

Trabajo Fin de Grado

Curva de Kuznets Ambiental: análisis empírico para
los EE.UU. y la UE-15

Environmental Kuznets Curve: empirical analysis for
the U.S. and the EU-15

Autor

Víctor Juan Lara Salvador

Directores

Jesús Mur Lacambra y Majed Atwi Saab

Facultad de Economía y Empresa
2016-2017

Autor: Víctor Juan Lara Salvador

Directores: Jesús Mur Lacambra y Majed Atwi Saab

Título: Curva de Kuznets Ambiental: análisis empírico para los EE.UU. y la UE-15

Titulación: Grado en Economía

RESUMEN

Según el IPCC, a nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento de la población son los principales impulsores del aumento en las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas). Por lo tanto, existe gran interés en examinar la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental mediante la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental (CKA). Esta hipótesis sostiene que la relación entre la renta per cápita y un indicador de la degradación medioambiental tiene una forma funcional de U-invertida, es decir, asume que el crecimiento económico es necesario para una mejora de la calidad medioambiental.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo principal comprobar la validez empírica de esta hipótesis para las emisiones de CO₂ en el caso de los EE. UU. y la UE-15 durante el periodo 1971-2014. Con el fin de realizar los objetivos se propone para cada región un modelo econométrico polinómico de segundo grado para explicar el comportamiento de las emisiones de CO₂ per cápita en función de la renta per cápita.

Nuestros resultados indican la existencia de la CKA con forma de U-invertida en el caso de la UE-15 y una relación monótona decreciente en el caso de los EE.UU. En base a los resultados obtenidos del análisis econométrico, se observa el cambio hacia un desarrollo menos contaminante. Tal y como describe la teoría de la CKA, ambas economías se sitúan en la parte decreciente de la curva. En este sentido, los resultados sugieren que el desarrollo económico en ambas regiones puede conducir a la reducción de las emisiones de CO₂ y por consiguiente a mejoras en la calidad medioambiental en el largo plazo.

ABSTRACT

According to the IPCC, globally, economic and population growth are the main drivers of the increases in CO₂ emissions from fossil fuel combustion (coal, oil and natural gas). Therefore, there is an important interest in examining the relationship between economic growth and environmental degradation by using the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis. This hypothesis holds that the relationship between income per capita and an indicator of environmental degradation is an inverted U-shaped curve. It implies that economic growth is necessary for environmental improvements in the long term.

In this context, the principal aim of this study is to test empirically the validity of this hypothesis for CO₂ emissions in the U.S. and the EU-15 during the period 1971-2014. With the purpose of carrying out the goals, we propose a polynomial econometric model of second degree for explaining the CO₂ emissions behaviour as a function of income per capita in each region.

Our results show that an inverted U-shaped of EKC holds for the U.S. and a monotonic downward relationship for the EU-15. In other words, the both developed economies are located in the downward slopping segment of their EKC. These results suggest that economic growth in both regions allows environmental improvements in the long term.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN	6
SECCIÓN II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	9
2.1. Fundamentos de la CKA	10
2.1.1. La elasticidad ingreso de la demanda de calidad ambiental	11
2.1.2. Efectos escala, composición y tecnología	12
2.1.3. Efectos del comercio internacional	13
SECCIÓN III. CASO DE ESTUDIO	14
3.1. Fuentes estadísticas	15
3.2. Características y diferencias: UE-15 vs EE.UU.	15
3.3. Evolución histórica	18
3.4. La estructura económica sectorial	22
3.5. Evolución histórica de fuentes emisoras	23
SECCIÓN IV. RESULTADOS ECONOMETRICO DE LA CKA	25
4.1. Estimación de una CKA común para los EE.UU. y la UE-15	26
4.2. Estimación individual de la CKA para los EE.UU. y la UE-15	27
4.2.1. Estimación de la CKA para los EE.UU.	27
4.2.2. Estimación de la CKA para la UE-15	31
CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 2.1. Curva de Kuznets Ambiental	10
Figura 3.1. Estructura sectorial en 2014, valor agregado en % del PIB.....	16
Figura 3.2. Participación de la quema de los principales combustibles fósiles en el nivel total de emisiones de CO ₂ en 2014.	17
Figura 3.3. Participación por sectores de actividad en las emisiones totales de CO ₂ en 2014.	18
Figura 3.4. Población (en millones) de los EE.UU. y la UE-15, 1971-2014.....	19
Figura 3.5. Evolución del PIB de los EE.UU., la UE-15 y el Mundo, para el período 1971-2014.....	19
Figura 3.6. Emisiones totales de CO ₂ en los EE.UU. y en la UE-15, 1971-2014.	20
Figura 3.7. Emisiones de CO ₂ per cápita y PIB per cápita para los EE.UU., 1971-2014.	21
Figura 3.8. Emisiones de CO ₂ per cápita y PIB per cápita para la UE-15, 1971-2014..	21
Figura 3.9. Evolución de la participación sectorial en el PIB de los EE.UU. para el período 1997-2014.....	22
Figura 3.10. Evolución de la participación sectorial en el PIB de la UE para el período 1991-2014.....	23
Figura 3.11. Procedencia de las emisiones de CO ₂ en los EE.UU. 1971-2014.....	24
Figura 3.12. Procedencia de las emisiones de CO ₂ en la UE-15, 1971-2014.....	24
Tabla 4.1. Resultados de la estimación MCO de la hipótesis nula (5).....	27
Tabla 4.2. Resultados de la estimación MCO del modelo para los EE.UU., (7).....	27
Figura 4.1. Gráfico de los residuos del modelo (7) contra el tiempo.	28
Figura 4.2. Correlograma de los residuos del modelo (7).	29
Figura 4.3. Histograma de frecuencias de los residuos del modelo (7).....	29
Tabla 4.3. Resultados de la estimación MCO del modelo para los EE.UU., (8).....	30
Tabla 4.4. Resultados de la estimación MCO del modelo para la UE-15 (9)	31
Figura 4.4. Gráfico de los residuos del modelo (9) contra el tiempo	32
Figura 4.5. Correlograma de los residuos del modelo (9).	32
Figura 4.6. Histograma de frecuencias de los residuos del modelo (9).....	33

SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento del sistema climático mundial es inequívoco; muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en la historia documentada del clima en el planeta. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado (Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático (IPCC, 2013)), motivando un mayor interés en el estudio de sus determinantes.

El impacto del cambio climático es notablemente dispar sobre el planeta, siendo los países en vías de desarrollo los más vulnerables. Estimaciones del Banco Mundial indican que los países en vías de desarrollo en conjunto soportarán entre el 75% y el 80% de los costos generados por la variación del clima, debido principalmente a que carecen de capacidad financiera y técnica para manejar el cambio climático y dependen en mayor medida de los recursos naturales que se ven afectados por este fenómeno (Banco Mundial, 2010).

El calentamiento global debe limitarse a menos de 2 °C con respecto a la temperatura media de la época preindustrial para evitar los efectos más graves del cambio climático y sus posibles cambios catastróficos en el entorno global. Esta fue la conclusión a la que llegó un nutrido grupo de países en 1992, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), principal tratado internacional contra el cambio climático.

En las últimas décadas se ha extendido la preocupación por los problemas de índole medioambiental, como el de las emisiones de GEI, lo que explica la profusión de acuerdos firmados a nivel internacional. Sin ánimo de ser exhaustivos, podemos citar los siguientes:

- i) El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es un organismo intergubernamental establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988 que ha proporcionado a los responsables de políticas, las evaluaciones científicas y técnicas más autorizadas y objetivas en ese ámbito. Desde 1990, esta serie de

informes de evaluación, informes especiales, informes técnicos metodológicos del IPCC y otros productos se han convertido en trabajos de referencia sobre el tema (IPCC, 2014).

- ii) Las conclusiones del IPCC alentaron a los gobiernos a aprobar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994, incorporando uno de los tratados multilaterales sobre medio ambiente que más éxito han tenido en toda la historia: el Protocolo de Montreal de 1987. Hoy en día son 197 las denominadas "Partes de la Convención" que lo han ratificado.

- iii) El Protocolo de Kyoto, el primer compromiso internacional contra el Calentamiento Global, se adoptó el 11 de diciembre de 1997 en la Tercera Conferencia de las Partes (COP) de la Convención, en Kyoto (Japón). Las detalladas reglas para la aplicación del Protocolo fueron adoptadas en la COP7 celebrada en Marrakech en 2001, y recibieron el nombre de "Acuerdos de Marrakech". Dichos acuerdos representan uno de los más completos y rigurosos documentos legales de todo el panorama internacional. Entró en vigor en febrero del 2005, unificando fuerzas entre los gobiernos, instituciones y organismos, para frenar el cambio climático inducido por el hombre. El Protocolo fue firmado por 37 países industrializados, conocidos como países del Anexo I, y se comprometen a reducir, individual o conjuntamente, sus emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero en no menos del 5% respecto a los valores de 1990, en el primer período de compromiso establecido entre los años 2008 y 2012.

Aunque la mitigación del cambio climático ha tenido cierto éxito, las emisiones globales de GEI siguen aumentando. Así, un gran número de informes tales como el Turn Down the Heat (Banco Mundial, 2012), el Informe sobre la disparidad de emisiones (PNUMA, 2012), el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2013, 2014), Los Riesgos Globales (Foro Económico Mundial, 2013) recalcan la necesidad de seguir actuando eficazmente para evitar su agravamiento en el futuro.

Desde el 1 de enero de 2013 hasta 2020, se aplica la segunda fase del Protocolo de Kyoto. En esta, las Partes se comprometieron a reducir las emisiones al menos un 18% por debajo de los niveles de 1990.

iv) El 4 de noviembre del 2016 entró en vigor el Acuerdo de París en la COP21, tres días después de que fuera ratificada por, al menos, 55 de las Partes de la Convención cuyas emisiones de GEI superasen el 55% del total. 147 Partes, de las 197 de la Convención, lo han ratificado en la actualidad. El porcentaje de las emisiones de GEI correspondientes a las Partes del Anexo I representan el 63,7% de las emisiones mundiales. Los gobiernos acordaron mantener el objetivo de limitar a 2 °C el aumento de la temperatura global con respecto a los niveles preindustriales. Además, situaron en 1.5 °C el límite al que no debería llegarse para evitar mayores riesgos.

Los gobiernos han fijado un plazo hasta 2018 para completar las normas de aplicación del Acuerdo de París con el fin de asegurar la confianza, la cooperación y su éxito en el futuro.

Esta nueva etapa de implementación y acción para el clima y para el desarrollo sostenible ha quedado plasmada en la Proclamación de Acción de Marrakech. En el cierre de la COP22 en Marrakech se anunció que Fiji ostentará la presidencia de la próxima Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático del 6 al 17 de noviembre de 2017 (COP23) que será organizada por la CMNUCC en Bonn.

Desde que tuvo lugar la Conferencia de París se presentaron planes nacionales de reducción de emisiones para 2020. Estos acuerdos conocidos como Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC's, por sus siglas en inglés) todavía no son suficientes para alcanzar los objetivos globales, pero muestran el camino a seguir. De la misma forma, se reconoce que a los países en vías de desarrollo les tomará más tiempo alcanzar el máximo de emisiones para después reducirlas, en base a los conocimientos científicos disponibles.

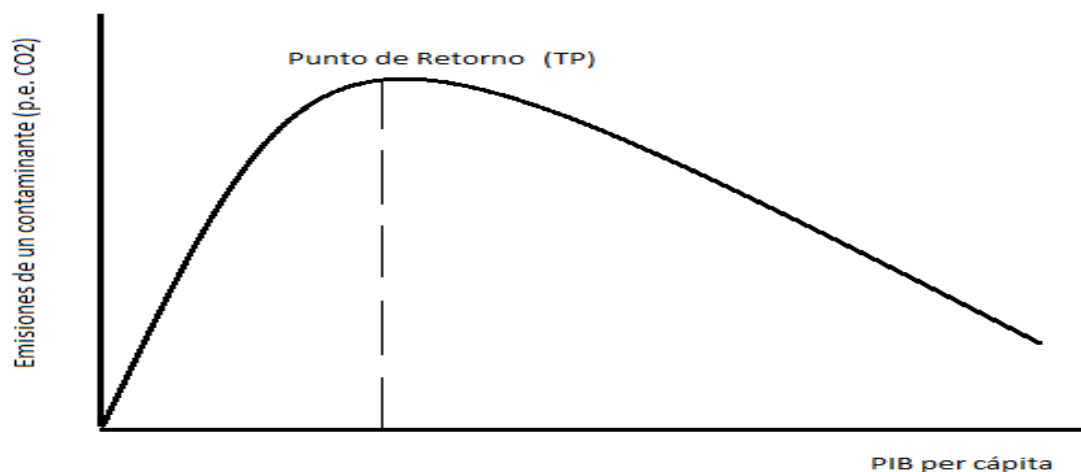
Una de las teorías que pueden explicar el paso de una economía con contaminación creciente a otra de desarrollo sostenible más limpio, es la elaborada por Kuznets en 1965 y denominada posteriormente por Panayotou (1993) como la Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Esta hipótesis sostiene que la relación entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental tiene una forma funcional de U-invertida.

En el presente trabajo se pretende contrastar la validez empírica de esta hipótesis para las emisiones de CO₂ en el caso de los EE. UU. y la UE-15. A continuación, en la Sección II, se realiza una revisión de la literatura más relevante de los fundamentos de la CKA, basados en estudios empíricos de distintos autores. En la Sección III, presentamos descriptivamente los dos casos objetos de estudio analizando el comportamiento de las emisiones de CO₂ y sus principales determinantes que pueden afectar al cumplimiento del supuesto implícito en esta teoría. En la Sección IV, realizamos el análisis econométrico de los datos necesarios, utilizando el programa Gretl, para contrastar la hipótesis de la CKA. Por último, se concluye este trabajo con los resultados obtenidos y sus implicaciones en la política medioambiental.

SECCIÓN II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este trabajo nos vamos a centrar específicamente en la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) que, en términos generales, plantea una relación de largo plazo entre el crecimiento económico y la degradación ambiental. En concreto, la CKA sostiene que entre el producto nacional y cualquier medida de contaminación plausible de ser utilizada como indicador de degradación ambiental se verifica una relación funcional con forma de U invertida, lo que significa que el deterioro ambiental es una función creciente del nivel de actividad económica, hasta un determinado nivel crítico de renta o *Turning Point* (TP), a partir del cual mayores niveles de renta se asocian a niveles progresivamente mayores de calidad ambiental.

Figura 2.1. Curva de Kuznets Ambiental



Elaboración propia

2.1. Fundamentos de la CKA

En la década de los 90, la mayor disponibilidad de datos sobre emisiones de contaminantes alentó a numerosos autores a analizarla relación entre crecimiento económico y degradación ambiental.

Los primeros estudios sobre la CKA aparecieron, independientemente, en tres trabajos: el análisis sobre los posibles efectos ambientales del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA), de Grossman y Krueger (1991), el informe del Desarrollo del Banco Mundial de Shafik y Bandyopadhyay (1992), y el trabajo de la Organización Internacional del Trabajo, elaborado por Panayotou (1993).

El trabajo de Grossman y Krueger (1991) para la Oficina Nacional de Investigación Económica (NBER, por sus siglas en inglés) fue publicado en 1993. En él se encontró por primera vez la relación en forma de U invertida entre algunos contaminantes (pequeñas partículas sólidas suspendidas en el aire de las zonas urbanas y dióxido de azufre, SO₂) y el ingreso per cápita.

Sin embargo, fue Panayotou (1993) el primero en denominar Curva de Kuznets Ambiental (CKA) a dicha relación, por su similitud con la curva que Kuznets (1965) estableciera entre la desigualdad del ingreso y el crecimiento económico.

Kuznets (1965) predice que la relación entre la evolución de la renta per cápita y la distribución de los ingresos se ajusta a una curva en forma de U invertida. Esto es, cuando la renta per cápita aumenta, la desigualdad de los ingresos crece, para después disminuir tras alcanzar el nivel máximo denominado *turning point*.

Los motivos esgrimidos para explicar el cambio de pendiente a partir del punto de transición son múltiples, e incluyen, entre otros factores, consideraciones respecto a la elasticidad ingreso y otras características de la demanda de calidad ambiental (Selden y Song, 1994; Beckerman, 1992), las transformaciones de las estructuras productivas y diversos efectos del crecimiento económico sobre el medio ambiente (Grossman y Krueger, 1991) y el comercio internacional (Arrow et al., 1995; Stern et al., 1996; Dasgupta et al., 2001).

2.1.1. La elasticidad ingreso de la demanda de calidad ambiental

Como señalan Shafik et al. (1992), el hecho de que los recursos naturales -y demás bienes y servicios ambientales- funcionen al mismo tiempo como bien de consumo e insumo productivo, determina que sus patrones de consumo en diferentes etapas del proceso productivo dependan, de sus respectivas elasticidades de demanda y oferta.

El argumento se basa en la siguiente idea: la calidad ambiental no es un bien de primera necesidad, de modo que, hasta que no se cubran otras necesidades básicas, como nutrición, educación o asistencia sanitaria, los sectores más pobres de la sociedad no demandarán mejoras ambientales.

También es natural pensar que, una vez que los individuos han alcanzado un determinado nivel de vida, otorgarán mayor valor a los bienes y servicios ambientales, elevando su disposición a pagar por ellos en una proporción mayor al crecimiento del ingreso.

Generalmente se reconoce que la elasticidad ingreso de la demanda de calidad ambiental es mayor a la unidad, es decir, el medio ambiente limpio y su preservación son bienes de lujo.

Esto se debe, en primer término, a que la cuestión ambiental solo se convierte en prioritaria una vez satisfechas otras necesidades más básicas; en segundo lugar, las sociedades ricas poseen mayor capacidad técnica para el monitoreo y hacen uso de un mayor nivel de "enforcement"; y tercero, porque cuanto mayor es el grado de desarrollo de una economía, mayor es su nivel de educación y por ende mayor la demanda de cumplimiento de la regulación (Dasgupta et al., 2002).

Por otra parte, la calidad ambiental es, en la mayoría de los casos, un bien público que los individuos no pueden comprar en el mercado: la disponibilidad de estos bienes se decide en el terreno político. En consecuencia, en ningún caso podemos esperar que los problemas de los bienes públicos se resuelvan automáticamente como resultado del crecimiento económico, sin que sea necesario recurrir a políticas ambientales (Arrow et al., 1995).

2.1.2. Efectos escala, composición y tecnología

Otra línea de argumentación para dar cuenta del cambio de pendiente en la CKA está conformada por los efectos escala, composición y tecnología esbozados por Grossman y Krueger (1991).

Aumentar la producción requiere un mayor aporte de materiales, por lo que se emplean más recursos en el proceso productivo. Una mayor producción también implica la generación de más residuos y emisiones que contribuyen a la degradación de la calidad ambiental. Por esto, el crecimiento económico, provoca un efecto escala de impacto negativo en el entorno.

El crecimiento económico tiene también un impacto positivo en el medio ambiente a través del efecto composición. La degradación ambiental va aumentando cuando la estructura de la economía cambia del sector agrícola al industrial, pero se ralentiza con el nuevo estadio evolutivo: de la industria intensiva en energía, hacia los servicios y la industria intensiva en tecnología de la información. Cuando la renta aumenta, la estructura de la economía tiende a cambiar en la dirección indicada, de modo que aumenta gradualmente la contribución de las actividades menos contaminantes.

Por otro lado, dado que una nación rica puede permitirse invertir más en I+D (Komen et al., 1997), el progreso tecnológico sucede cuando la economía ha evolucionado suficientemente y las tecnologías contaminantes y obsoletas son reemplazadas por otras más avanzadas, que mejoran la calidad ambiental. Este es el efecto tecnológico del crecimiento económico.

La CKA sugiere que el impacto negativo en el medio ambiente, producido por el efecto escala, tiende a imponerse en las primeras fases del crecimiento. Este efecto será finalmente compensado por el impacto positivo de los efectos técnicos y de composición, que contribuirán a disminuir el nivel de emisiones (Vukina et al., 1999).

2.1.3. Efectos del comercio internacional

El comercio internacional es otra vía que se emplea habitualmente para explicar el cambio de pendiente en la CKA (Arrow et al., 1995; Stern et al., 1996; Dasgupta et al., 2001).

Los mismos tres efectos, de escala, de composición y de tecnología, pueden utilizarse en conexión con las pautas del comercio internacional de esta forma:

El efecto escala es el aumento esperado en la contaminación debido al crecimiento económico generado por un mejor acceso a los mercados.

El efecto técnico hace referencia al cambio en las técnicas de producción consecuencia de la liberalización del mercado y de la inversión extranjera. Lo que se refleja en la disminución de las emisiones por unidad de producto.

Finalmente, el efecto composición hace referencia al cambio experimentado por una economía, tras un episodio de liberalización del comercio, cuando los países se especializan en actividades en las que tienen ventajas comparativas.

El efecto de composición es el que más relevancia tiene para la CKA y es el mecanismo que subyace en la hipótesis del paraíso de la contaminación (PHH, por sus siglas en inglés).

Esta hipótesis expone que las diferencias en las regulaciones ambientales entre los países en desarrollo (más laxas) y los desarrollados (más estrictas) puede estar

estimulando la transmisión de actividades manufactureras y contaminantes, desde los países desarrollados hacia la periferia, causando la especialización de los países en desarrollo en sectores manufactureros más intensivos en contaminación.

Es evidente que los efectos de la liberalización del comercio sobre la calidad del medio ambiente dependen, entre otros factores, de las diferencias en la política de contaminación asumida por cada país y de las dotaciones de factores, lo que lleva a relajar las conclusiones anteriores.

Por ejemplo, en contraposición a la hipótesis del paraíso de la contaminación, la hipótesis de la dotación de factores (FEH, por sus siglas en inglés) afirma que, en el libre comercio, las diferencias en las dotaciones iniciales de factores determinan el comercio entre dos países. La naturaleza del efecto composición del comercio ha sido objeto de numerosos estudios con anterioridad, y las conclusiones no son tan claras. Así, Grossman y Krueger (1991) encuentran que la ratio de las exportaciones mantiene una relación positiva con el uso de energía, mientras que la ratio de las importaciones tiene una relación negativa (Cole, 2004).

SECCIÓN III. CASO DE ESTUDIO

Los países que analizamos son los Estados Unidos (EE.UU.) y la Unión Europea de los 15, en adelante UE-15, formada por: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, Portugal y Suecia.

La razón de esta elección es la gran influencia del impacto de sus emisiones de CO₂, sumando casi el 60% del total, mientras que su PIB supone el 50% del mundial. La UE-15 ha generado en promedio el 23% de las emisiones totales durante el período 1971-2014, y los EE.UU. se sitúan 10 puntos porcentuales por encima.

Parece evidente que estamos hablando de dos economías industrializadas, desarrolladas y de alto nivel de ingresos, según la clasificación del Banco Mundial.

3.1. Fuentes estadísticas

Los datos se han obtenido del informe elaborado por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) sobre las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles. Esta base de datos contiene las emisiones de más de 150 países y regiones.

Los datos sobre emisiones se basan en los Balances Energéticos Mundiales de 2016 de la IEA y en la Metodología de Inventarios de GEI del IPCC de 2006.

Las distintas series de datos recogidas en este documento comprenden el período de 1971 a 2014, es decir, 44 observaciones anuales. Las variables seleccionadas para este estudio han sido: las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles (medidas en millones de toneladas), el Producto Interior Bruto (PIB) en dólares estadounidenses (US\$) constantes de 2005 y la población, para obtener el ingreso per cápita. Dado que disponemos de datos del PIB con precios ajustados a la paridad del poder adquisitivo (PPA), que reflejan mejor la capacidad adquisitiva real de los consumidores, elegiremos esta serie frente al PIB ajustado a tipos de cambio del mercado.

3.2. Características y diferencias: UE-15 vs EE.UU.

Las tres principales variables que vamos a analizar son: la población, el PIB y las emisiones de CO₂.

Tabla 3.1: Estadística Descriptiva

	EE.UU.				UE-15			
	Media	Mín.	Máx.	D.T.	Media	Mín.	Máx.	D.T.
CO ₂	4988	4288	5702	443,2	2848	2405	3154	138,8
PIB	10165	4937	16157	3633	9684	5437	13398	2586
Pobl.	261,1	207,7	319,2	34,67	350,2	321,2	376,9	15,80
CO ₂ pc	19,25	16,00	22,13	1,47	8,156	6,328	9,417	0,6259
PIBpc	37790	23771	50616	8853	27385	16926	36163	6169

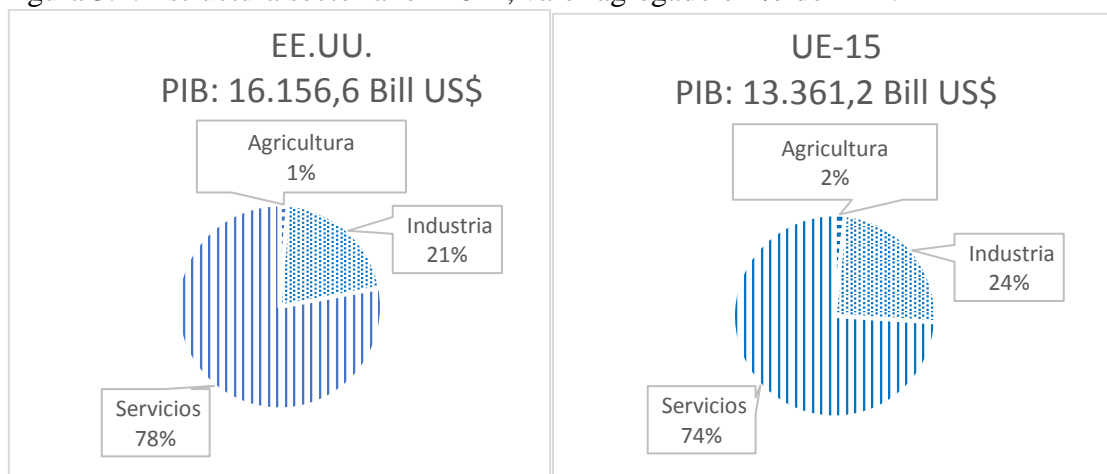
Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

La población de los EE.UU. representa el 85% de la de la UE-15. Además de esta diferencia, por la menor extensión geográfica de la UE, podemos ver que la densidad de población de los EE.UU. es mucho menor; 34,82 habitantes por kilómetro cuadrado, frente a los casi 120 en la Unión Europea en 2014. En este año, el porcentaje de la población que vive en zonas urbanas en los EE.UU. es de 81,45% y el de la Unión Europea 74,57% (Datos del Banco Mundial).

Observando los datos del PIB para el año 2014, tanto en valores absolutos, como por habitante, comprobamos que la UE-15 tiene un PIB menor, con una relación porcentual similar a la anterior, exactamente un 82,7% del PIB estadounidense. Por este motivo, el PIB per cápita de los EE.UU. es de 50.615,51 US\$ mientras que la UE-15, tan solo alcanza los 30.450,25 US\$, es decir, el 70% del estadounidense.

También tiene interés la composición de la estructura económica sectorial de estas dos economías, que encontramos en la siguiente gráfica.

Figura 3.1. Estructura sectorial en 2014, valor agregado en % del PIB.

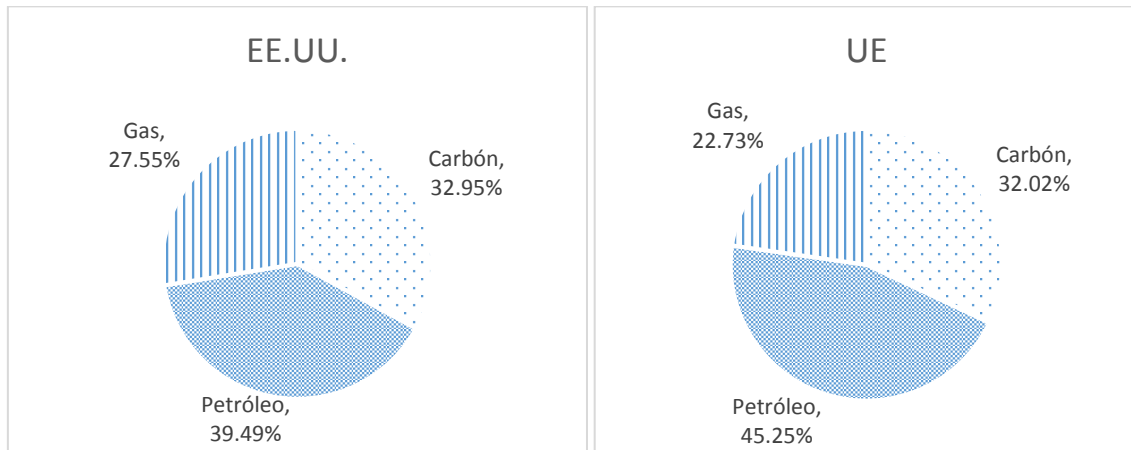


Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, (indicadores del desarrollo mundial, 2017).

Con esta estructura, claramente terciaria, podemos entender que el efecto composición que exponen Grossman y Krueger (1991) ya ha tenido lugar en estas dos economías.

Por último, en cuanto a los datos de emisiones en 2014, la Figura 3.2. presenta los niveles de CO₂ emitidos por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas).

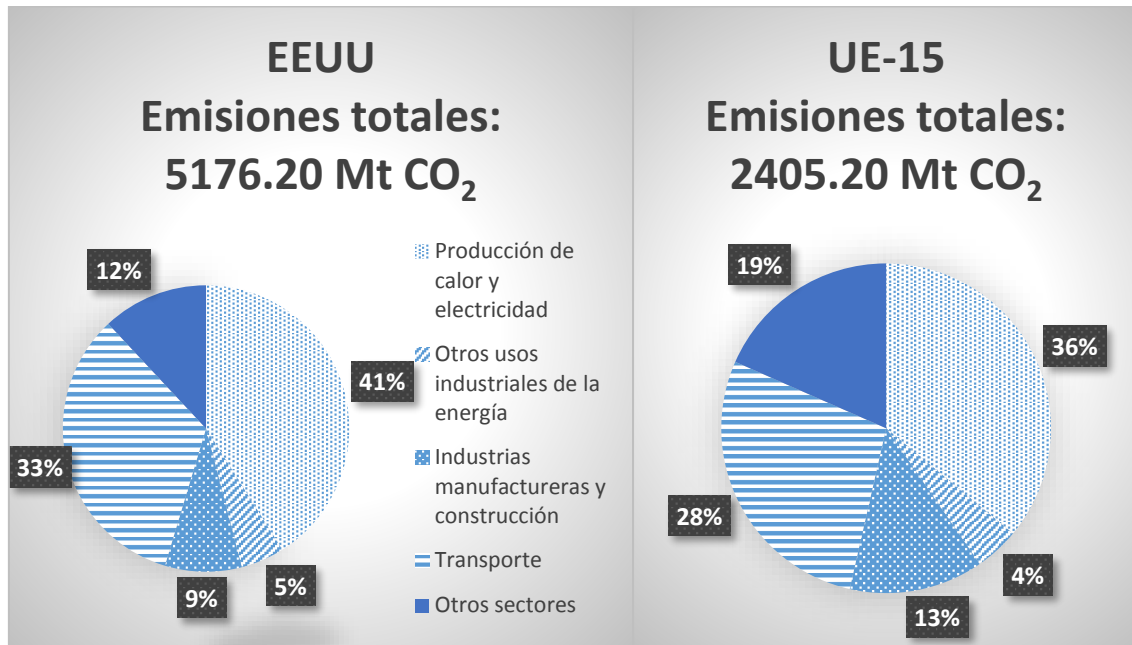
Figura 3.2. Participación de la quema de los principales combustibles fósiles en el nivel total de emisiones de CO₂ en 2014.



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

Como podemos observar, tanto en los EE.UU. como en la UE, la quema de petróleo representa la principal causa de las emisiones de CO₂. La mayor parte de la demanda de petróleo en los EE.UU. se utiliza para el transporte (71% en 2014), seguido de la industria (23%), según estadísticas del Departamento de Transporte de los EE.UU. (EIA, 2017). En cambio, el carbón, con un porcentaje mayor en las emisiones estadounidenses, tiene un gran aporte energético, por lo que es el fósil más utilizado en las centrales eléctricas, las cuales tienen mayor influencia en las emisiones de los EE.UU.

Figura 3.3. Participación por sectores de actividad en las emisiones totales de CO₂ en 2014.



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

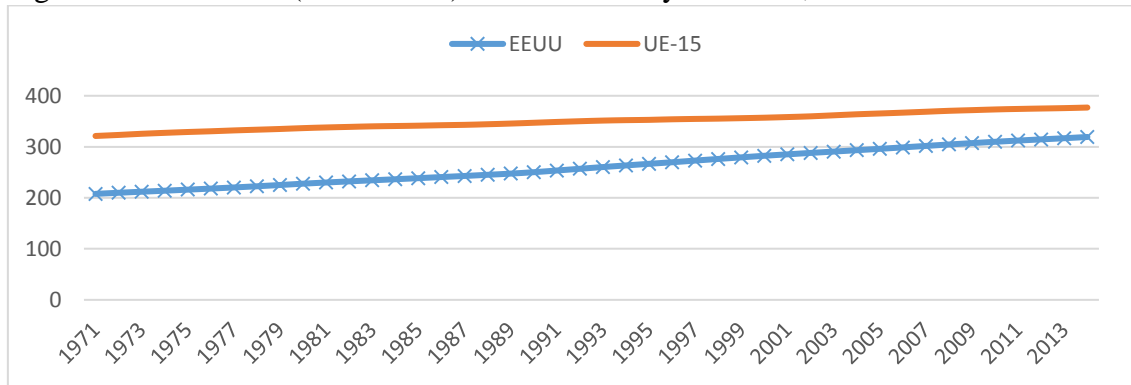
La Figura 3.3. presenta información sobre los sectores económicos responsables de esas emisiones. El sector más contaminante es el de la energía (41% y 36%, respectivamente), seguido por el transporte (33% y 28%). Es preciso señalar que el 90% de las emisiones que produce el transporte son debidas al transporte por carretera. Esto se debe a la gran extensión del territorio y al escaso uso del transporte ferroviario. En cuanto a “otros sectores”, es dominante el uso residencial (incluido en éste), que representa el 7% de las emisiones de los EE.UU., y el 11% de la UE-15.

3.3. Evolución histórica

Una vez presentada la situación actual de estas dos economías, respecto a las características trascendentes en nuestro estudio, analizaremos la evolución histórica de estas variables a lo largo del período de 1971 - 2014.

Aquí, vamos a tratar de ver cómo, cada una de estas variables, ha afectado a la degradación ambiental.

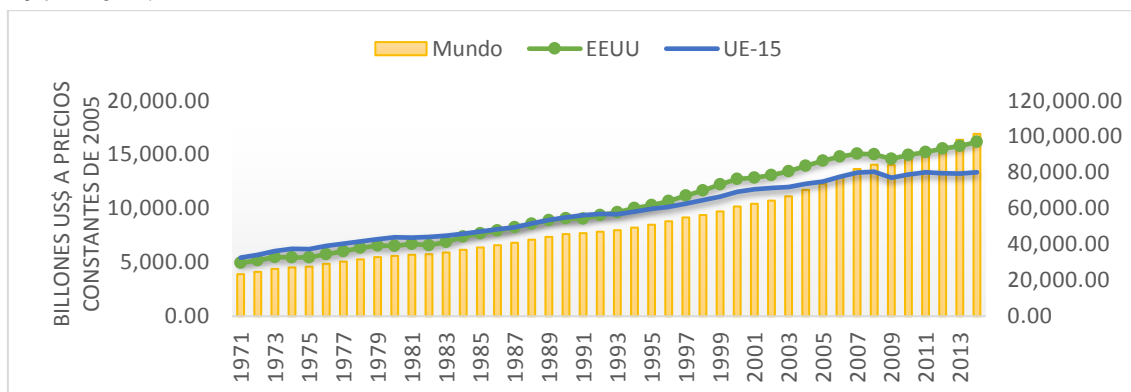
Figura 3.4. Población (en millones) de los EE.UU. y la UE-15, 1971-2014.



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

En primer lugar, la población europea supera con creces a la estadounidense. En el último dato disponible de esta serie (2014), la diferencia se concreta en 57 millones de habitantes. Por otro lado, el crecimiento poblacional de los EE.UU. ha sido del 54% para el período contemplado, contra el 17% del europeo, lo que compensa el aumento de las emisiones totales al compararlas en términos per cápita.

Figura 3.5. Evolución del PIB de los EE.UU., la UE-15 y el Mundo, para el período 1971-2014.



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

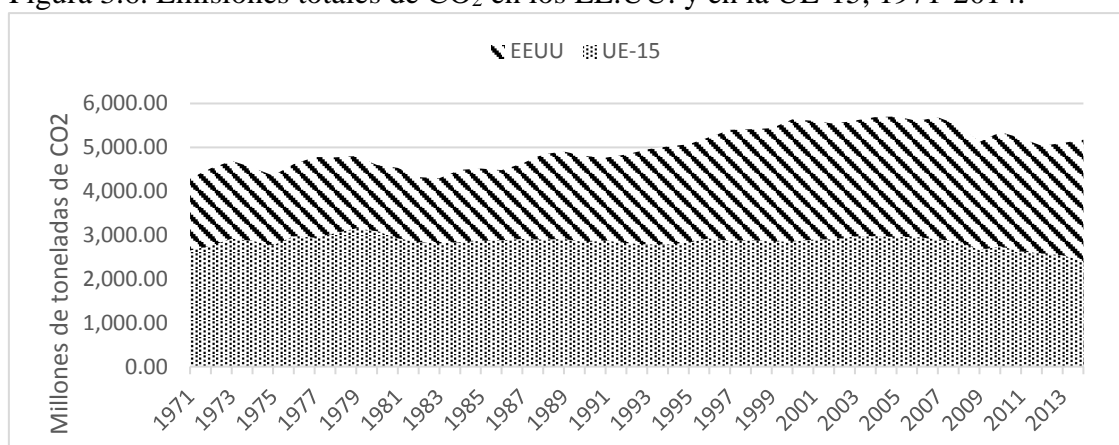
En la Figura 3.5. se representa la evolución del PIB de los EE.UU. y de la UE-15 (eje de ordenadas izquierdo) junto a la del PIB del agregado mundial (eje de ordenadas derecho).

Como se puede observar, el PIB estadounidense y europeo siguen una tendencia similar. La evolución del agregado mundial ha tenido un crecimiento más suave y constante, por lo que se ha visto menos afectado por el componente cíclico de las grandes crisis.

Entre los Estados Unidos y la UE-15 se ve claramente la supremacía del primero durante los últimos 20 años, con un crecimiento superior durante toda la serie temporal. Parte de esta brecha puede ser el reflejo de las mayores tasas de crecimiento de la población que hemos visto anteriormente (Figura 3.4.).

La evolución de las emisiones de CO₂ en ambas economías se resume en la Figura 3.6.

Figura 3.6. Emisiones totales de CO₂ en los EE.UU. y en la UE-15, 1971-2014.



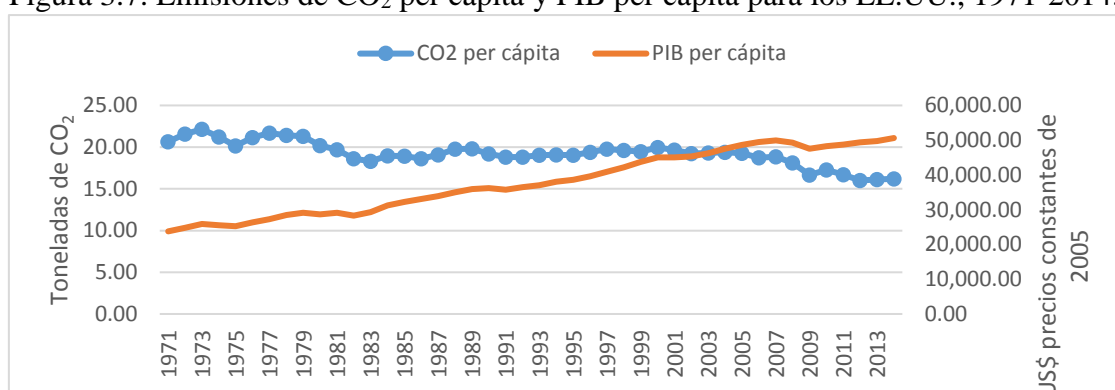
Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

Las emisiones estadounidenses son superiores a las europeas a lo largo de toda la serie, pero puede notarse una mayor diferencia en las últimas décadas. La UE lleva años implementando planes de ahorro energético, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y uso de energías renovables. Así, sus objetivos para 2020 en esta materia son: reducir al menos en un 20% las emisiones de GEI respecto a las de 1990, alcanzar una cuota del 20% de energía procedente de fuentes renovables y mejorar la eficiencia

energética en otro 20%. Este Plan 20/20/20 ha sido extendido y ampliado para 2030, donde los porcentajes ascienden a: 40%, 27% y 27% respectivamente.

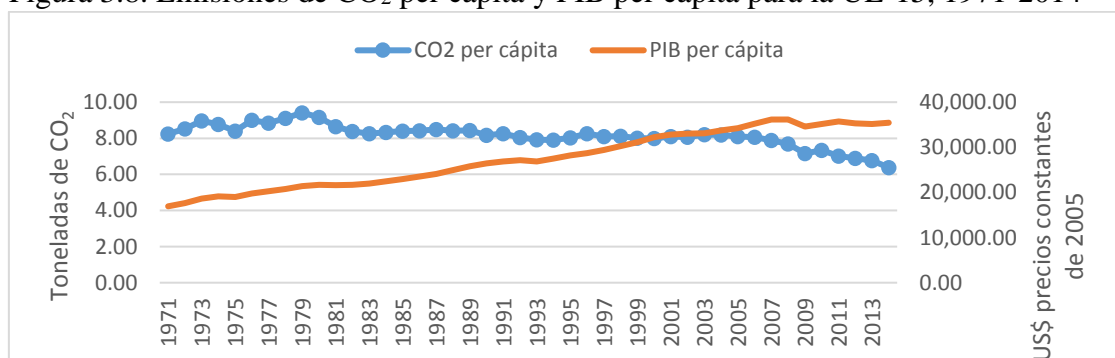
La Figura 3.7. y la Figura 3.8. muestran la evolución anual de la renta per cápita y las emisiones per cápita para los EE.UU. y la UE-15 respectivamente.

Figura 3.7. Emisiones de CO₂ per cápita y PIB per cápita para los EE.UU., 1971-2014.



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

Figura 3.8. Emisiones de CO₂ per cápita y PIB per cápita para la UE-15, 1971-2014



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

La evolución creciente del PIB per cápita, se ha visto afectada por movimientos cíclicos causados por las crisis. En referencia a las emisiones de CO₂ per cápita, se observan muchas oscilaciones sobre una tendencia decreciente. Cabe señalar la gran caída que sufren por las crisis del petróleo (1973 y 1979) y, sobre todo, tras el *crash* de 2007. Por otro lado, entre 1980 y 2007, su nivel ha permanecido bastante estable.

El cruce de las series parece indicar, que el desarrollo económico de las dos economías ha encontrado otras vías de expansión, menos perjudiciales para el medio ambiente.

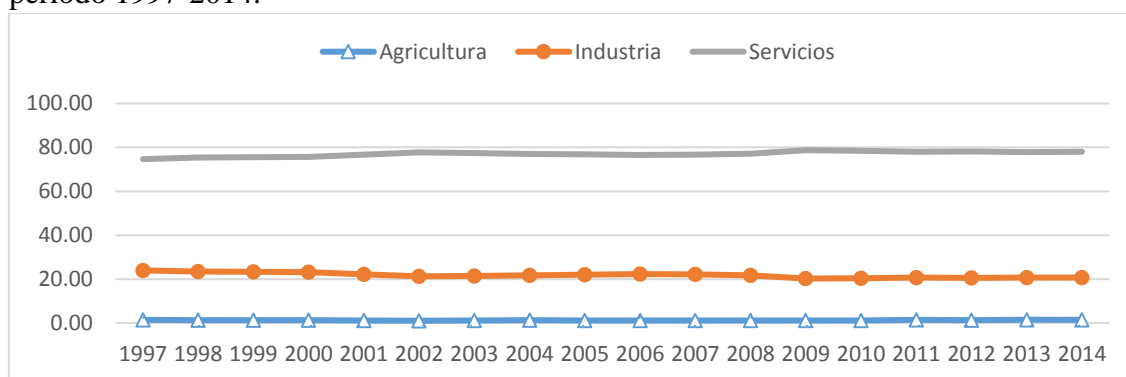
Aunque los datos numéricos de las series estadounidenses sean el doble de los europeos (en términos per cápita), la evolución de éstas, así como la relación que contemplan las Figuras 3.7 y 3.8, demuestra similitudes entre las economías. Una de ellas es su estructura sectorial, que discutimos a continuación.

3.4. La estructura económica sectorial

En los gráficos que siguen, veremos la evolución en la composición sectorial que ha llevado a obtener los datos reflejados en la Figura 3.1.

La serie temporal de los EE.UU. comienza en el año 1997, mientras que la de la UE lo hace en 1991.

Figura 3.9. Evolución de la participación sectorial en el PIB de los EE.UU. para el período 1997-2014.

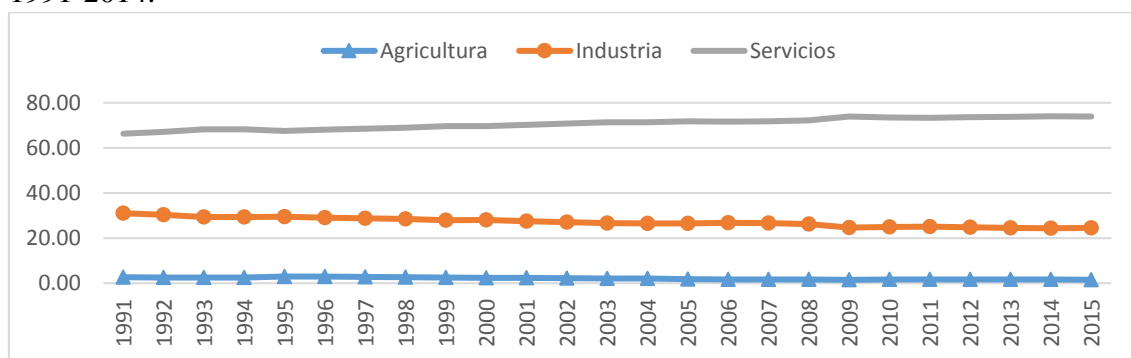


Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

El sector servicios ha mejorado su participación en el PIB estadounidense, alcanzando un aumento de 3.31 puntos porcentuales entre 1997 y 2014. En compensación, ha sufrido una caída el sector industrial, cayendo 3.26 puntos

porcentuales. El sector agrícola disminuye del 1.38% del PIB en 1997 al 1% en el 2002. Pero posteriormente recupera casi toda su participación, quedándose en valores muy cercanos a los del comienzo de la serie.

Figura 3.10. Evolución de la participación sectorial en el PIB de la UE para el período 1991-2014.



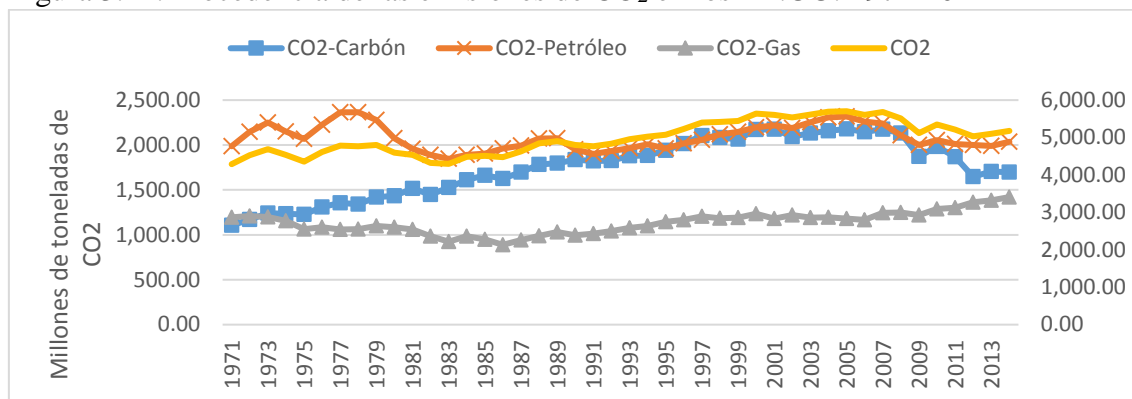
Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

En la UE-15, vemos como el sector servicios ha aumentado considerablemente hasta alcanzar una tasa del 74% del PIB, tan solo, 4 puntos por debajo del estadounidense. El sector agrícola ha disminuido su participación en el PIB en 1 punto porcentual entre los años 1991 y 2014. En comparación con los EE.UU., esta reducción ha sido mayor. Por último, el sector industrial ha reducido su participación en el PIB en 6.5 puntos porcentuales, pasando del 31% en 1991 al 24.5% en el 2015. Aunque, para el mismo período que los EE.UU., la variación ha sido muy parecida debido a que los primeros años se redujo muy rápido la participación de este sector en el PIB de la UE.

3.5. Evolución histórica de fuentes emisoras

En las Figuras 3.11. a 3.12, se muestra la evolución del nivel de emisiones de CO₂ cuyos valores están representados en el eje vertical derecho. En el eje vertical izquierdo, podemos ver el nivel de las emisiones de CO₂, que ha sido emitido por la quema de los distintos combustibles fósiles.

Figura 3.11. Procedencia de las emisiones de CO₂ en los EE.UU. 1971-2014

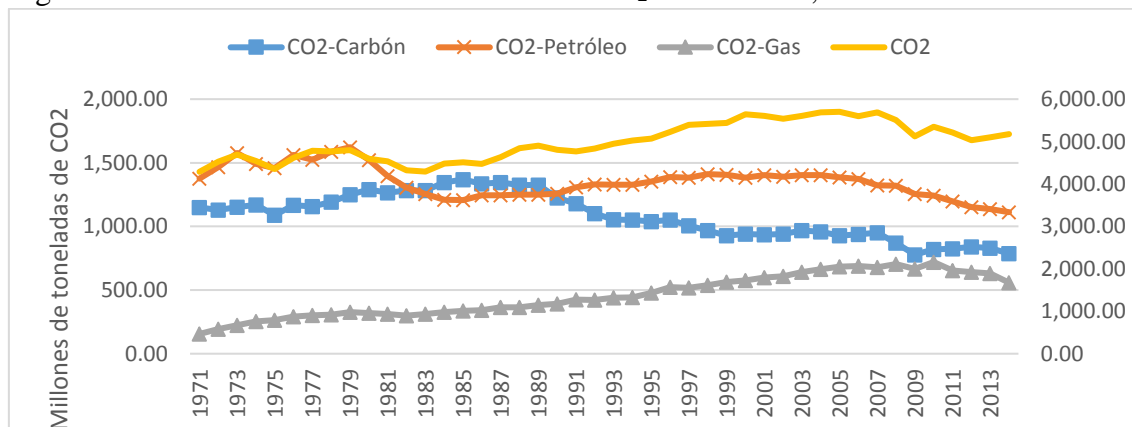


Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

A pesar del mayor uso del petróleo en los EE.UU., hay que notar la creciente dependencia de las importaciones de este fósil, que pueden hacer disminuir su demanda.

La tendencia creciente en el uso del carbón se debe, en este caso, a la autosuficiencia en el consumo. Si bien, la fuerte presión por el control de las emisiones de efecto invernadero, han provocado la disminución de éstas en la última década.

Figura 3.12. Procedencia de las emisiones de CO₂ en la UE-15, 1971-2014



Fuente: Elaboración propia en base a OECD/IEA, 2016.

En la UE-15 se observan tendencias más alentadoras, con el descenso de las emisiones tras el desmantelamiento de las centrales de carbón, aunque en 2013 y 2014 parece haberse frenado. Lo contrario ocurre con el uso del gas, cuya participación respecto del total de emisiones ha crecido, acercándose a la de los EE.UU.

Por otro lado, los recursos renovables están aumentando su participación en la generación de energía. Esto demuestra que las ayudas para el desarrollo sostenible están favoreciendo el efecto tecnológico, hacia fuentes más limpias, aunque la inversión en éstas no sea todavía muy rentable.

SECCIÓN IV. RESULTADOS ECONOMETRICOS DE LA CKA

Las series que utilizamos se corresponden con: el PIB per cápita y las de emisiones de CO₂ per cápita (indicando el grado de degradación ambiental) para el período de 1971 a 2014, para los EE.UU. y la UE-15.

El modelo econométrico que vamos a utilizar para contrastar la hipótesis de la CKA es el siguiente:

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

Vamos a emplear una aproximación log-log. La variable, objeto de estudio, variable endógena (y_t), es el logaritmo de las emisiones de CO₂ per cápita. Para demostrar la relación cuadrática entre la degradación ambiental y la renta, en la parte sistemática, como variables exógenas y explicativas de la emisión de contaminantes, utilizamos el logaritmo del PIB per cápita (x_t) y, en segundo lugar, su cuadrado (x_t^2). Además, el término de la perturbación aleatoria (u_t) recoge otros factores omitidos, sin impacto sistemático en las emisiones.

Al simplificar (a dos variables explicativas) el modelo que presenta Dinda (2004), las relaciones que se deducen de esa ecuación son:

- i) $\beta_1 = \beta_2 = 0$. Patrón plano o no existencia de relación entre la renta (x_t) y las emisiones de CO₂ per cápita (y_t).
- ii) $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = 0$. Una relación monótona creciente o una relación lineal entre x_t e y_t
- iii) $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = 0$. Una relación monótona decreciente entre x_t e y_t .

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

A partir de esas relaciones, observamos que la CKA es solo una de las posibles soluciones al modelo. De la solución (iv) se obtiene el *turning point*:

$$x^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \quad (2)$$

4.1. Estimación de una CKA común para los EE.UU. y la UE-15

Considerando que las dos economías estudiadas parecen bastante similares, estimamos la ecuación CKA con una agrupación (*pool*) indiferenciada de los datos, para el período 1971-2014.

Si la ecuación CKA para el caso de EE.UU., la representamos por:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_t^2 + u_t \quad (3)$$

Y la de la UE-15 mediante:

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 x_t + \theta_2 x_t^2 + v_t \quad (4)$$

La hipótesis nula de homogeneidad de ambas ecuaciones se concreta en:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_t + \alpha_2 x_t^2 + e_t \quad (5)$$

$$\beta_i = \theta_i, \quad i = 0, 1, 2 \quad (6)$$

La Tabla 4.1. presenta los resultados de la estimación del modelo bajo la hipótesis nula indicada.

Tabla 4.1. Resultados de la estimación MCO de la hipótesis nula (5).

	β_i	D.T.	t-ratio	P valor
Constante	29,82	51,09	0,58	0,56
x_t	-5,97	9,88	-0,60	0,55
x_t^2	0,32	0,48	0,67	0,50
$R^2 = 0,20$				

El Test de Chow toma un valor de 590,783 al que le corresponde un p-valor de 2,11e-055; menor al nivel de significación del 5%, por lo que debemos rechazar la hipótesis nula, es decir, existe ruptura estructural entre ambas ecuaciones. Esto nos conduce a estimar las dos ecuaciones de forma individual.

4.2. Estimación individual de la CKA para los EE.UU. y la UE-15

Como hemos comprobado que las dos economías se comportan de forma distinta, vamos a estudiar cada una de ellas por separado. Para ello tomaremos los modelos (3) y (4) ya presentados.

4.2.1. Estimación de la CKA para los EE.UU.

La estimación MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios) del modelo para los EE.UU., durante el período comprendido entre 1971 y 2014, es el siguiente:

$$y_{it} = -3,7 + 1,49x_{it} - 0,08x_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Tabla 4.2. Resultados de la estimación MCO del modelo para los EE.UU., (7)

	β	D.T.	t-ratio	P valor
Constante	-3,7	20,86	-0,18	0,86
x_t	1,49	3,98	0,37	0,71
x_t^2	-0,08	0,19	-0,43	0,67
$R^2 = 0,49$				

El valor R^2 nos indica que el 49% de la variación de la variable dependiente, en este caso las emisiones de CO_2 per cápita, estarían explicadas por el modelo.

Los t-ratios son muy pequeños (por debajo de $|2|$) y los valores de probabilidad superiores a 0,05. Esto significa que, para un nivel de significación del 5%, no rechazamos la hipótesis nula de no significatividad, es decir, no son estadísticamente significativos. Esto ya nos indica que hay problemas de especificación por lo que podemos encontrar que la forma funcional del modelo sea incorrecta.

El problema del modelo (7) puede surgir bien porque el impacto numérico de dichas variables es muy reducido o porque, siendo importante, no se mide con suficiente precisión, como se aprecia en el hecho de que las desviaciones típicas sean elevadas, en relación con la estimación numérica de los coeficientes.

En cuanto a los contrastes de especificación, verificaremos que el modelo no es aceptable de acuerdo al Test RESET de Ramsey, cuyo estadístico de contraste es 7,47, obteniendo un p-valor de 0,01, menor que la probabilidad del error (0,05).

A continuación, analizamos otros contrastes básicos, como: autocorrelación, heterocedasticidad y normalidad.

Realizando estos contrastes de especificación, encontramos que existe autocorrelación (estadístico de contraste: LMF = 86,62; p-valor = $1,47e-011$) y que el error no se ajusta a una distribución Normal (estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 6,23; p-valor = 0,04).

Figura 4.1. Gráfico de los residuos del modelo (7) contra el tiempo.

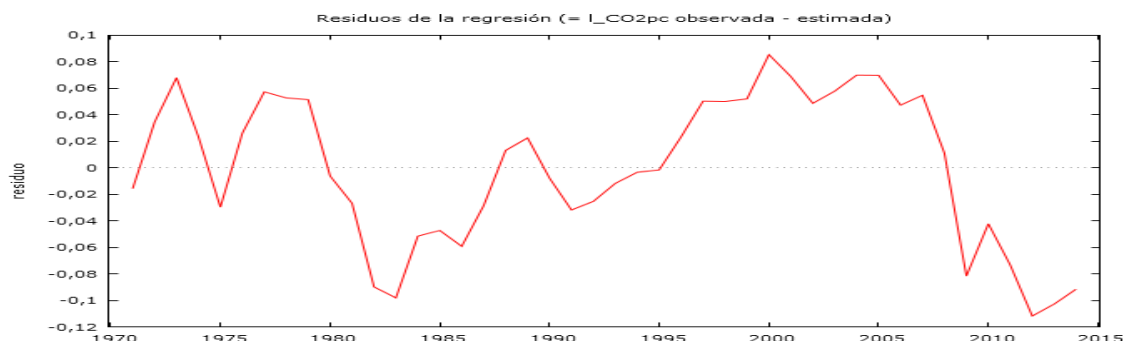


Figura 4.2. Correlograma de los residuos del modelo (7).

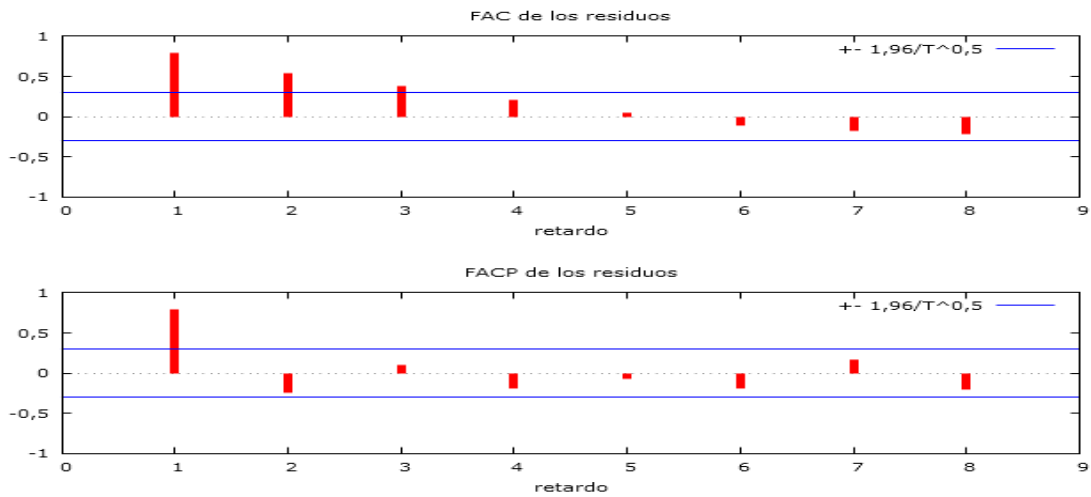
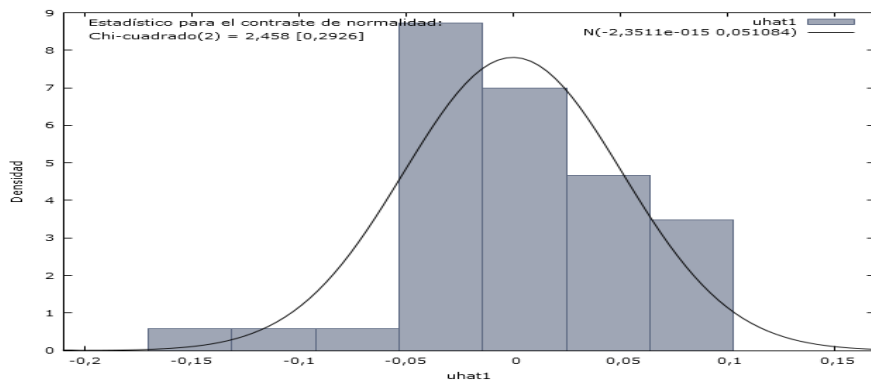


Figura 4.3. Histograma de frecuencias de los residuos del modelo (7).



La existencia de autocorrelación puede crear un problema de ineficiencia, es decir, una varianza mayor en los estimadores que seguirán siendo insesgados. En cambio, una falta de normalidad es un problema difícil de resolver que afecta a la ineficiencia del modelo.

Tras realizar el Contraste de heterocedasticidad de Bresch-Pagan, obtenemos un p-valor = $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 5,05) = 0,08$. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, es decir, comprobamos que no hay heterocedasticidad.

La ecuación (7), como se ha dicho, no es aceptable porque presenta problemas tanto en el término de error (autocorrelación y normalidad) como en la forma funcional (Test RESET). Vamos a analizar una versión simplificada eliminando el logaritmo del PIB per cápita al cuadrado (x_t^2).

La estimación MCO del modelo para los EE.UU., resultante de esta modificación, será la siguiente:

$$y_{it} = 5,32 - 0,22x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Tabla 4.3. Resultados de la estimación MCO del modelo para los EE.UU., (8).

	β	No robusta		Robusta	
		t-ratio	P valor	t-ratio	P valor
Constante	5,31	14,21	1,20e-017	8,96	2,70e-011
x_t	-0,22	-6,31	1,42e-07	-3,93	0,0003
$R^2 = 0,49$					

Este modelo presenta casi los mismos problemas que el anterior (7), obteniendo que: existe autocorrelación (p valor = $P(F(1, 41) > 83,77) = 1,85e-011$), el error no se distribuye según la Normal (estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 6,69 y p-valor = 0.03) y no existe heterocedasticidad (p-valor = $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 3,43) = 0,06$).

Como aspectos positivos, puede observarse en los estadísticos t-ratios, y sus respectivos p-valores, que son significativos. Además, al aplicar el Test RESET, que arroja un estadístico de contraste $F(1, 41) = 0,19$; no se rechaza la hipótesis nula de especificación adecuada, al obtener un p-valor (0,67) superior al nivel de significación.

Una posible explicación a los problemas antes detallados, teniendo en cuenta que el modelo está correctamente especificado, puede deberse a que nos encontramos con unos datos que sólo representan la parte última de la CKA (descendiente). Esto puede deberse al alto nivel de desarrollo alcanzado en la EE.UU. en las últimas décadas del siglo pasado. Ante esta falta de concordancia con la teoría, podría realizarse el análisis de este modelo, de una forma más exhaustiva, es decir, tomando una serie temporal mayor, para observar la dependencia de las emisiones respecto del PIB en sus distintas fases.

4.2.2. Estimación de la CKA para la UE-15

La estimación MCO del modelo para la UE-15, durante el período comprendido entre 1971 y 2014 es el siguiente:

$$y_{it} = -43,4 + 9,21x_{it} - 0,46x_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

Tabla 4.4. Resultados de la estimación MCO del modelo para la UE-15 (9)

	β	No robusta		Robusta	
		t-ratio	P valor	t-ratio	P valor
Constante	-43,4	-2,42	0,02	-2,04	0,05
x_t	9,21	2,61	0,01	2,18	0,03
x_t^2	-0,46	-2,68	0,01	-2,22	0,03
$R^2 = 0,61$					

A primera vista, se observan grandes diferencias respecto al modelo (7) de los EEUU. En primer lugar, el R^2 indica que la parte sistemática está explicando el 61% de las variaciones de la variable dependiente. Esto quiere decir que las emisiones de CO_2 en la UE-15 dependen de la renta en mayor medida que las estadounidenses, en concreto, 11 puntos porcentuales más.

Además, los estadísticos t-ratio son mayores que $|2|$, y los p-valor menores que 0.05. Por lo tanto, estos estimadores sí que son estadísticamente significativos.

Para comprobar si el modelo está correctamente especificado, realizamos el Contraste RESET de Ramsey. El p-valor para el estadístico de contraste ($F = 0,06$) es de 0,8. Al nivel de significación del 5%, no se rechaza la hipótesis nula de forma funcional correcta, por lo que, este modelo está bien especificado.

Antes de realizar el Contraste de autocorrelación, vamos a observar, en los siguientes gráficos, la evolución y la tendencia que siguen los residuos del modelo (9).

Figura 4.4. Gráfico de los residuos del modelo (9) contra el tiempo

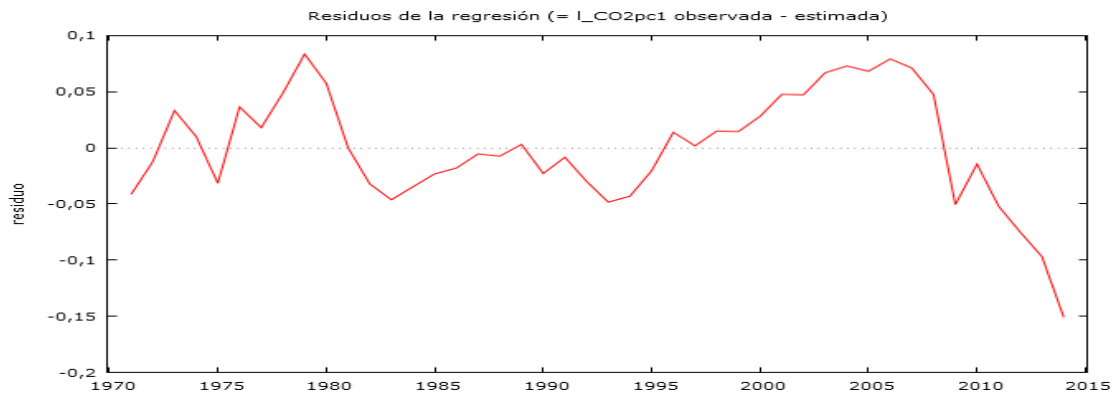
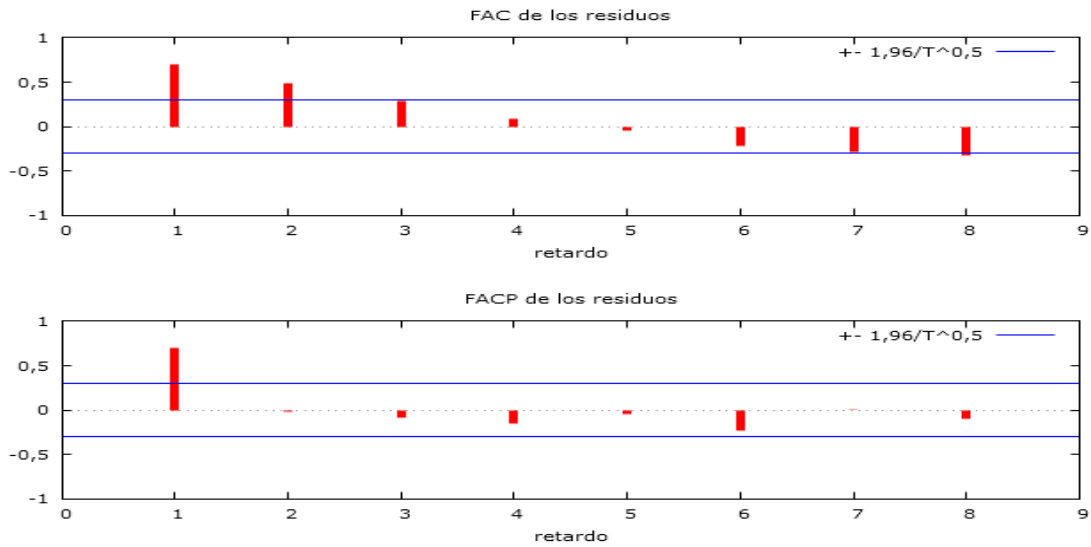


Figura 4.5. Correlograma de los residuos del modelo (9).



Las funciones de autocorrelación (FAC) son descendientes en los dos modelos, por lo tanto, las series no presentan tendencia, es decir, son estacionarias. Por otro lado, las funciones de autocorrelación parcial (FACP) indican en los dos casos que estamos ante modelos autorregresivos de orden 1, es decir, AR (1)

Se observa que los residuos están creciendo en varianza ya que las oscilaciones son mayores al final de la serie. La tendencia, creciente y decreciente indica autocorrelación positiva y posible heterocedasticidad.

Realizando el Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación de primer orden MCO, el estadístico de contraste $LMF = 71,52$ arroja un p-valor = $1,92e-010$. Este

resultado nos lleva a rechazar la hipótesis nula, por lo que se confirma la existencia de autocorrelación.

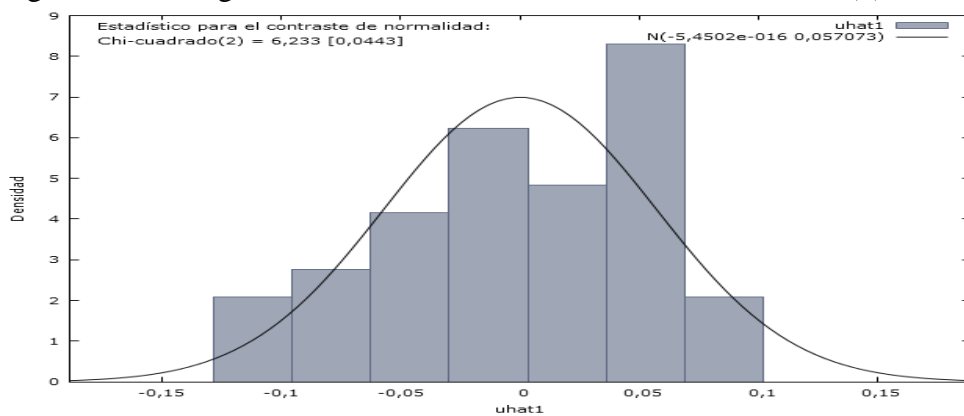
El Contraste de heterocedasticidad de Bresuch-Pagan para el modelo (9), presenta un estadístico de contraste LM = 13,44 con un p-valor = 0,001, que nos lleva a rechazar la hipótesis nula. Como la hipótesis alternativa es que existe algún tipo de heterocedasticidad, comprobamos que sí que existe.

La explicación de la existencia de heterocedasticidad en este modelo es que la muestra de la UE-15 está conformada por datos agrupados de distintos países. La consecuencia de esta característica es la pérdida de eficiencia del estimador MCO, aunque sigue siendo insesgado, hasta este punto del análisis.

Los problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad encontrados en este modelo (modelo 9 para la UE-15) los solucionamos acudiendo a una estimación MCO robusta, un método que nos permite obtener estimadores más precisos y fiables y por consiguiente realizar contrastes de hipótesis válidos.

Por último, vamos a estudiar si el error se distribuye según la Normal, para lo que realizamos el Contraste de normalidad de los residuos.

Figura 4.6. Histograma de frecuencias de los residuos del modelo (9).



En contraposición al resultado que podría interpretarse de la observación de la Figura 4.6., el estadístico para el Contraste de normalidad: Chi-cuadrado (2) = 2,46 arrojando un p-valor = 0,29; mayor al nivel de significación del 5%. Aceptamos, por tanto, la hipótesis nula de distribución Normal.

CONCLUSIONES

En las últimas décadas, los datos sobre el Calentamiento Global reflejan una crisis medioambiental del sistema climático, por lo que se precisan cambios hacia un desarrollo sostenible. A través de Acuerdos Internacionales, como el Protocolo de Kyoto, impulsados por las principales potencias mundiales, es la única vía para lograr la estabilidad futura a nivel ambiental.

En este trabajo, hemos tratado de demostrar el cumplimiento de la teoría desarrollada por Kuznets (1965), poniendo en relación el nivel de emisiones de CO₂ y la renta per cápita, para el período entre 1971 y 2014, en dos regiones con características de desarrollo similares.

Al examinar la hipótesis de la CKA para el conjunto de los EE.UU. y la UE-15, comprobamos que existe un problema de ruptura estructural, por lo que no tiene sentido plantear un análisis conjunto.

Hemos realizado el mismo estudio, por separado, obteniendo resultados diferentes. En el caso de la UE-15 se corrobora la existencia de la CKA, a pesar de que encontramos problemas de heterocedasticidad y de autocorrelación, debido a la diversidad de los países que componen la muestra.

El modelo de los EE.UU. se rechaza en una primera modelización y se ha evaluado con una segunda especificación eliminando el término cuadrático. A pesar de esto, los resultados de este análisis nos reportan una relación monótona decreciente entre el nivel de emisiones de CO₂ y el PIB per cápita.

En base a los resultados del análisis econométrico, se observa el cambio hacia un desarrollo menos contaminante. Tal y como describe la teoría de la CKA, ambas economías se sitúan en la última parte de la curva.

La diferencia entre los EE.UU. y la UE-15, responde a la supremacía del primero, en alcanzar aquel nivel de desarrollo que le ha permitido sobrepasar el denominado *turning point* y situarse, en la deseada parte descendiente de la relación desarrollo-contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

ANTWEILER, W., COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S. (2001): "Is free trade good for the environment?". *American Economics Review*, Vol. 91, N° 4, páginas 877-908.

ARROW, K., BOLIN, B., COSTANZA, R., DASGUPTA, P., FOLKE, C., HOLLING, C.S., JANSSON, B.-O., LEVIN, S., MALER, K.-G., PERRINGS, C., PIMENTAL, D. (1995): "Economic growth, carrying capacity and the environment". *Ecological Economics*, Vol. 15, N° 2, páginas 91-95.

BECKERMAN, W. (1992): "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?". *World Development*, Vol. 20, N° 4, páginas 481-496.

COLE, M.A. (2004). "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages". *Ecological Economics*, Vol. 48, N° 1, páginas 71-81.

COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S. (2004). "Trade, Growth, and the Environment". *Journal of Economic Literature, American Economic Association*, Vol. 42, N° 1, páginas 7-71.

DASGUPTA, S. (2002): "Confronting the Environmental Kuznets Curve". *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 16, N° 1, páginas 147-168.

DASGUPTA, S., LAPLANTE, B., MAMINGI, N. (2001): "Pollution and Capital Markets in Developing Countries". *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 42, N° 3, páginas 310-335.

DINDA, S. (2004): "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey". *Ecological Economics*, Vol. 49, N° 4, páginas 431-455.

GROSSMAN, G., KRUEGER, A. (1991): "Environmental impacts of North American free trade agreement". *Cuadernos de economía*, Vol. 35, N° 97, páginas 43-54.

KOMEN, R., GERKING, S., FOLMER, H. (1997): "Income and environmental R&D: empirical evidence from OECD countries". *Environment and Development Economics*, Vol. 2, N° 4, páginas 505-515.

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

PANAYOTOU, T. (1993): "Empirical Test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development". *Working Paper WP238 Technology and Employment Programme, Geneva: International Labour Office*.

SELDEN, T., SONG, D. (1994): "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emission?". *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 27, N° 2, páginas 147-162.

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

STERN, D.I., S. COMMON, M., B. BARBIER, E. (1996). "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development". *World Development*, Vol. 24, N° 7, páginas 1151-1160.

VUKINA, T., BEGHIN, J.C., SOLAKOGLU, E.G. (1999): "Transition to Markets and the environment: Effects of the Change in the Composition of Manufacturing Output". *Environment and Development Economics*, Vol. 4, N° 4, páginas 582-598.

ZILIO MARIANA, I. (2011): *La Curva de Kuznets Ambiental: evidencia para América Latina y el Caribe*. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

ZILIO MARIANA, I. (2012): "Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo". *Cuadernos de economía*, Vol. 35, N° 97, páginas 43-54.

ZHANG, X., CALDEIRA, K. (2015): "Time scales and ratios of climate forcing due to thermal versus carbon dioxide emissions from fossil fuels". *Geophysical Research Letters*, Vol. 42, N° 11, páginas 4249-4662.