNEZ, Francisca Jiménez (2013): ¿JUGAMOS EN EL MISMO EQUIPO? LOS NOBEL DE ECONOMÍA Y LA TEORÍA DE JUEGOS [en línea]. *Revista de Estudios Empresariales. Segunda Época*, Nº 2. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/REE/article/view/803/749>

MORÁN SEMINARIO, HÉCTOR (1999): Ciencia económica, economía ecológica y crisis del paradigma cartesiano [en línea]. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, Vol. 4, p. 159-174. [Consulta: Septiembre 2015]. ISSN 1561-0845. Disponible en:

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/publicaciones/economia/14/pdf/ciencia\\_economia.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/publicaciones/economia/14/pdf/ciencia_economia.pdf)

NAREDO, José Manuel (2004): La economía en evolución: invento y configuración de la economía en los siglos XVIII y XIX y sus consecuencias actuales [en línea]. *Manuscrits: revista d'història moderna*, Nº 22, p. 83-117. [Consulta: Julio 2015]. Disponible en:

<http://www.ub.edu/geocrit/sv-105.htm>

OVIDO GONZÁLEZ, Cristian (2012): *Desarrollo económico y generación de dióxido de carbono, un análisis econométrico [recurso electrónico]*. Tesis Doctoral. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/3664/CB-0449462.pdf?sequence=4>

PARRILLA, Javier Capó (2009): *Curva de Kuznets ambiental: Evidencia para Europa* [en línea]. Centre de Recerca Econòmica (UIB-"Sa Nostra"). Nº3. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

[http://www.researchgate.net/profile/Javier\\_Capo\\_Parrilla/publication/228724920\\_Curva\\_de\\_Kuznets\\_ambiental\\_Evidencia\\_para\\_Europa/links/0046353446c97a9b4b000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Javier_Capo_Parrilla/publication/228724920_Curva_de_Kuznets_ambiental_Evidencia_para_Europa/links/0046353446c97a9b4b000000.pdf)

RAMOS GOROSTIZA, José Luis (2005): Medio natural y pensamiento económico: historia de un reencuentro [en línea]. *Principios: estudios de economía política*, Nº 2, p. 47-70. Universidad Complutense. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

[http://www.fundacionsistema.com/wp-content/uploads/2015/05/Ppios2\\_JL.-RamosGorostiza.pdf](http://www.fundacionsistema.com/wp-content/uploads/2015/05/Ppios2_JL.-RamosGorostiza.pdf)

ROCA JUSMET, Jordi; PADILLA ROSA, Emilio (2003): Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kyoto [en línea]. *Economía industrial*, Nº 351, p. 73-86. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/351/Economia05.pdf>

REYNALDO, Clara Luz (2012): La Economía Ambiental Y Su Evolución En El Pensamiento Económico [en línea]. *Desarrollo local sostenible*, Nº 13, Vol. 5. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://delos.eumed.net/13/clra.pdf>

ROJAS, Jorge (2012): El Mercantilismo. Teoría, política e historia [en línea]. *Economía*, Vol. 30, Nº 59-60, p. 76-96. [Consulta: Agosto 2015]. Disponible en:

<http://ezproxybib.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/1822>

BEROSCA RINCÓN SOTO, Idana; TORRES YARZAGARAY, Óscar (2014): Abordaje epistemológico del pensamiento económico (I) [en línea]. *Entelequia: revista interdisciplinar*, Nº 17, p. 133-153. [Consulta: Agosto 2015]. ISSN-e 1885-6985. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4768198>

SUÁREZ MONCAYO, Gabriel Antonio (2013): Crecimiento económico vs degradación ambiental: ¿existe una Curva de Kuznets Ambiental en América Latina y el Caribe? Período 1970-2008 [en línea]. *Trabajo Fin de Máster*. Quito : FLACSO Sede Ecuador. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/5436#.VfhecXhtmko>

CERDÁ TENA, Emilio (2009): Comercio internacional y medio ambiente [en línea]. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, Nº 847, p. 111-126. [Consulta: Septiembre 2015]. ISSN 0019-977X. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2944763>

TORREIRO, Marcos Domínguez (2004): El papel de la fisiocracia en nuestros días: una reflexión sobre el análisis económico de los recursos naturales y el medio ambiente [en línea]. *Revista galega de economía: Publicación Interdisciplinar da Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais*, Vol. 13, Nº 1-2, p. 61-72. [Consulta: Agosto 2015]. ISSN 1132-2799. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1104422>

VILADRICH GRAU, Montserrat (2004): Las principales aportaciones a la teoría de la regulación medioambiental [en línea]. Los últimos cuarenta años. *Economía agraria y recursos naturales*, Vol. 4, Nº 8, p. 41-62. [Consulta: Septiembre 2015]. ISSN: 1578-0732. Disponible en:

[file:///C:/Users/Raquel/Downloads/Dialnet-LasPrincipalesAportacionesALaTeoriaDeLaRegulacionM-1420134%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Raquel/Downloads/Dialnet-LasPrincipalesAportacionesALaTeoriaDeLaRegulacionM-1420134%20(1).pdf)

ZAPIAIN AIZPURU, Maite. Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad [en línea]. *Reseña del informe original*. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

file:///C:/Users/Raquel/Downloads/454577910.tnzapiain-limitesimalcrecimiento%20(2).pdf

ZILIO, Mariana I (2012): Curva de Kuznets ambiental: La validez de sus fundamentos en países en desarrollo [en línea]. *Cuadernos de Economía*, Vol. 35, N° 97, p. 43-54. [Consulta: Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.elsevier.es/es-revista-cuadernos-economia-329-articulo-curva-kuznets-ambiental-validez-sus-90153631>

### **Programas de ordenador:**

GRETl [2000]. Gretl 1.10.2. [Usado: Agosto 2015]. Disponible en: <http://gretl.sourceforge.net/>

### **Páginas web:**

BANCO MUNDIAL [sitio web]. 2015. World DataBank. Indicadores del Desarrollo Mundial. [Consulta Agosto 2015]. Disponible en:

<http://datos.bancomundial.org/indicador>

UNITED NATIONS [sitio web]. Framework Convention on Climate Change. Historia de la CMNUCC. [Consulta Septiembre 2015]. Disponible en:

[http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/la\\_convencion/historia/items/6197.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/historia/items/6197.php)

THE CLUB OF ROME [sitio web]. Historia del Club de Roma. [Consulta Septiembre 2015]. Disponible en:

<http://www.clubofrome.org/?p=4781>

**ANEXO I**

Tabla 3: Resumen de los datos sobre emisiones de CO<sub>2</sub>

<b>Emisiones de CO2 (kt)</b>			
<b>Zona</b>	<b>1990</b>	<b>2010</b>	<b>Δ o ∇</b>
<i>África al sur del Sahara</i>	448.220,15	713.656,872	265.436,72
<i>Oriente Medio y Norte de África</i>	952.216,96	2.304.753,5	1.352.536,54
<i>Europa y Asia central</i>	7.591.576,46(*)	6.771.582,26	-819.994,20
<i>Asia oriental y el Pacífico</i>	4.930.745,87	12.023.440,5	7.092.694,63
<i>Asia meridional</i>	782.138,10	2.197.647,77	1.415.509,67
<i>América del Norte</i>	5.259.336,08	5.905.450,48	646.114,40
<i>América Latina y el Caribe</i>	1.019.547,25	1.733.753,72	714.206,47

*Fuente: elaboración propia en Excel a partir de datos del Banco Mundial*

*(\*) No se corresponde al año 1990 puesto que no se dispone de dato para ese año, se escoge el dato disponible del año más cercano (1992).*

**ANEXO II**

Tabla 4: Ranking de Países según Emisiones de CO<sub>2</sub>

<b>Ranking de Países según las emisiones de CO<sub>2</sub> (kt)</b>					
<b>1990</b>			<b>2010</b>		
1	Estados Unidos	4823557,13	1	China	8256969,23
2	China	2460744,02	2	Estados Unidos	5408869,00
3	Japón	1094287,81	3	India	1950950,34
4	India	690576,77	4	Rusia	1742540,07
5	Reino Unido	555902,53	5	Japón	1168918,59
6	Canadá	435181,23	6	Alemania	750697,24
7	Italia	417550,29	7	Irán	571604,63
8	Francia	375632,81	8	Corea del Sur	566716,52
9	Polonia	368397,82	9	Arabia Saudita	533093,79
10	Sudáfrica	319795,40	10	Canadá	496104,76
11	México	314291,24	11	Reino Unido	492192,07
12	Australia	263847,98	12	Sudáfrica	454950,02
13	Corea del Sur	246943,11	13	México	445063,79
14	Corea del Norte	244834,59	14	Indonesia	436981,72
15	España	218597,20	15	Brasil	419754,16

Tabla 5: Ranking de Países según volumen de exportaciones de bienes y servicios

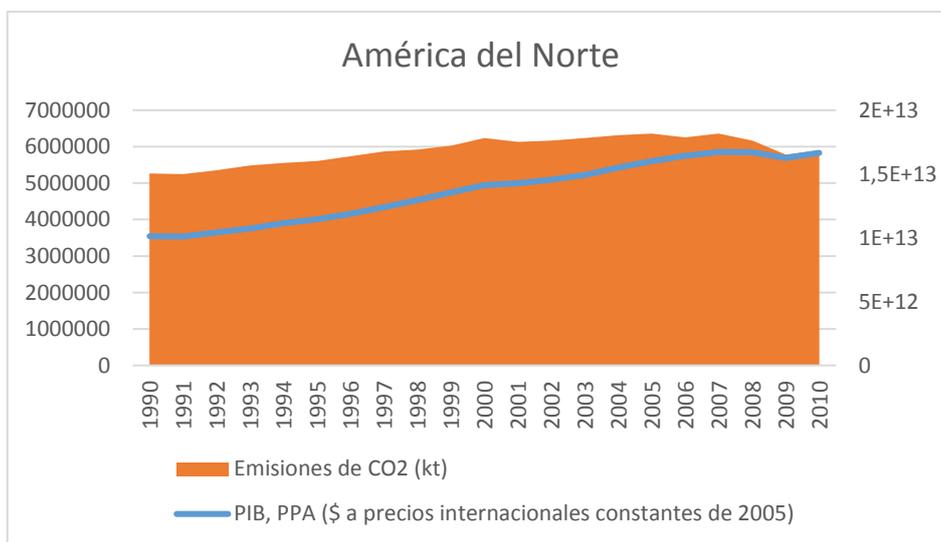
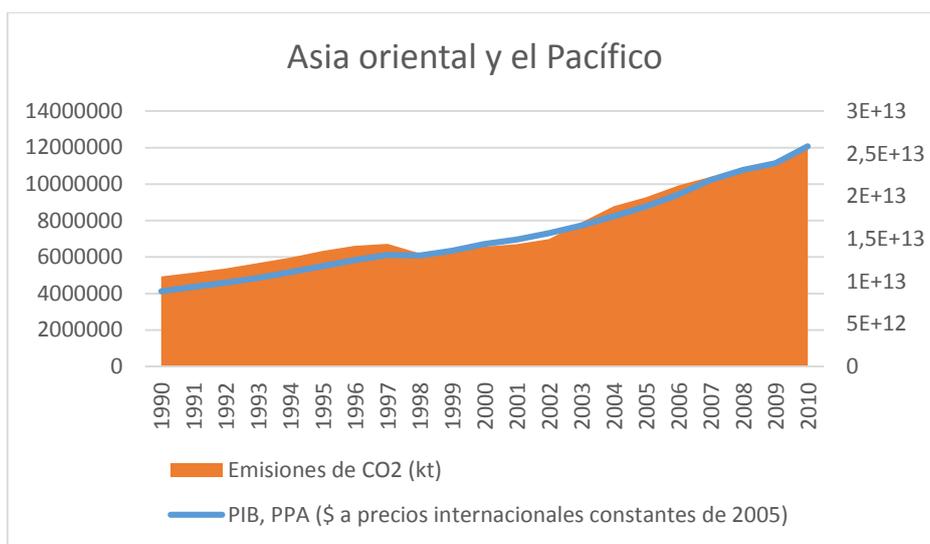
<b>Ranking Países volumen de exportación de b. y s. (US\$ a precios constantes de 2005)</b>					
<b>1990</b>			<b>2010</b>		
1	Estados Unidos	6,10895E+11	1	Estados Unidos	1,68274E+12
2	Alemania	4,40595E+11	2	China	1,58464E+12
3	Japón	3,14382E+11	3	Alemania	1,32674E+12
4	Reino Unido	2,89917E+11	4	Japón	7,47598E+11
5	Francia	2,56856E+11	5	Reino Unido	6,76788E+11
6	Italia	2,45532E+11	6	Francia	6,12798E+11
7	Rusia	2,12917E+11	7	Países Bajos	5,21677E+11
8	Países Bajos	1,9053E+11	8	Corea del Sur	5,04075E+11
9	Canadá	1,83106E+11	9	Italia	4,65904E+11
10	Bélgica	1,42131E+11	10	Hong Kong*	4,51492E+11
11	Suiza	1,29799E+11	11	Singapur	3,95156E+11
12	Hong Kong*	97894295159	12	Canadá	3,89285E+11
13	España	95161422709	13	Bélgica	3,20483E+11
14	Noruega	76877609624	14	Rusia	3,14696E+11
15	China	70294063109	15	España	3,13059E+11

Fuente: elaboración propia en Excel a partir de datos del Banco Mundial.

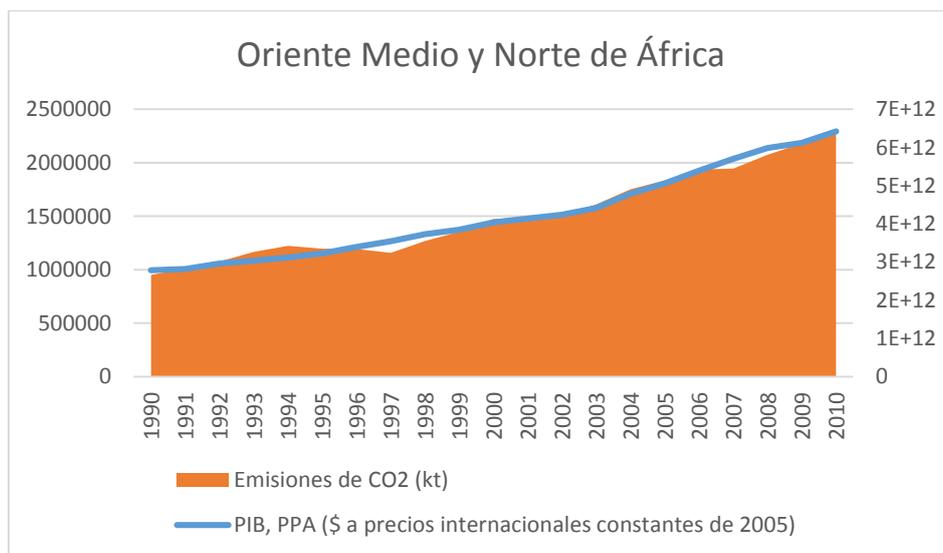
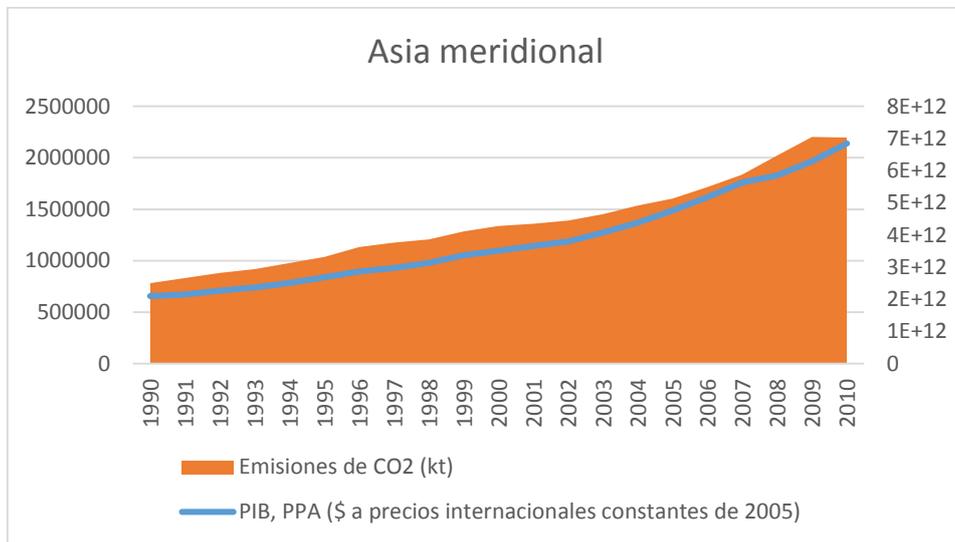
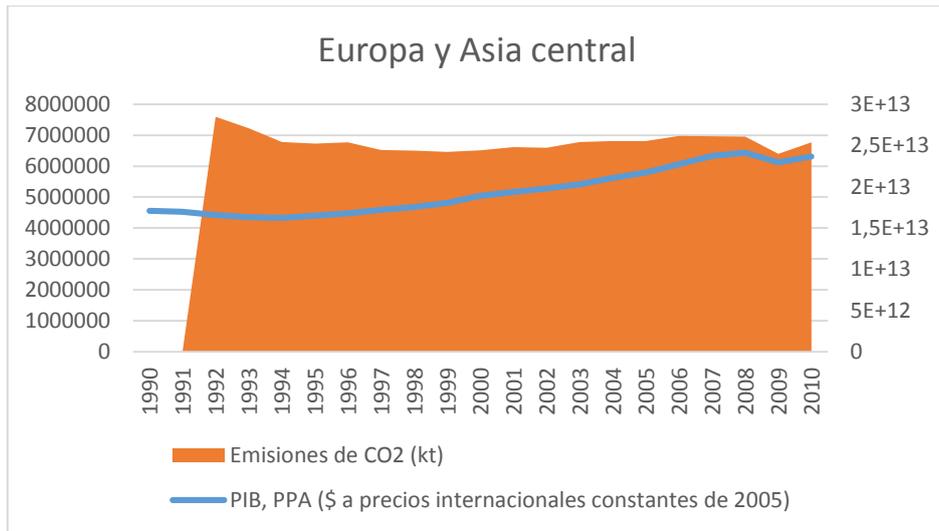
### ANEXO III

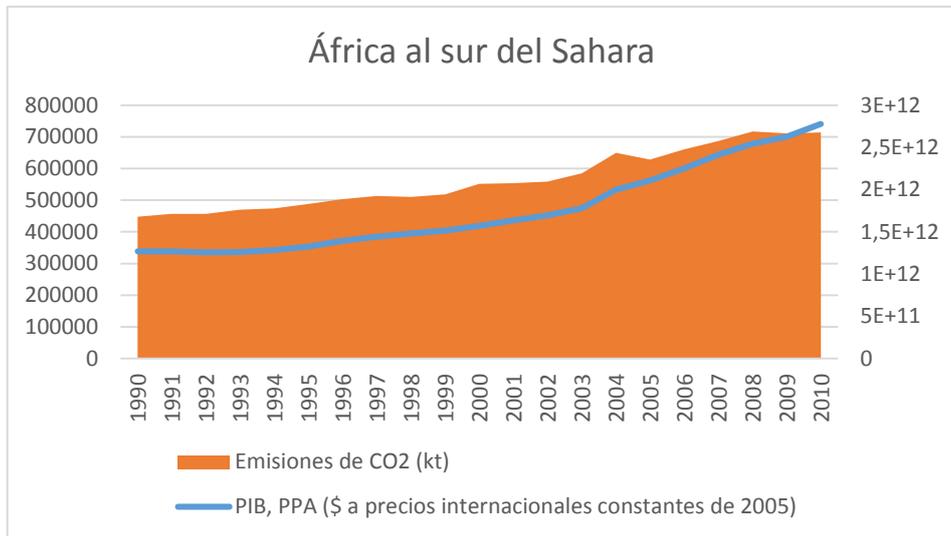
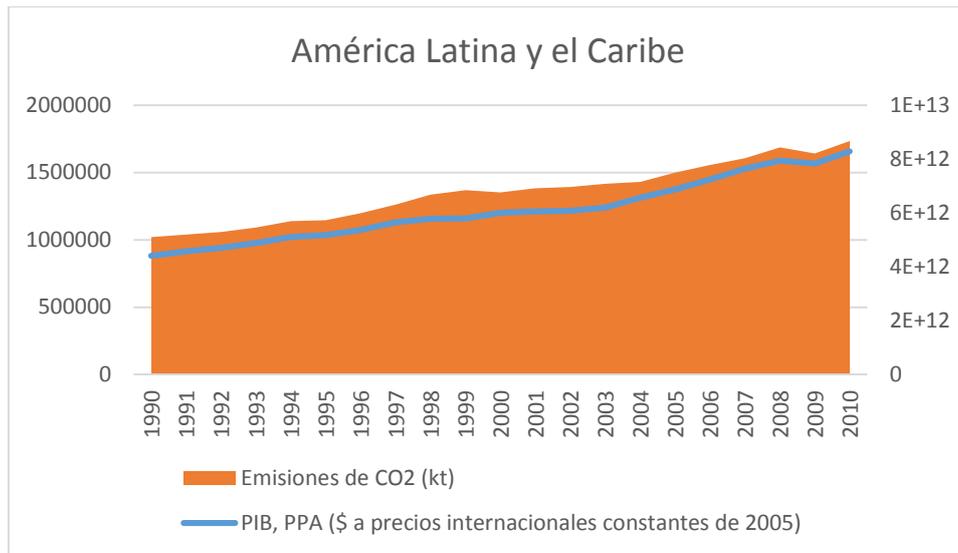
La intención de incluir estos gráficos, en los que se representan las emisiones totales de CO<sub>2</sub> (kt) mediante el área y la variable PIB en PPA (en dólares a precios constantes de 2005) mediante líneas, es que se aprecie fácilmente la tendencia obtenida entre estas variables (crecimiento económico y emisiones), y su relación positiva en el periodo de estudio, para las siete áreas geográficas en el trabajo analizadas. Haciendo hincapié en la caída en la crisis de 2007, donde se aprecia a la perfección esta estrecha relación.

Figura 5: Gráficos de relación crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub> para las 7 regiones propuestas.



# CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PARA EL PERIODO 1990-2010





Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de los datos obtenidos del Banco Mundial.