



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Economía y medio ambiente.
Emisión de gases contaminantes.

Autor/es

Alejandro Martínez Catalán

Director/es

Jesús Mur Lacambra
Majed Atwi Saab

Facultad de economía y empresa
2017

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es examinar la relación entre el crecimiento económico y el deterioro medioambiental, en este caso centramos la discusión en las emisiones de CO₂. Para profundizar en esta relación, llevaremos a cabo una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), y analizaremos sus principales condicionantes. También haremos un recorrido por los acuerdos internacionales más trascendentales, desde la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático hasta el Acuerdo de París. Como caso de estudio seleccionamos Finlandia, país caracterizado por su alto compromiso con el medio ambiente y muy proactivo en el desarrollo de tecnologías limpias. Con esta finalidad resolvemos una aplicación econométrica de la CKA con datos de Finlandia procedentes de las últimas décadas. El propósito es verificar la relación entre la evolución de la renta y las emisiones de CO₂, y comprobar el sostenimiento de la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental al caso de Finlandia.

ABSTRACT

The aim of this paper is to examine the relationship between economic growth and environmental degradation, throughout this case we will focus the discussion on CO₂ emissions. To deepen this relationship, we will conduct an extensive review on the literature related to the Environmental Kuznets Curve. EKC, and we will analyze its main conditioning factors. We will also take a tour of the most far-reaching international agreements, from the United Nations Framework Convention on Climate Change to the Paris Agreement. As a case study, we selected Finland, a country characterized by its high commitment to the environment and very proactive in the development of clean technologies. For this purpose we have solved an econometric application of the EKC with data from Finland from the last decades. The purpose of this is to verify the relationship between income evolution and CO₂ emissions, and to test the sustainability of the Environmental Kuznets Curve hypothesis in the case of Finland.

ÍNDICE

RESÚMEN.....	2
ÍNDICE.....	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ECONOMÍA MEDIOAMBIENTAL.	
CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL Y PROTOCOLO DE KIOTO.....	5
2.1. Grandes propósitos: El Protocolo de Kyoto.....	8
2.1.1. Antecedentes.....	8
2.1.2. La CMNUCC.....	9
2.1.3. Protocolo de Kyoto (PK)	10
2.1.4. Acuerdos posteriores. La conferencia de Lima y el acuerdo de París.....	11
2.2. La curva de Kuznets ambiental (CKA).....	12
2.2.1. Definición y aspectos fundamentales de la CKA.....	12
2.2.2. Determinantes de la Curva de Kutznets Ambiental.....	15
3. FINLANDIA, UN EJEMPLO A SEGUIR.....	24
3.1. Finlandia. Datos de interés.	24
3.2. Finlandia y el medio ambiente.	26
4. ¿SE CUMPLE LA HIPÓTESIS DE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL? EVIDENCIA EMPÍRICA.,ANÁLISIS ECONOMÉTRICO.....	30
5. CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO 1: DATOS UTILIZADOS.....	41

1. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, la Tierra ha recorrido diferentes fases cuyo proceso evolutivo abarca varios miles de millones de años en un proceso extremadamente lento y gradual, pero todo ha cambiado durante los dos últimos siglos. El ser humano ha alterado esta transición natural, acelerándola de forma exponencial y dando lugar a lo que en la actualidad llamamos cambio climático. La 1^a Revolución Industrial fue el origen de este cambio. Supuso un punto de inflexión para las economías, pero también lo sería para el medio ambiente. Hasta hace no muchos años, las carencias legislativas y la ignorancia por falta de evidencias y estudios que demostrasen un problema medioambiental cada vez más presente, han permitido que el crecimiento económico se sustente en el consumo masivo de recursos sin atender a la eficiencia en términos ecológicos de los procesos productivos, engendrando un problema medioambiental sin precedentes. Esta falta de conciencia puede achacarse también a la falta de medios y técnicas aplicables a los procesos productivos de hace décadas.

Hoy en día el cambio climático es una amenaza evidente y es objeto de estudio y análisis de numerosos estudios y está en el punto de mira de las políticas gubernamentales.

Hay países cuya implicación es mayor que la de otros, generalmente debido a intereses económicos, puesto que implicarse con el medio ambiente no resulta poco costoso.

Resulta complejo analizar este problema de forma global, ya que si tuviésemos en cuenta a todos los países, las conclusiones que sacaríamos serían heterogéneas y posiblemente poco robustas, debido a las grandes diferencias que existen entre economías del mundo.

Es por este motivo que nos centraremos en Finlandia como país objeto de estudio y análisis, ya que es uno de los países más implicados y concienciados en el proceso de adaptación para sortear el cambio climático.

Pero antes de entrar en detalles y analizar datos reales de la economía finlandesa, que será el objetivo del tercer apartado del presente trabajo, analizaremos dos elementos cuyos efectos sobre el estudio de la materia y la calidad medioambiental, han sido determinantes desde el momento en el que se formularon. Se trata de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) y el Protocolo de Kyoto.

2. ECONOMÍA MEDIOAMBIENTAL. CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL Y PROTOCOLO DE KIOTO.

Las economías han evolucionado de forma muy acelerada en los últimos dos siglos, mucho más que en el resto de la historia. Pero las emisiones de gases contaminantes y la repercusión medioambiental que ha ocasionado la sobreexplotación, también han aumentado de forma equiparable. No ha sido hasta hace unos pocos decenios, cuando hemos reconocido los daños que este crecimiento incontrolado estaba efectuando sobre nuestro entorno. Desertificación, extinción de especies, catástrofes naturales frecuentes y calentamiento global entre otras. Todos estos desequilibrios están estrechamente relacionados entre sí. Según numerosos estudios científicos, como por ejemplo el llevado a cabo por la Universidad de Berkley, es posible que estemos alcanzando un punto de no retorno, a partir del cual, el sistema de auto-renovación natural de recursos del planeta y las medidas que pudiésemos poner en práctica para revertir la situación, serían inefectivas. Dicho estudio se publicó en el año 2011 (“Berkley Earth Surface Temperature”) y corroboró otros estudios importantes llevados a cabo previamente por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) o la NASA.

Este trabajo se focaliza principalmente en el calentamiento global, cuyos principales percusores son los gases efecto invernadero, generados y emitidos a la atmósfera por las actividades productivas y cotidianas que el ser humano efectúa de forma rutinaria.

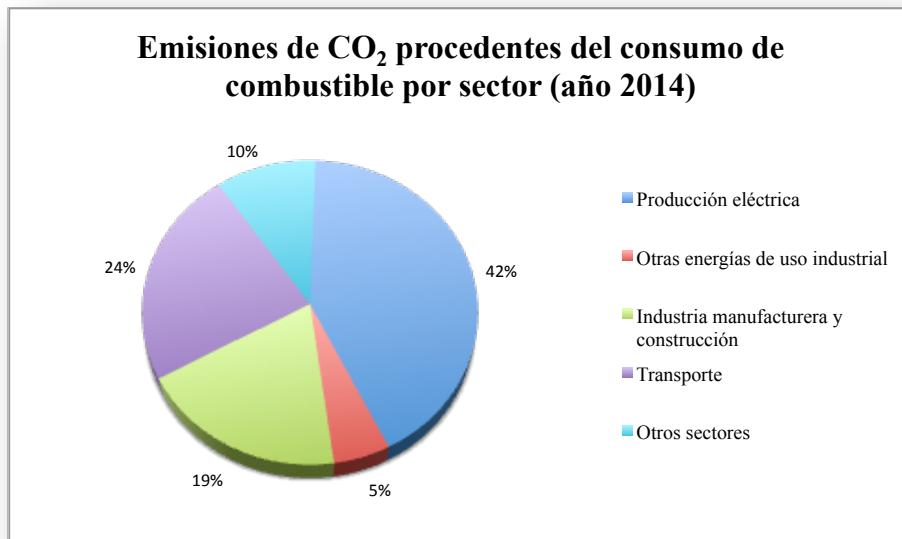
A continuación se detallan los principales gases nocivos para el medio ambiente según Naciones Unidas. También se enumeran las actividades que los generan.

- Dióxido de carbono (CO₂). Este gas tiene dos orígenes, natural y antropogénico. Se produce de forma natural en capas inferiores del planeta, y es emitido a la atmósfera a través de volcanes o géiseres. Las emisiones de origen antropogénico, se originan por diversas actividades realizadas por el hombre.
El incremento de la concentración de CO₂, tiene graves efectos sobre el equilibrio medioambiental, debido a los aumentos de temperatura que produce. A lo largo de los dos últimos siglos la presencia de este gas ha aumentado notablemente en la atmósfera.
La producción de energía mediante procesos térmicos o la mayor parte de los vehículos, emiten CO₂.

- Metano (CH_4). También conocido como gas natural, se forma por procesos naturales y se extrae del subsuelo terrestre en su estado natural, aunque también se genera por la descomposición de materia orgánica (vertederos) o por el ganado (especialmente por el bovino). Este gas se usa directamente en el ámbito doméstico.
- Óxido nitroso (N_2O) Procede de determinadas bacterias, pero también se produce por el uso de fertilizantes químicos y orgánicos, la quema de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico (reactivo en laboratorios, producción de explosivos y fertilizantes) o la creación de biomasa.
- Hidrofluorocarbonos (HFC). Es un gas con aplicaciones refrigerantes, creados para sustituir los CFC's y en un principio ecológicos. Sin embargo la presencia del flúor, lo convierte en un gas efecto invernadero. En los últimos años se han establecido regulaciones que limitan su uso.
- Perfluorocarbonos (PFC). Es un compuesto sintético, con fuerte repercusión negativa sobre el medio ambiente. Su fuente de emisiones principal es la elaboración de aluminio en su fase primaria.
- Hexafluoruro de azufre (SF_6). Es un gas con efecto invernadero potente, y además su tiempo de vida en la atmósfera es muy largo. Se emplea como aislante eléctrico, en la producción de plasma para televisiones y en procesos siderúrgicos.

El CO_2 es el gas con menor efecto invernadero de todos los mencionados. Sin embargo este es el gas con más emisiones a la atmósfera, debido a su origen, la combustión de oxígeno. Dicha combustión es una reacción química muy habitual en procesos productivos, en los motores de la mayor parte de vehículos y en la obtención de energía (combustión de carbón).

Las emisiones de CO_2 son las más difíciles de reducir a gran escala y por ende, en la actualidad, disminuir las emisiones de este gas a la atmósfera está en el foco de atención de todas las instituciones gubernamentales y ONG's. El resto de gases tienen un efecto mucho más potente, pero su emisión se ha ido controlando cada vez más, sustituyendo procesos productivos y estableciendo regulaciones, por ejemplo en aerosoles, hasta hace pocos años con un alto contenido en CFC's .



Gr. 1 Carga de emisiones de CO₂ que soporta cada sector de la economía a nivel global.

Elaboración propia. Fuente de datos: IEA (Agencia Internacional de Energía) (2016).

Este breve análisis de los principales gases de efecto invernadero, muestra con claridad su presencia en nuestro entorno, el efecto que tiene sobre la economía y el grado de dificultad que conlleva disminuir sus emisiones. Existen barreras tanto económicas como tecnológicas que impiden sustituir los procesos productivos actuales (en algunos casos muy poco desarrollados) por otros más respetuosos con el medio ambiente, pero que suponen costes económicamente elevados, que además condicionan la rentabilidad de la actividad económica en cuestión.

Gobiernos, ONG's y científicos llevan años comprometiéndose cada vez más con el medio ambiente, tratando de mitigar los daños ocasionados por el crecimiento económico, e intentando conseguir un crecimiento sostenible en el largo plazo. Para ello se han elaborado numerosos estudios y se han firmado alianzas y pactos que comprometen a las naciones firmantes a establecer las medidas oportunas para conseguir mejorar el medio ambiente y lograr un crecimiento económico sostenible. A continuación se detallan dos de los elementos más importantes que han conseguido dinamizar esta discusión, el Protocolo de Kyoto y la Curva de Kuznets Ambiental. Ambos de distinta naturaleza, pero su objetivo es el mismo: analizar el medio ambiente en relación con la economía y aportar medidas y soluciones al problema.

2.1. Grandes propósitos: El Protocolo de Kyoto.

A lo largo de la historia han sucedido numerosas conferencias, y se han firmado tratados cuyo objetivo es remediar las consecuencias que la actividades económicas llevadas a cabo por el hombre están teniendo sobre el clima. Nos centraremos en los acuerdos más relevantes que finalmente desembocaron en el Protocolo de Kyoto, que es el acuerdo que centraliza todas las negociaciones cuyo objetivo principal es reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y lograr un crecimiento sostenible de manera global.

2.1.1. Antecedentes

Fue a comienzos del S.XIX cuando la comunidad científica empezó a evidenciar cambios en el equilibrio natural climático y reconociendo el luego denominado efecto invernadero natural, esto es el aumento de la temperatura atmosférica producido por la acumulación de determinados gases.

Entre 1950 y 1980 los datos recogidos mostraban un aumento real de la concentración de CO₂, a un ritmo muy elevado. Además registraron variaciones en las masas de hielo de los polos y en los sedimentos de lagos naturales.

En 1988 se creó el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), que en 1990 presentó un estudio elaborado por 400 científicos referido a las investigaciones sobre el clima que se estaban llevando a cabo desde hacía tiempo y que afirmaba el calentamiento global. Tras este manifiesto, los gobiernos aprobaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que se firmó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, 1992).

En la actualidad, los informes del IPCC se utilizan para tomar decisiones en el contexto de CMNUCC, y tuvo un papel importante en las negociaciones llevadas a cabo en el Protocolo de Kioto.

A pesar de que los datos mostraban evidencias claras de un cambio climático real, el conjunto de la sociedad, no se concienció hasta principios del S.XXI. A continuación se

enumeran algunas observaciones científicas que lograron que la sociedad comenzase a implicarse.

- Disminución de la corteza de hielo de los polos, así como la masa de hielo de los glaciares en alta montaña.
- Precipitaciones menos regulares: Mucho más abundantes en determinadas regiones, pudiendo originar desastres naturales, y muy escasas en otras, dando lugar a intensas sequías.
- Aumento de la temperatura media del planeta. Aumento de la actividad tropical, traducido en más ciclones y huracanes.
- Desplazamiento de las estaciones y de las especies animales y de plantas hacia los polos.

2.1.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

El primer manifiesto de la CMNUCC se da en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo junto con otros dos tratados (Convenio sobre la Diversidad Biológica y Convención de la Lucha contra la Desertificación), todos ellos estrechamente relacionados entre sí. Dicha conferencia se desarrolló en Río de Janeiro (Brasil) en 1992. No obstante, la CMNUCC se firma en Nueva York ese mismo año y entró en vigor en marzo de 1994. A día de hoy, prácticamente todos los países del planeta se han adherido al mismo.

La importancia de la CMNUCC reside en la incorporación de un tratado multilateral, el Protocolo de Montreal (1987), que obligaba a los estados miembros a actuar por el interés de la seguridad humana incluso a falta de certeza científica. El éxito de la convención radica en su carácter genérico y flexible, y logra por fin que el cambio climático se considere un problema real.

2.1.3. Protocolo de Kyoto (PK)

El Protocolo de Kioto se establece en la CP3¹ de Kyoto (Japón) en diciembre de 1997. Pone en práctica los principios de la CMNUCC y su objetivo es disminuir las emisiones de gases contaminantes que los países industrializados emiten a la atmósfera. La diferencia entre el PK y la CMNUCC es que esta última solo sugiere el compromiso con el medio ambiente mientras que el PK es coactivo.

El PK vincula a 37 países industrializados y a la Unión Europea (UE) (la lista completa aparece en el Anexo I del PK) y les exige una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el período 2008-2012 en base a las emisiones de 1990. Dichos países se comprometen a establecer las medidas pertinentes para cumplir con unos objetivos, que varían en función de las características de cada país.

Los gases de efecto invernadero, detallados anteriormente en este mismo apartado, y sobre los que hace hincapié el PK, son los siguientes:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

En la Tabla 1 tabla se detalla el porcentaje de reducción de gases de cada país/grupo de países, planteado inicialmente. Cabe destacar dos matices: en primer lugar EEUU nunca llegó a firmar. También hay países cuyo año base de referencia para reducir sus emisiones de CO₂ no es 1990 ya que el año adhesión formal al Protocolo no fue el mismo para todos ellos.

¹ CP: Conferencia de las Partes. Es el órgano supremo de toma de decisiones de la Convención.

Tabla 1: Países adheridos al Protocolo de Kyoto y sus objetivos de reducción de emisiones.

País/Grupo de Países	Objetivo (1990 – 2008/2012)
EU-15, Bulgaria, Rep. Checa, Estonia, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Mónaco, Rumanía, Eslovaquia, Eslovenia y Suiza.	-8%
EEUU	-7%
Canadá, Hungría, Japón y Polonia	-6%
Croacia	-5%
Nueva Zelanda, F. Rusa y Ucrania.	0
Noruega	+1%
Australia	+8%
Islandia	+10%

2.1.4. Acuerdos posteriores. La conferencia de Lima y el acuerdo de París.

Después del Protocolo de Kyoto, se han producido varias conferencias bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en las que se han reunido los países implicados en el PK.

Nos centraremos en las dos más importantes. Entre el 1 y el 14 de diciembre de 2014, tuvo lugar la Conferencia de Lima, en la que se asentaron las bases para que más de 190 países llegaran a un nuevo acuerdo en la Conferencia de París, celebrada en diciembre de 2015. Las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDCs por sus siglas en inglés) que se establecieron en París, serán los cimientos de la acción climática que entrará en vigor en el año 2020.

Además de concretar los principales elementos acuerdo de París, en la Conferencia de Lima se alcanzaron otras metas. En primer lugar, las contribuciones al Fondo Verde para el Clima superaron el objetivo inicial de 10.000 millones de euros. Se esperan más Planes Nacionales de Adaptación cuyo objetivo es apoyar a países en desarrollo para comprometerse con la lucha al cambio climático y asegurar la financiación necesaria. Por último, la Declaración Ministerial de Lima sobre la Educación y Concienciación, incita a los gobiernos a incluir materias medioambientales en el plan escolar así como a fomentar

la concienciación climática, incorporándolas también dentro de los planes nacionales de desarrollo.

El acuerdo de París es el más importante desde el protocolo de Kyoto. Dicho acuerdo, se firma en la Conferencia de París sobre el Clima (COP21) celebrada en diciembre de 2015.

Los objetivos principales del acuerdo de París están claramente definidos:

- 1) Mantener el aumento de la temperatura mundial en el largo plazo muy por debajo de los 2°C sobre niveles preindustriales.
- 2) Limitar el aumento en 1,5°C.
- 3) Que los países alcancen máximos históricos de sus emisiones lo antes posible, en la medida de su situación económica actual.
- 4) La aplicación de medidas drásticas para reducir todavía más las emisiones después de que los países alcancen sus máximos, empleando métodos científicos.

En el Acuerdo de París, los Gobiernos pactaron reunirse cada 5 años para evaluar los progresos realizados y endurecer los objetivos en función de su grado de realización. También se comprometen a informar a otros Gobiernos y a la sociedad en general de los avances conseguidos y a mantener un sistema de transparencia y rendición de cuentas.

2.2. La curva de Kuznets ambiental (CKA)

2.2.1. Definición y aspectos fundamentales de la CKA.

Los modelos económicos clásicos tienen en cuenta el trabajo y el capital como principales factores productivos. El capital físico se corresponde con los recursos naturales que permiten la actividad económica que llevamos a cabo. No obstante, el carácter finito de los recursos naturales cuestiona las propias capacidades productivas en el largo plazo (Tahvonen, 2000). Además de la agotabilidad de los recursos, otro efecto adverso que tiene el crecimiento económico es la emisión de gases contaminantes y la sobreacumulación de residuos generados por las propias actividades productivas,

peligrosos dadas sus características. La mera acumulación de estos residuos convierte a la Tierra en un sumidero de residuos limitado, añadiendo peso al problema medioambiental. (Brock y Taylor, 2004).

Numerosos autores sostienen que existe una sola relación consistente entre la contaminación y el crecimiento de la renta. Es la denominada PIR (Pollution-income relationship) o relación renta-contaminación (Lieb, 2003). Dentro de esta literatura, la posición más aceptada es la Curva de Kuznets Ambiental, de ahora en adelante CKA. Se basa en la filosofía de Bekerman sobre los efectos del crecimiento económico en la degradación ambiental:

La solución al problema medioambiental según la PIR, es el mero crecimiento económico, que fomenta otros factores que promueven un ecosistema sostenible. El objetivo principal sería reducir las emisiones de gases contaminantes y fomentar un consumo sostenido para evitar la sobreexplotación de determinadas áreas y/o fuentes de materias primas.

Como en todas las materias, existen diferentes opiniones sobre la degradación del medio ambiente y el agotamiento de los recursos, algunas a favor y otras en contra (Klassen y Opschoor, 1991; Ekins, 1993; Tahvonen, 2000).

En primer lugar, cabe mencionar el informe que redactó el club de Roma en 1972, “Los límites del crecimiento” que fue de los primeros estudios que hacían alusión a los impactos que conlleva el crecimiento económico sobre el medio ambiente. Se centraba principalmente en el agotamiento de los recursos, concluyendo con que la economía sufriría graves crisis, al acabar con las existencias de recursos y por una contaminación excesiva. Dichos fundamentos se corroboraron un año después con el estallido de la primera crisis del petróleo (Tahvonen, 2000).

A raíz de estos sucesos, surge el concepto de sostenibilidad, y se consolidan dos líneas de opinión diferentes. En primer lugar, un grupo de autores sostiene que a través del progreso técnico y la sustitución de tecnologías por otras más eficientes, podemos mantener los niveles de producción esquivando el problema del agotamiento de los recursos (Klassen y Opchor, 1991) por tanto creen en una economía sostenible en función del grado de inversión que los gobiernos dediquen a investigación y desarrollo en técnicas y procesos sostenibles (Stern; 2004). Otro grupo de autores, sostiene por el contrario, que no existe posibilidad alguna de sustituir mecanismos e inputs, ya que las

leyes físicas anulan cualquier opción en este sentido, aún a través de un avance tecnológico continuo. (Klassen y Opchor, 1991; Tahvoen, 2000).

Finalmente, la primera corriente de pensamientos acabó por imponerse, ya que aparentemente, el crecimiento económico podrían continuar produciendo gracias a los avances tecnológicos (Tahvoen, 2000). A principios de los años 70 en la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente en Estocolmo, se sustituye la concepción de los límites al crecimiento por el de un crecimiento económico sostenible, posible gracias a avances técnicos en procesos productivos y sustitución (Ekins, 1993). Hoy en día, seguimos luchando y avanzando en conseguir un crecimiento económico sostenible, pero todavía queda mucho camino por recorrer ya que, por ejemplo las emisiones de gases a la atmósfera no han hecho más que crecer.

Más tarde, el informe de Brundtland, 1987, asentó las bases en las que se fundamentaría la Cumbre de la Tierra en Brasil (1992) (Ekins, 1993). El término sostenibilidad hace alusión a un crecimiento que permita satisfacer las necesidades de la población en el presente sin comprometer el de las generaciones futuras, manteniendo unos estándares de bienestar elevados (Ekins, 1993). Sin embargo, hay países que no pueden afrontar los altos costes de adaptación que supone implementar mecanismos más respetuosos con el medio ambiente, por tanto optan (o no les queda más remedio) por seguir con la rutina tradicional: “demasiado pobre para ser verde” (Beckerman, 1992). A raíz de este concepto en el “Informe sobre el Desarrollo Mundial” de 1992, se establecen las bases de la CKA, al relacionar la posición económica de los países con su capacidad para comprometerse en una política medio ambiental proactiva. Precisamente, la disposición a destinar medios económicos para invertir en el desarrollo sostenible, depende directamente de la capacidad económica del propio país (Tahvonen, 2000; Stern, 2004). En el “Informe sobre el Desarrollo Mundial” de 1992 se llega a la conclusión de que los problemas medioambientales se ven incrementados por la debilidad de desarrollo y propone como solución impulsar el crecimiento económico y mejorar la protección medioambiental (Ekins, 1993).

Gráficamente, la CKA tiene forma de U invertida. Relaciona la renta con la calidad medioambiental. Muchos de los autores a los que vamos a hacer referencia, atienden a las repercusiones de la evolución económica sobre el medio ambiente de forma general, teniendo en cuenta tanto emisiones de gases como sobreexplotación. No obstante otros especifican más, sobre todo centrándose en la evolución de las emisiones de CO₂.

Dependiendo del país estudiado y en función de sus características, la evolución de su CKA sigue una trayectoria similar tanto si atiende muchos componentes degradantes del medio ambiente como si solo hace referencia al CO₂. La CKA sigue el patrón original propuesto por Simon Kuznets (Kuznets, 1955) en el que relacionaba la desigualdad de ingresos con el crecimiento económico.

La lectura intuitiva de la CKA es simple: en las primeras fases de una economía predomina el sector primario, basado en la agricultura y ganadería, poco intensivo en materias primas y con pocas repercusiones sobre el medio ambiente. Esta etapa está condicionada por el tamaño, generalmente reducido, de estas economías, lo que atribuye una pendiente positiva pero suave, que más adelante se pronunciará debido al auge de la industria, cuyos procesos productivos son altamente contaminantes y con necesidades energéticas muy elevadas (Dinda, 2004). Hasta aquí hay una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental. Pero a partir de un punto de inflexión, la participación del sector servicios en la economía y el avance en tecnología, desvinculan el crecimiento con el aumento de la contaminación y la curva adquiere una pendiente negativa (Panayotou, 2003). En conclusión, unos niveles de renta más elevados permiten mejoras en la calidad medioambiental.

2.2.2. Determinantes de la Curva de Kuznets Ambiental

Shafic y Bandyopadhyay (1992), Grossman y Krueger (1995) and Selden y Song (1994) son algunos de los autores que sostienen que la renta es el indicador más consistente de la calidad medioambiental.

Es evidente que el crecimiento económico tiene repercusiones negativas sobre el medio ambiente, debido tanto al agotamiento de recursos como a la emisión de gases nocivos y residuos. Sin embargo, quizás no es tan lógico que, de forma automática, tras alcanzar un determinado punto de inflexión, el crecimiento económico empiece a producir efectos negativos en la degradación.

A continuación se detallan los factores que inciden en la forma de U invertida de la CKA.

a) Efecto escala, composición y tecnológico.

Son tres efectos de carácter económico-medioambiental que se pueden percibir en cualquier economía de formas muy diferentes.

El efecto escala es simple, cuanto más grande es una economía, mayor cantidad de residuos genera y más cantidad de gases contaminantes emite a la atmósfera. A medida que la economía crece, su estructura productiva también evoluciona. Originalmente predomina el sector primario, basado en la explotación agraria y animal. Su repercusión medioambiental es relativamente baja. A medida que avanza la economía, el sector industria emerge como motor de crecimiento, que incrementa notablemente las repercusiones negativas sobre el medio ambiente, puesto que son las actividades productivas que más contaminan. Finalmente, conforme la economía de un país madura, el peso de la industria decrece, cediéndoselo al sector servicios, cuyas actividades son mucho menos contaminantes. A todo este juego se le llama efecto composición, cuya predicción más nítida es que la economía, por el simple progreso, avanzará hacia una estructura cada vez más limpia en función de su nivel de renta.

Además, debemos citar el efecto tecnológico cuya repercusión sobre la calidad medioambiental es muy positiva. Cuanto más rica es una nación, mayor excedente tiene para invertir recursos en innovar y sustituir procesos productivos contaminantes por otros más sostenibles, así como para mejorar o sustituir energías sucias por energías renovables.

Como conclusión de la discusión anterior, podemos deducir el efecto que cada uno de los tres factores tiene sobre la CKA: El efecto escala influye sobre la pendiente positiva, mientras que el efecto composición y tecnológico inciden sobre la pendiente negativa. Una economía solo superará el *turning-point* cuando los efectos composición y tecnológico (efecto positivo sobre el medio ambiente) superen al efecto escala (efecto negativo) (Grossman y Krueger, 1991). Sin embargo, resulta conveniente mencionar, que el efecto escala se da incluso en economías con ingresos bajos y su efecto es automático, al contrario que el de efecto composición y tecnológico (Dinda, 2004). Estos últimos se dan gracias inversión y la evolución de una economía, más allá de su tamaño. La inversión que los países realizan, en particular países de poder adquisitivo bajo, a menudo se destinan preferentemente a prestaciones sociales, educación y sanidad, y no tanto a

I+D+i. Tampoco todas las estructuras productivas tienen que converger necesariamente hacia el sector servicios como sector productivo dominante, de la misma forma que no todas las actividades del sector servicios son respetuosas con el medio ambiente. Por ejemplo, el turismo, y concretamente el transporte necesario para que se lleve a cabo, puede resultar igual o más contaminante que muchas actividades del sector industrial (Roca et al, 2003).

En conclusión, los avances tecnológicos parecen ser el factor que más implicaciones tiene en la mejora de la calidad ambiental (Shafic y Bandyopadhyay, 1992) aunque es el crecimiento económico quien permite que estos avances puedan producirse (Dinda, 2010). En cualquier caso, el crecimiento tiene que ir acompañado de un marco regulatorio adecuado y estar en armonía con otros factores sobre los que discutimos más adelante (Kaika, 2013).

De acuerdo con la literatura especializada, la intensidad energética es un factor clave en la mejora de la calidad medioambiental (Lindmer, 2002; Kander, 2005; Lantz y Feng, 2006; Tol et al., 2009). El problema específico de la energía emerge con fuerza tras la primera crisis del petróleo (a mediados de los 70), debido a la escasez existente de la materia prima. Esto tuvo consecuencias muy significativas, ya que las economías, dependientes del petróleo como fuente de energía, tuvieron que modificar sus fuentes de suministro y se pusieron en marcha adoptando técnicas para reducir la intensidad energética por unidad de producción.

En estudios relacionados con la CKA, se evidencia una relación positiva entre las emisiones de CO₂ y crecimiento económico y energético, puesto que estos dos últimos crecen a la par ya que la principal fuente de emisión de CO₂ es la combustión de petróleo. (Richmond y Kauffmann, 2006; Luzzati y Orsini, 2009). En sus estudios, Agras y Chapman (1997, 1999) encuentran una relación inversa entre la contaminación y los precios de la energía. Stern (2004) afirma que la intensidad de energía por unidad de producción ha disminuido con el paso del tiempo debido a la sustitución de combustibles altamente contaminantes por otros más verdes, como la electricidad, y dicho cambio solo es posible por la evolución en la tecnología y por la investigación en los procesos productivos. (Kaika, 2013)

b) Distribución de la renta.

Partiendo de que los indicadores de la distribución de la renta son controvertidos, resulta evidente que la desigualdad es un problema que afecta a muchos países, puesto que a pesar de poseer muchos recursos y riqueza, la política fiscal, además de muchos otros factores adyacentes, no garantiza una distribución equitativa de los recursos. Según algunos autores, una distribución desigual de la renta también afecta al medio ambiente.

Según Torras and Boyce (1998) el aumento o la disminución de la polución depende de la brecha de poder que hay entre los que la soportan y los que se benefician de ella. Se puede decir que quienes se “benefician de la contaminación” son las clases más pudientes, cuyos ingresos proceden mayormente de la industria y cuyos costes se verían incrementados por una intensificación de las regulaciones. Sin embargo, las clases medias y bajas, cuyos ingresos, por lo general se derivan del trabajo, son quienes padecen o mejor dicho, no se benefician de la contaminación. Por tanto, un crecimiento económico que reduzca la brecha entre las clases sociales y permita una clase media más extensa y concienciada sobre los problemas que conlleva la contaminación (Bimonte, 2002), resulta beneficioso para el medio ambiente y facilita la aparición de la pendiente negativa de la CKA.

Como es bien conocido, el crecimiento económico no asegura una distribución de la renta equitativa. Se ha indicado antes que este acontecimiento solo sucede en países con políticas fiscales redistributivas. Magnani (2000) realiza un estudio sobre países de la OCDE concluyendo que la igualdad de ingresos mejora la calidad ambiental de un país gracias al aumento del gasto en investigación. Bimonte (2002) basa su estudio en la última etapa de desarrollo económico de un grupo heterogéneo de países, y llega a una conclusión similar y lo justifica con las mejoras educativas y con la calidad y veracidad de la información, que influirán sobre la participación de los diferentes agentes en el crecimiento económico.

Coondoo y Dinda (2008) corroboran la existencia de una relación fuerte entre las emisiones de CO₂ y la renta de países europeos, y su distribución. Cantone y Padilla (2010), añaden significatividad a las diferencias entre países ricos y pobres en cuestión de emisiones de gases. Sin embargo, existen pocos datos de calidad que midan la desigualdad de ingresos. (Torras y Boyce, 1998).

c) El comercio. La hipótesis del refugio de la contaminación.

El comercio ha sido siempre considerado como un factor trascendente en la evolución de la economía. Además, el comercio internacional también tiene un papel fundamental y muy importante sobre la calidad medioambiental, tanto a nivel local como global. Cabe destacar la HPH (Haven Pollution Hypothesis) o Hipótesis de Refugio de Contaminación. Se fundamenta en la regulación medioambiental y la constitución cualitativa de la producción de un país. La producción de bienes es el principal motor del crecimiento, mejorando la balanza comercial al aumentar las exportaciones al exterior. No obstante, lleva aparejado un incremento de la contaminación. Llegados a determinado momento, se imponen medidas restrictivas sobre la industria, acotando los márgenes contaminantes y elevando los costes de producción. Estas regulaciones llevan a países de rentas altas a desplazar sus industrias contaminantes a países cuyas medidas restrictivas todavía no están tan asentadas (Dinda, 2004).

Existe un detalle importante, en relación al comercio internacional, que debe ponerse de manifiesto: las exportaciones de bienes generan pendiente ascendente en la curva de Kuznets, ya que significa que la producción se lleva a cabo dentro del país, y por tanto las emisiones corresponden al país en cuestión. Sin embargo, si se producen incrementos en las importaciones de bienes de naturaleza industrial, la pendiente de la CKA se suaviza o se vuelve negativa, ya que la producción de este tipo de bienes se lleva a cabo en países extranjeros. (Dinda, 2004)

El mecanismo HPH permite a los países ricos reducir su consumo energético, ya que la cadena productiva se traslada en buena medida a países en desarrollo industrializados. El resultado es que el consumo energético de los últimos aumenta para poder producir los bienes que exportarán a los primeros. Suri y Chapman, (1998) utilizan el ratio de importaciones, exportaciones y manufactura total sobre el PIB de los países para estimar las emisiones de CO₂.

No obstante hay autores que sostienen que los efectos de la HPH no son tan elevados como puede parecer (Grossman y Krueger, 1995). Cole (2004) elabora un estudio en el que tiene en cuenta diez gases contaminantes y cuatro grupos de países con estrechas relaciones comerciales y concluye que no hay pruebas firmes que verifiquen la HPH como un posible patrón de la CKA. Kearsley y Riddel (2010) elaboran otro estudio, en el que extienden el estudio elaborado por Cole (2004) y llegan a la misma conclusión: la

HPH no parece un factor de suficiente importancia como para condicionar la pendiente de la CKA.

La naturaleza de los bienes que se producen y su comercio, incluso dentro las fronteras de un mismo país (véase EEUU), también condiciona el nivel de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Tomando como ejemplo EEUU, las industrias más contaminantes se encuentran en los estados más pobres, mientras que las más tecnológicas y orientadas a los servicios se localizan en los más ricos (Stern, 1998). La consecuencia es que se establece un flujo comercial entre unos y otros estados, constituido por los bienes en los que cada uno de ellos está especializado. Este aspecto puede explicar las variaciones entre las emisiones de diferentes países/estados (Stern, 1998).

Otro indicador son las transferencias netas de emisiones entre países desarrollados y subdesarrollados, que han aumentado de 0,9 Gt² en 1990 a 1,6 Gt de CO₂ en 2008 (si se compara con la reducción de emisiones de CO₂ en determinados países, las transferencias netas son incluso superiores) (Peters et al., 2011).

Otro dato de interés es aportado por Levinson y Taylor (2004). En EEUU, un incremento de un 1% en la inversión orientada a la moderación de la contaminación, se traduce en una disminución de sus exportaciones netas a México en un 0,2% y un 0,4% a Canadá, de lo que se deduce que la inversión en medio ambiente no tiene un efecto directamente proporcional respecto a los efectos que produce, sino que es inferior. El estudio de Kahn (2003) indica que solamente ha aumentado el comercio de bienes industriales altamente contaminantes entre África y EEUU entre 1958 y 1994. En estudios como el de la SACU (Unión Aduanera de África Meridional) se considera que África sí puede ser un paraíso de contaminación para EEUU y Reino Unido (Naham y Antrobus, 2005).

Otros estudios muestran que EUU, en el período 1978-1994 no reemplazó sus industrias contaminantes por importaciones de bienes elaborados en procesos contaminantes. En lugar de ello, el valor de su producción manufacturera aumentó a través de un incremento de empresas no contaminantes al mismo tiempo que redujeron las barreras arancelarias. Este ajuste produjo un cambio en la composición de la estructura productiva del país que favoreció a las industrias más sucias (Ederington et al., 2004).

²Gt: Un gigatón es el equivalente en el SI de 1×10^9 toneladas; 1.000megatones; 1.000.000 de kilotonnes; o 1.000.000.000 de toneladas en su formato totalmente expandido.

d) Marco institucional y gobierno.

Este factor es directamente influyente sobre la calidad medioambiental. Conforme un país crece económicoamente los gobiernos adoptan medidas acordes a la demanda social de calidad medioambiental. (Kaika, 2013) Los gobiernos influyen directamente sobre la educación y la inversión que se le dedica, y es gracias a la educación que la sociedad en conjunto se conciencia acerca del problema medioambiental que nos afecta (Dutt, 2009). La ignorancia del problema es la razón principal por la que las personas no se involucran. El crecimiento económico también es un factor crucial en la evolución de una sociedad. No obstante, el mero hecho de que una economía crezca no asegura que se reduzcan los daños al ecosistema, también depende de factores como la gobernabilidad, la transparencia y la integridad y el dinamismo de los mercados (Panayotou, 1997). Bahattari y Hamming (2001) alegan que las instituciones tienen mayor efecto sobre la deforestación que el crecimiento económico. Una regulación consistente y bien enfocada es esencial para reducir la contaminación (Dasgupta et. al., 2002), pero es el crecimiento económico quien aporta los medios y la madurez a la política para que se den los pasos adecuados en la buena dirección. Por último, el período lectivo de un gobierno y es un condicionante para su implicación con el medio ambiente, debido al potencial costo político de imponer regulaciones que protejan al medio ambiente.

e) Preferencias de los consumidores.

La relevancia de un consumidor individual en esta problemática es insignificante si la evaluamos a escala global. Sin embargo, según datos del Banco Mundial, la población en el año 2016 era de 7.442 millones de personas, y la tasa de crecimiento de la población ese mismo año se estableció en un 1,182%, lo que supondría un aumento de 88 millones de habitantes cada año, aproximadamente dos veces la población de España. Por tanto, la influencia de todos los consumidores y sus preferencias de consumo sí que es un dato de gran significancia sobre forma de la CKA (McConnell, 1997; Roca, 2003).

Las preferencias de los consumidores se ven alteradas conforme sus ingresos cambian, tanto al alza como a la baja.

A continuación, formalizamos un poco más la discusión presentando un modelo dirigido a explicar la fluctuación de la demanda de bienes de naturaleza medioambiental según su elasticidad-demanda (Pearce, 2003):

$$(1) \quad \eta = \frac{(\Delta E)\%}{(\Delta Y)\%} = \frac{\theta E}{\theta Y} \frac{Y}{E}$$

donde:

- η : Elasticidad-demanda de bienes de naturaleza medioambiental, entendidas como variaciones en la demanda de bienes medioambientales ante una variación en la renta.
- Y : Renta
- E : Cantidad del bien medioambiental demandada.

Partiendo de la ecuación (1) obtenemos tres situaciones diferentes:

- $\eta > 1 \Rightarrow$ Bienes medioambientales considerados bienes de lujo: la demanda del bien crece en mayor proporción que la renta.
- $\eta = 1 \Rightarrow$ Bienes medioambientales considerados neutros: la demanda del bien crece en la misma proporción que la renta.
- $\eta < 1 \Rightarrow$ Bienes medioambientales considerados normales: la demanda del bien crece en menor proporción que la renta.

Buena parte de los autores consideran que la calidad medioambiental es un bien de lujo (Dinda 2004), puesto que conforme la población ve incrementados sus ingresos, teóricamente tienen mejor acceso a la educación; además, la regulación estatal promueve la concienciación con respecto a este tema. El problema viene a la hora de cuantificar los bienes de naturaleza medioambiental que se demandan.

Una forma alternativa es medir la elasticidad de ingresos de la Voluntad de Pagar (*Willingness to Pay*), que explica el cambio en la voluntad de pagar por algo de calidad ambiental como respuesta a un cambio en los ingresos. La mayoría de los estudios muestran que, si bien la elasticidad de los ingresos de la demanda de calidad ambiental es

marginalmente superior a la unidad, la elasticidad de los ingresos de la voluntad a pagar es inferior a la unidad (Pearce, 2003)

No obstante, no todos los países ni todos los autores coinciden en que un aumento de la renta conduzca a un aumento de la demanda de los bienes de estas características, puesto que hay otros factores que influyen, como por ejemplo la distribución de la renta, el sistema regulatorio del país o el funcionamiento de sus instituciones (Plassmann y Khanna, 2006). Otros autores indican que la elasticidad de este tipo de bienes es más bien cercana a la unidad (Martini y Tiezzi, 2010).

Al considerarse la evolución de la renta y la contaminación un asunto macroeconómico, el punto de vista microeconómico puede resultar útil y explicativo, pero resulta difícil llegar a través de él a conclusiones concretas que puedan explicar el patrón de la CKA (McConnell, 1997).

3. FINLANDIA, UN EJEMPLO A SEGUIR. EVOLUCIÓN

Finlandia es uno de los países más comprometidos con el medio ambiente, por esta razón resulta interesante profundizar en su experiencia. Se trata un país de ingreso alto, por tanto podremos analizarlo en función de los parámetros influyentes en la CKA, revisados en el apartado anterior, relacionarlos con la evolución de su economía y de sus emisiones de CO₂ a la atmósfera y esperar que se cumpla la hipótesis de la CKA. En paralelo, trataremos de identificar qué factores le han permitido lograr esta posición de privilegio.

3.1. Finlandia. Datos de interés.

Finlandia es un país ubicado al norte del continente europeo. Pertenece a la Unión Europea desde el 1 de enero de 1995. Tiene 5.495.000 habitantes de los cuales 636.000 viven en la capital, Helsinki. Es un país poco poblado, en comparación con la media de la Unión Europea y con menos población rural, según datos del Banco Mundial.

En aspectos políticos, Finlandia es una República parlamentaria, cuyo presidente, en la actualidad Sauli Niinstö, es elegido cada seis años, con un máximo de dos mandatos. El poder legislativo recae sobre el Parlamento, formado por 200 miembros elegidos por sufragio universal y directo cada 4 años. El poder nunca podrá recaer sobre un único partido político, por su estructura parlamentaria. La estabilidad política y, particularmente, la rotación en el poder democrático, son factores influyentes en la forma que adopta la CKA, como ha resaltado la literatura especializada. Por último, Finlandia ocupa el tercer puesto entre los países menos corruptos del mundo en un índice elaborado por *Transparency International*, en el que se evalúa a 176 países. En consecuencia, las inversiones que el Estado dedica a la mejora de la calidad medioambiental alcanzarán su objetivo en gran medida, aumentando la probabilidad de éxito.

En términos educativos, la educación primaria y secundaria son gratuitas, incluyendo subvenciones para material escolar. En cuanto a educación superior se refiere, Finlandia dispone de 20 universidades públicas, altamente financiadas pero con un elevado grado de autonomía en la toma de decisiones. La matrícula universitaria es gratuita y conceden numerosas becas, por lo que no se excluye económicamente a nadie. Estos aspectos son importantes porque, como se ha dicho antes, el acceso a la información y el nivel educativo de un país tienen repercusión directa sobre el medio ambiente.

El país sufrió, a principios de los años 90, una grave crisis inmobiliaria que arrastró al sistema financiero, perdiendo hasta el 6% del PIB. En el año 2008, Finlandia también se vio gravemente afectada por la crisis financiera mundial. Sufrió 3 años de recesión (2012-2014) y no fue hasta 2016 cuando comenzó a observarse un ligero crecimiento en la economía. La crisis financiera mundial y las medidas de recuperación han tenido un impacto profundo y duradero en las finanzas públicas y el nivel de deuda (alrededor de 65% del PIB) obligando al gobierno a implementar estrictas medidas de austeridad. Debe tenerse en cuenta que Finlandia es el país con población más envejecida de toda Europa, lo que incide negativamente en las finanzas públicas. En cualquier caso, el PIB per cápita es uno de los más altos del mundo, logra una tasa de paro del 8,8% (agosto de 2017) y con la distribución de riqueza es relativamente equitativa. Atendiendo a los sectores económicos, la agricultura apenas representa el 3% del PIB (debido a la dureza climatológica). El peso de la industria se eleva al 25%, siendo un país exportador de materias primas (madera) y tecnología. La metalurgia, la ingeniería mecánica y la electrónica también tienen un peso considerable en el bloque industrial. Finalmente, el sector servicios, cuyos principales componentes son la banca y el turismo, aporta el 70% de los ingresos al PIB.

En el Gráfico 2 se representa la aportación de los tres grandes sectores productivos al PIB nacional en 5 períodos diferentes. En el caso de Finlandia comprobamos la fuerza del factor composición de la CKA, al que antes hemos aludido. La economía converge hacia el sector servicios, en detrimento de otras actividades industriales, mucho más contaminantes. A su vez, la industria incorpora cada vez más, tecnologías limpias en sus procesos de producción. En conjunto, esto produce un impacto positivo en el medio. La expansión del intervalo 1971-2004 se produce en paralelo con el incremento de las emisiones de CO₂. El punto de inflexión tiene lugar en el año 2004 a partir del cual las emisiones se reducen de forma significativa. Por tanto parece evidente que se cumple la hipótesis de la CKA en el caso de Finlandia.

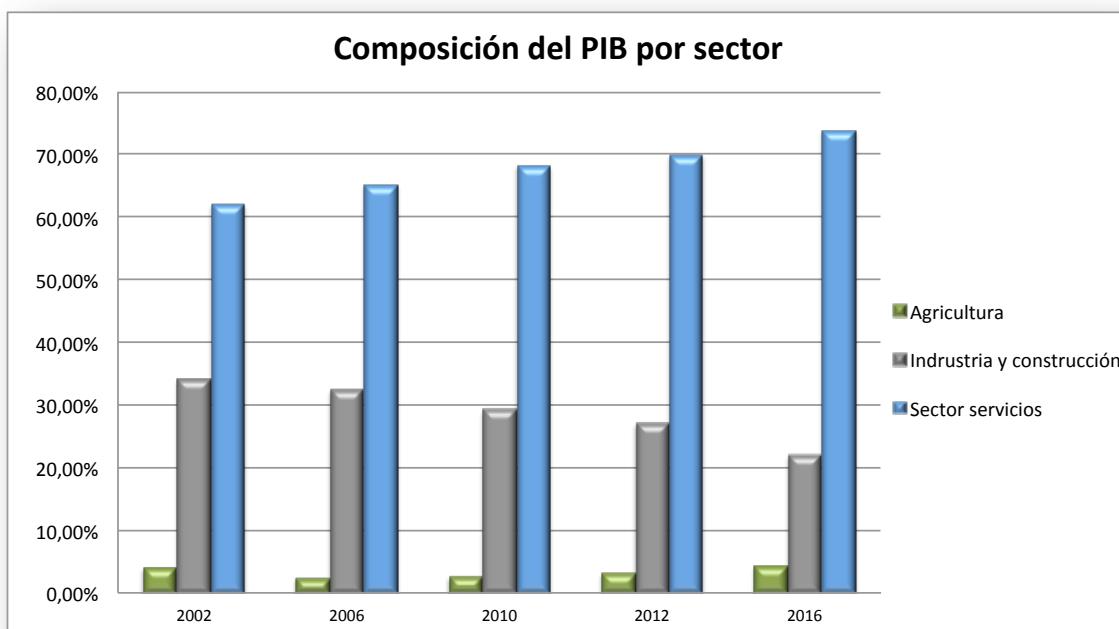


Gráfico 2: Elaboración propia. Fuente de datos: IEA, 2016.

3.2. Finlandia y el medio ambiente.

Finlandia es considerado uno de los países más limpios del mundo. El Índice de Actuación Medioambiental (EPI por sus siglas en inglés), desarrollado por el Centro de Política y Ley Ambiental de la Universidad de Yale, posiciona a Finlandia como el país más limpio del mundo. Dicho índice tiene en cuenta diversos indicadores medioambientales, entre otros la calidad del aire. El sistema político, la educación y la coyuntura económica, sin lugar a dudas tienen un papel decisivo en la gestión del medio ambiente. No obstante hay puntos a destacar que diferencian a Finlandia de otros países. El gráfico 3 recoge la evolución del PIB PPA³ y de las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión entre 1971 y 2014. Podemos comprobar que el volumen de producción de la economía finlandesa ha crecido de forma sistemática a lo largo de este periodo, a excepción de los dos momentos críticos mencionados.

³ PPA; Paridad de Poder Adquisitivo. Tipos de cambio que igualan el poder adquisitivo de las monedas.

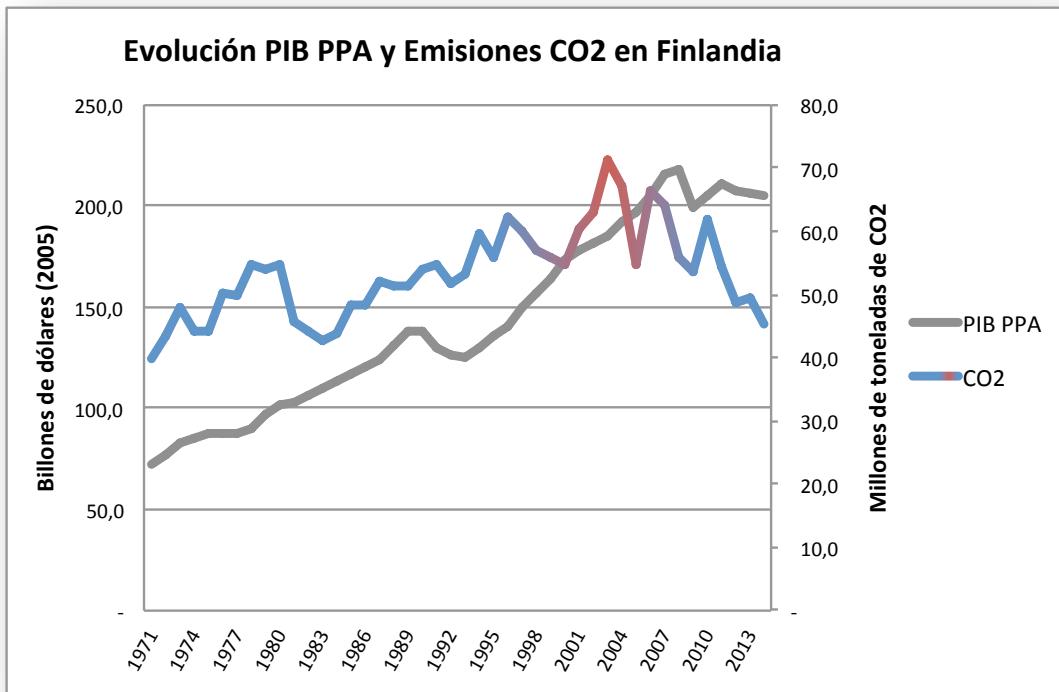


Gráfico 3: Elaboración propia. Fuente de datos IEA, 2016.

La cuestión que nos formulamos a continuación es: ¿qué factores hacen que se produzca este punto de inflexión y además, que se reduzcan las emisiones tan considerablemente en tan poco tiempo?.

A parte de tener recursos económicos, también es necesario reunir los recursos institucionales necesarios para imponer medidas de control medioambiental. En 1990, se entregó en el Parlamento un informe del Consejo del Gobierno titulado *Desarrollo Sostenible y Finlandia* y en 1995 otro organismo, la Comisión Nacional Finlandesa para el Desarrollo Sostenible (FNCSD) preparó su propio programa de actuación, aprobado por el Gobierno en 1998. A petición de este mismo organismo, durante la década de los noventa, varias organizaciones públicas y privadas, presentaron programas sostenibles..

La *estrategia finlandesa de desarrollo sostenible (2006-2030)*, se adoptó en 2006 por parte de la FNCSD y del Consejo del Gobierno. Dicha estrategia, en primer lugar se centró en compatibilizar el uso sostenible y la gestión y protección del capital natural con el bienestar de los ciudadanos, así como asegurar la integridad de la sociedad de forma que el resultado permitiera a Finlandia utilizar sus fortalezas de forma sostenible. El objetivo de la Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible es asegurar el bienestar dentro

de los límites de la capacidad de carga de la naturaleza a nivel nacional y global. Destacan la innovación y la información al ciudadano como factores imprescindibles en la tarea, y fomentan el uso de energías renovables, así como el uso controlado y ecológico de recursos no renovables. Esta estrategia se evalúa cada dos años para comprobar su eficacia y comprobar la implicación del gobierno y la vigencia de los programas establecidos.

Gracias a este tipo de mecanismos, la política ambiental se percibe en todos los sectores, tanto naturales como productivos: se han limpiado ríos y lagos, han aumentado las áreas naturales protegidas, han disminuido las emisiones industriales y se han controlado las emisiones procedentes de los transportes y de los centros urbanos.

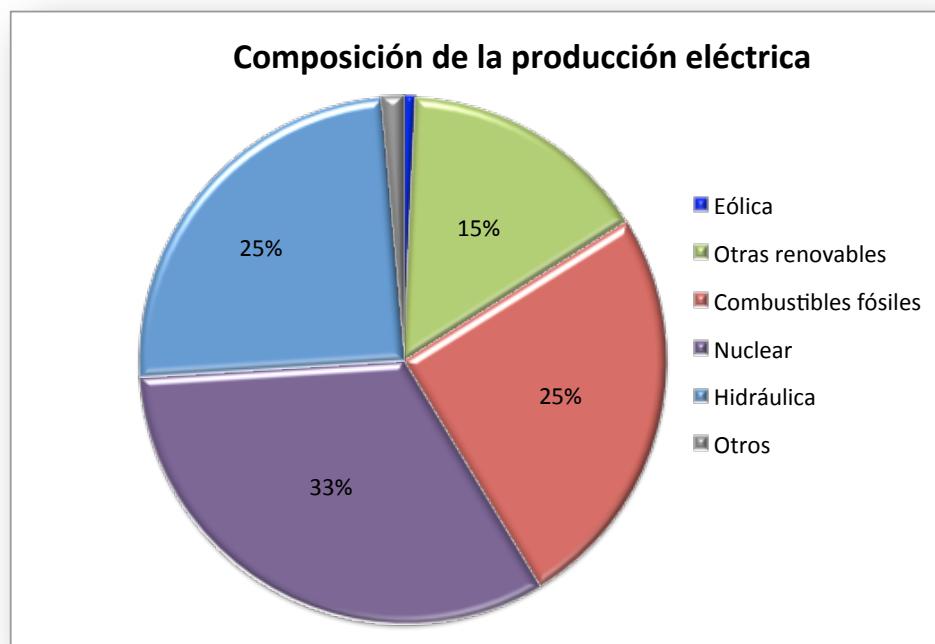


Gráfico 4: Elaboración propia. Fuente de datos: Nord Pool, 2012.

En el Gráfico 4 se detallan las fuentes de las que se proviene la energía eléctrica consumida en el país. Las energías renovables y semi-renovables (hidroeléctrica) tienen mucho peso sobre la producción, mientras que la procedente de la quema de combustibles fósiles, aunque todavía elevada, es muy inferior a la de otros países europeos. Con respecto al sector energético, el director general del departamento de Energía del Gobierno, anunció en el mes de septiembre de 2017 que el carbón dejará de ser utilizado

como fuente de producción eléctrica en 2030. Para ello, se gravará fuertemente la quema de carbón para fomentar el uso de la energía nuclear.

El éxito de Finlandia en materia de nuevas tecnologías se explica por la interconexión entre sector privado, Estado, universidades e innovadores, todo ello en el contexto de una política eficaz de estímulo a la investigación y al desarrollo, puesta en marcha en la década de los 60.

En sentido negativo, pueden mencionarse los informes del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés). Esta institución utiliza un indicador denominado “huella ecológica”, que mide la extensión del territorio necesaria para producir los recursos naturales necesarios para sustentar la economía y para asimilar los residuos producidos por la misma. De acuerdo con los resultados de WWF, Finlandia aparece en tercer lugar como mayor consumidor mundial de recursos naturales. Por tanto es de vital importancia para la política medioambiental del país reducir el consumo de materiales.

También es importante destacar que, aunque las emisiones de gases del país son reducidas en términos globales, en términos per cápita siguen siendo elevadas. De hecho, Finlandia no ha conseguido el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ a niveles de 1990, acordado en el Protocolo de Kyoto. (Las emisiones de CO₂ representadas en el Gráfico 3 sólo hacen referencia a las procedentes de la combustión de combustibles fósiles).

4. ¿SE CUMPLE LA HIPÓTESIS DE LA CURVA DE KUZNETS ANALIZADA? EVIDENCIA EMPÍRICA. ANÁLISIS ECONOMÉTRICO.

En este apartado trasladaremos la situación finlandesa a un análisis econométrico con el objetivo de contrastar la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental y comprobaremos si realmente existe relación entre la renta y las emisiones de CO₂ y además, si su evolución en el tiempo tiene forma de U invertida. Para ello emplearemos datos del IEA (*International Energy Agency*) para el período 1971-2014.

La ecuación que vamos a emplear para analizar la EKC en el caso de Finlandia se detalla en (1). Hemos decidido ampliar la formulación básica de esta ecuación, en la que intervienen únicamente la renta *per cápita* y las emisiones de CO₂ *per cápita*, incorporando dos variables que ponen en contexto esa relación, como son una simple tendencia temporal y un indicador de eficiencia en el uso de la energía (en concreto, consumo de energía por unidad de producto). A este modelo nos referiremos como Modelo 1:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \alpha_2 X_t^2 + \alpha_3 Z_t + \alpha_4 T_t + u_t \quad (1)$$

Las variables que intervienen en la ecuación son:

- a) Y_t : representa el logaritmo de las emisiones de CO₂ *per cápita*. Actúa como variable dependiente.
- b) X_t : representa el logaritmo de la renta *per cápita* de Finlandia.
- c) X_t^2 : representa el cuadrado del logaritmo de la renta *per cápita* de Finlandia.
- d) Z_t : representa la energía primaria total consumida por unidad de producto.
- e) T_t : variable de tendencia temporal.

La casuística que puede darse, dependiendo de los signos del parámetro α de la ecuación (1) es la siguiente:

1. $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = 0$, no existe relación entre las emisiones de CO₂ y la renta *per cápita*.
2. $\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 = 0$, la relación entre las emisiones de CO₂ y la *renta per cápita* es monótona creciente.
3. $\alpha_1 < 0$ y $\alpha_2 = 0$, la relación entre las emisiones de CO₂ y la *renta per cápita* es monótona decreciente.
4. $\alpha_1 < 0$ y $\alpha_2 > 0$, la relación entre las emisiones de CO₂ y la *renta per cápita* tiene forma de U.
5. $\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 < 0$, la relación entre las emisiones de CO₂ y la *renta per cápita* tiene forma de U invertida.

En caso de cumplirse la hipótesis CKA, se correspondería con la situación 5 antes descrita ($\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 < 0$).

A continuación se exponen los resultados obtenidos a través de la estimación MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios) aplicada al Modelo 1:

Tabla 2. Estimación MCO de la EKC de (1).

	Estimación	t-ratio	p-valor
Constante	-27.8595	-5.057	1.05e-05
X_t	0.8176	3.750	0.0006
X_t^2	-0.005	-1.829	0.0751
Z_t	2.4443	7.860	1.46e-09
T_t	-0.0789	-2.322	0.0255
$R^2=0.7523$			

Comprobamos que los signos de los coeficientes corresponden con los de la situación 5, por lo que la ecuación tiene forma de U invertida y cumple la hipótesis de la CKA.

El segmento descendente de la CKA se logra por los esfuerzos económicos que Finlandia realiza para reducir la degradación medioambiental, pero solo se alcanzará cuando la renta per cápita alcance un valor lo suficientemente elevado como para permitir una mayor inversión en tecnología e innovación que logre mejoras en términos de eficiencia ecológica de los procesos productivos. También se logra gracias al cambio en la estructura productiva, restando importancia a la industria para cedérselo al sector servicios, mucho menos contaminante. Aquí podemos añadir más factores influyentes en la forma de la CKA que hemos mencionado en el apartado segundo, como la educación, la estabilidad política, y las instituciones democráticas y transparentes que en el caso de Finlandia, juegan a favor en su lucha contra la contaminación.

El R^2 indica que el 75% de las variaciones de las emisiones CO_2 *per cápita* vienen explicadas por el modelo. La variable de tendencia temporal T_t aparece con signo negativo, lo que interpretamos como reflejo del esfuerzo en el largo plazo de la sociedad finesa para reducir las emisiones de CO_2 . La variable Z_t (consumo de energía primaria por unidad de producto), tiene signo positivo indicando que el uso ineficiente de recursos energéticos, por unidad de PIB, hace que las emisiones de CO_2 aumenten.

A continuación emplearemos diferentes métodos de análisis y contrastes para comprobar si el modelo econométrico que hemos utilizado es válido.

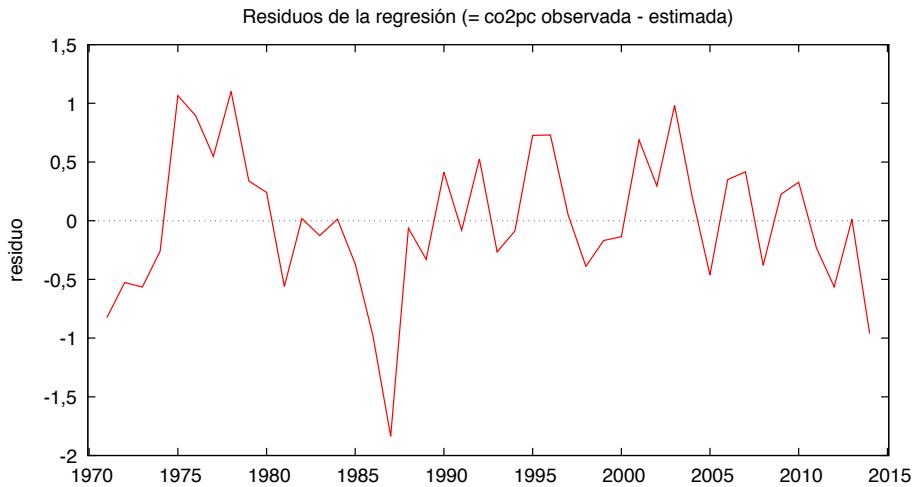
- Análisis de la forma funcional del Modelo 1.

Para comprobar si el modelo está correctamente especificado, emplearemos el contraste Reset de Ramsey. El estadístico de contraste, incorporando cuadrados y cubos en la ecuación de contraste ($p=3$), toma un valor de 0.768530 cuyo p -valor es 0.4708, mayor que el nivel de significación estándar del $\epsilon=0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula y el modelo doblemente logarítmico de (1) se considera bien especificado.

- Análisis de autocorrelación.

En primer lugar examinamos el gráfico de los residuos del modelo contra el tiempo.

Gráfico 5: Residuos MCO contra el tiempo



Visualmente no parece haber un patrón de comportamiento concreto en esa serie. Para asegurarnos, emplearemos el contraste de Breusch-Godfrey; el estadístico de contraste toma un valor de $LMF = 8.32009$, cuyo p -valor es de 0.0064 rechazando la hipótesis nula de no autocorrelación.

Obviamente existen problemas de autocorrelación en la ecuación, por elementos dinámicos omitidos, variables relevantes omitidas, desajustes en la forma funcional, etc. La causa concreta es difícil de precisar en estos momentos. Por ello, recurrimos a la estimación robusta de la matriz de covarianzas de los estimadores MCO que nos garantiza una inferencia consistente aunque haya problemas en el comportamiento de los residuos del modelo.

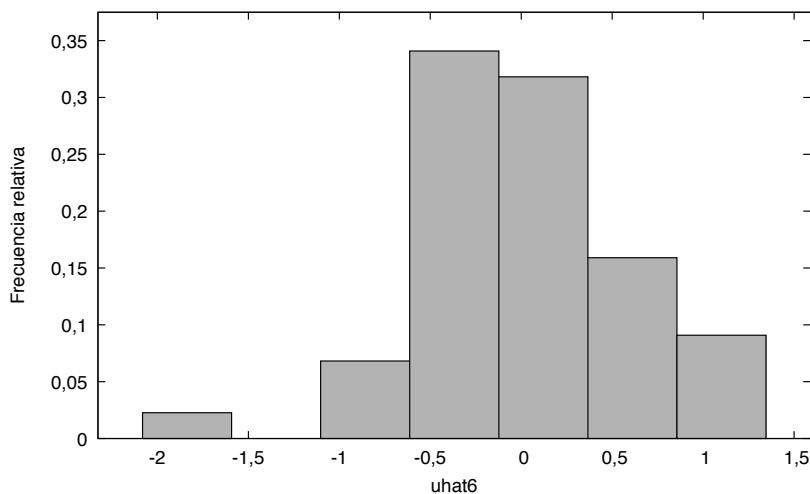
- Análisis de heterocedasticidad.

Para analizar si el modelo presenta heterocedasticidad, empleamos el contraste de Breusch-Pagan. El valor del estadístico de prueba es $LM = 5.20504$ y cuyo p -valor = 0.266899, es nuevamente mayor que el nivel de significación del $\varepsilon = 0.05$, por lo que aceptaremos la hipótesis nula de homocedasticidad.

- Análisis de normalidad.

Para realizar el análisis de normalidad, en primer lugar obtendremos el histograma de los residuos, tal como aparece en el Gráfico 6.

Gráfico 6: Distribución de frecuencias de los residuos.



El contraste de Jarque-Bera, cuya hipótesis nula es que la distribución de los residuos es normal, toma un valor de $JB=1.991$, con un p-valor asociado de 0.369523 , como en ocasiones anteriores es mayor que el nivel de significación de $\varepsilon = 0.05$. Por tanto aceptamos la hipótesis nula de normalidad.

5. CONCLUSIONES

El cambio climático es un tema que está a la orden del día. Se comenta en televisión y aparece en artículos de prensa con frecuencia, y no es para menos. Entre otras cuestiones, en el trabajo se han descrito algunos de las consecuencias que el cambio climático está teniendo sobre el ecosistema. Mediante los acuerdos y pactos medioambientales que han puesto de acuerdo a casi todos los países del mundo, se han establecido medidas para evitar una catástrofe inminente al ritmo de crecimiento y abrasión que el ser humano estaba realizando desde hacía años. No obstante, por lo menos desde mi punto de vista, no está claro que los acuerdos medioambientales sean lo suficientemente estrictos y se hayan establecido a tiempo. En la revisión de la literatura, se menciona la Hipótesis Refugio de Contaminación (HPH por sus siglas en inglés). Esta hipótesis que sugiere la existencia de paraísos de la contaminación, obstaculizando el progreso hacia un sistema económico respetuoso con el medio ambiente, pero la solución al problema no es tan sencilla. Aplicar las medidas que se han establecido en los protocolos, aunque diferentes para cada país, suponen un coste que no todos los gobiernos son capaces y/o están dispuestos a implantar, por varias razones, entre ellas la corrupción, los intereses económicos que hay de por medio y por el coste político que supone. El cambio climático da lugar a dos problemas. En primer lugar requiere una solución inminente, cuyo coste es desmesurado para los gobiernos. Y en segundo lugar, se han mencionado algunos de los efectos que el cambio climático está teniendo sobre el planeta, como las catástrofes naturales, que también generan costes económicos muy elevados a la hora de reconstruir infraestructuras y dar apoyo a la sociedad.

La evolución de los efectos escala, composición y tecnología es evidente en países desarrollados, y lo hemos comprobado con Finlandia, que aunque está en el extremo de la implicación medioambiental, es comparable con la mayoría de países europeos. El crecimiento económico viene acompañado de un cambio en la estructura productiva. La industria elige lugares para establecer sus fábricas con mano de obra más barata y con medidas regulatorias menos estrictas, cediendo peso al sector servicios en países de renta alta, con niveles de salarios menos atractivos. Además, las nuevas tecnologías y la innovación en procesos productivos, permiten una moderación de las emisiones en procesos que antes eran mucho más contaminantes.

Otro factor crucial es la concienciación social acerca del problema. En el mundo habitan casi 7.400 millones de personas, todas ellas con unas necesidades básicas que cubrir que a su vez generan una cantidad de residuos ingentes que hay que gestionar.

La Curva de Kuznets Ambiental, propuesta por Simond Kuznets, en un primer momento relacionaba la evolución de la renta con la igualdad en la distribución de la misma. Más adelante, el mismo modelo sirvió para explicar la relación entre la renta y la degradación medioambiental, aunque nosotros nos hemos centrado en el CO₂. La hipótesis de la CKA sugiere que el crecimiento económico incrementa las emisiones de CO₂ hasta alcanzar un punto de inflexión. A partir de entonces, el efecto composición y tecnológico, con efecto positivo sobre el medioambiente, pasan a tener más peso que efecto escala, y las emisiones comienzan a disminuir, de aquí la forma de U invertida que presenta el gráfico. El estudio econométrico que hemos realizado con datos reales de Finlandia, ha verificado la hipótesis de la CKA, pero hay que resaltar que se trata de un país de renta alta y calificado por varios índices como el país más implicado con el medio ambiente. Por tanto la hipótesis de la CKA no se cumplirá en todos los países, solo en aquellos que cumplan determinadas características, entre otras un sistema educativo eficaz, un sistema político estable, transparente y con marco regulatorio adecuado y comprometido con el medio ambiente.

El problema del calentamiento global es conocido por todo el mundo, pero no somos del todo conscientes de los costes económicos que conlleva afrontarlo. Implica a todos los agentes de la economía, aunque es el Estado, comprometido mediante acuerdos vinculantes como el Protocolo de Kyoto, quien tiene que imponer las regulaciones pertinentes al sector privado y/o público y concienciar a través de las herramientas de las que dispone al conjunto de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA.

- BECKERMAN, W., 1992. *Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?*. *World Development* 20, 481–496.
- BHATTARI, M., HAMMING, M., 2001. *Institutions and the Environmental Kuznets Curve for deforestation: a cross-country analysis for Latin America, Africa and Asia*. *World Development* 29 (6), 995–1010.
- BIMONTE, S., 2002. *Information access, income distribution, and the Environmental Kuznets Curve*. *Ecological Economics* 41, 145–156.
- BROCK, W.A., TAYLOR, M.S., 2004. *Economic Growth and the Environment: a Review of Theory and Empirics*. NBER Working Paper Series, w.p. 10854. Disponible en: <http://www.nber.org/papers/w10854>.
- CANTONE, N., PADILLA, E., 2010. *Equality and CO2 emissions distribution in climate change integrated assessment modelling*. *Energy* 35, 298–313.
- COONDOO, D., DINDA, S., 2008. *Carbon dioxide emissions and income: a temporal analysis of cross-country distributional patterns*. *Ecological Economics* 65, 375–385.
- DASGUPTA, S., LAPLANTE, B., WANG, H., WHEELER, D., 2002. *Confronting the Environmental Kuznets Curve*. *Journal of Economic Perspectives* 16 (1), 147–168. (Winter).
- DATOS MACRO. (2017). *Desempleo, desempleo Finlandia*. Recuperado 13 de Octubre de 2017 en: <https://www.datosmacro.com/paro/finlandia paro>
- DINDA, S., 2004. *Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey*. *Ecological Economics* 49, 431–455.
- DINDA, S., 2010. *Environmental Kuznets Curve: an Envelope of Technological Progress*. MPRA archive, paper no 28092. Disponible en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/28092>.
- DUTT, K., 2009. *Governance, institutions and the environment-income relationship: a cross-country study*. *Environment, Development and Sustainability* 11, 705–723.
- EDERINGTON, J., LEVINSON, A., MINIER, J., 2004. *Trade Liberalization and Pollution Havens*. Nber Working Paper Series, Working Paper 10585. Disponible en: www.nber.org/papers/w10585.
- EKINS, P., 1993. ‘Limits to Growth’ and ‘Sustainable Development’: grappling with ecological realities. *Ecological Economics* 8, 269–288.
- GROSSMAN, G.M., KRUEGER, A.B., 1991. *Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement*. NBER. Working paper 3914.
- GROSSMAN, G.M., KRUEGER, A.B., 1995. *Economic growth and the environment*. *The Quarterly Journal of Economics* 110 (2), 353–377.
- KAIKA, D., ZERVAS, E., 2013. *The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory. Part B: critical issues*. *Energy Policy*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.130>, this issue.
- KANDER, A., 2005. *Baumol's disease and dematerialization of the economy*. *Ecological Economics* 55, 119–130.
- KAHN, M.E., 2003. *The geography of US pollution intensive trade: evidence from 1958 to 1994*. *Regional Science and Urban Economics* 33, 383–400.
- KLASSEN, G.A.J., OPSCHOOR, J.B., 1991. *Economics of sustainability or the sustainability of economics: Different paradigms*. *Ecological Economics* 4, 93–115.

- KUZNETS, S., 1955. *Economic growth and income inequality*. *American Economic Review* 45, 1–28.
- LANTZ, V., FENG, Q., 2006. *Assessing income, population, and technology impacts on CO₂ emissions in Canada: Where's the EKC?* *Ecological Economics* 57, 229–238.
- LEVINSON, A., Taylor, M.S., 2004. Unmasking the Pollution Haven Effect. NBER Working Paper Series, working paper 10629.
- LIEB, C.M., 2003. *The Environmental Kuznets Curve – a Survey of the Empirical evidence and of Possible Causes*. University of Heidelberg – Department of Economics, Discussion Paper Series, no 391.
- LUZZATI, T., ORSINI, M., 2009. *Investigating the energy-Environmental Kuznets Curve*. *Energy* 34, 291–300.
- MAGNANI, E., 2000. *The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution*. *Ecological Economics* 32, 431–443.
- MARTINI, C., TIEZZI, S., 2010. *Is the Environment a Luxury? An Empirical Investigation using Revealed Preferences and Household Production*. Disponibile en: <http://www.econ-pol.unisi.it/quaderni/599.pdf>.
- MCCONNELL, K.E., 1997. *Income and the demand for environmental quality*. *Environment and Development Economics* 2, 383–399.
- NAHMAN, A., ANTROBUS, G., 2005. *Trade and the Environmental Kuznets Curve: is Southern Africa a pollution haven?* *South African Journal of Economics* 73 (4), 803–814.
- PANAYOTOU, T., 1997. *Demystifying the Environmental Kuznets Curve: turning a black box into a policy tool*. *Environment and Development Economics* 2, 465–484.
- PANAYOTOU, T., 2003. *Economic Growth and the Environment 2003. Economic Survey of Europe*: UNECE, vol. no. 2; . (chapter 2).
- PEARCE, D., 2003, March. *Conceptual Framework for Analysing the Distributive Impacts of Environmental Policies. Prepared for the OECD Environment Directorate Workshop on the Distribution of Benefits and Costs of Environmental Policies*, Paris.
- PETERS, G.P., MINX, J.C., WEBER, C.L., EDENHOFER, O., 2011, 25th April. *Growth in Emission Transfers via International Trade from 1990 to 2008*. doi: 10.1073/pnas.1006388108 PNAS.
- PLASSMANN, F., KHANNA, N., 2006. *Preferences, Technology, and the Environment: Understanding the Environmental Kuznets Curve Hypothesis*. Economics Department Working Paper 0313
- RICHMOND, A.K., KAUFMANN, R.K., 2006. *Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?* *Ecological Economics* 56, 176–189.
- ROBERT S. PINDYCK, DANIEL L. RUBINFELD ; traducción y revisión técnica, Esther Rabasco Espáriz . - 7^a ed. Madrid : Pearson Educación: Prentice-Hall,; Cap 2
- ROCA, J., 2003. *Do individual preferences explain Environmental Kuznets Curve?* *Ecological Economics* 45 (1), 3–10.
- SELDEN, T., SONG, D., 1994. *Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?* *Journal of Environmental Economics and Management* 27 (2), 147–162.
- SHAFIC, N., BANDYOPADHYAY, S., 1992. *Economic Growth and Environmental Quality. Time-series and Cross Country Evidence*. Policy Research Working Paper no. 904, World Development Report 1992, The World Bank.

- STERN, D.I., 1998. *Progress on the Environmental Kuznets Curve? Environment and Development Economics* 3, 173–196.
- STERN, D.I., 2004a. *Energy and economic growth*. In: Cleveland, CJ (Ed.), *Encyclopedia of Energy*. Academic Press, San Diego CA, pp. 35–51.
- STERN, D.I., 2004b. *The rise and fall of the Environmental Kuznets Curve*. *World Development* 32 (8), 1419–1439.
- SURI, V., CHAPMAN, D., 1998. *Economic growth, trade and energy: implications for the Environmental Kuznets Curve*. *Ecological Economics* 25, 195–208.
- TAHVONEN, O., 2000. *Economic Sustainability and Scarcity of Natural Resources: A brief historical review*. *Resources for the Future*. Available from: www.rff.org.
- TOL, R.S.J, PACALA, S.W., SOCOLOW, R.H., 2009. *Understanding long-term energy use and carbon dioxide emissions in the USA*. *Journal of Policy Modeling* 31, 425–445.
- TORRAS, M., BOYCE, J.K., 1998. *Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve*. *Ecological Economics* 25, 147–160.

WEBGRAFÍA

BANCO SANTANDER S.A. (2017). *Trade Portal. FINLANDIA: POLÍTICA Y ECONOMÍA*. Recuperado 10 de Octubre de 2017 en: <https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/finlandia/politica-y-economia>

BANCO MUNDIAL (2016). *Datos Finlandia. Población activa, total*. Recuperado 16 de Octubre de 2017 en: <https://datos.bancomundial.org/indicator/>

- *Población activa total*
- *Población rural*

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (2017). *The world factbook, Europe, Finland. Economy, GDP composition by sector (2016)*. Recuperado Octubre de 2017 en: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2012.html#84> Composición sectorial

ECO INTELIGENCIA. (2013). Ricardo Estévez. (2013). *La estrategia finlandesa de desarrollo sostenible*. Recuperado 13 de Octubre de 2017: <https://www.ecointeligencia.com/2013/05/estrategia-finlandesa-desarrollo-sostenible/>

EDITORIAL ECOPRENSA. (2017) *El economista. (2017). El carbón desaparecerá de Finlandia en 2030: el país apuesta por la energía nuclear como sustituta*. Recuperado Octubre de 2017: <http://www.eleconomista.es/energia/noticias/8586495/09/17/El-carbon-desaparecerá-de-Finlandia-en-2030-el-pais-apuesta-por-la-energía-nuclear-como-sustituta.html>

EMBAJADA DE FINLANDIA, WASHINGTON. (2017). *La protección ambiental en Finlandia*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017 en: <http://www.finland.org/public/default.aspx?contentid=152280&nodeid=40956&contentlan=9&culture=es-ES>

EMBAJADA DE FINLANDIA, MADRID. (2017). *Educación en Finlandia*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017 en: <http://www.finlandia.es/public/default.aspx?nodeid=36870&contentlan=9&>

REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR) (2017). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España. PFC (PERFLUOROCARBUROS).* Recuperado 10 de Octubre de 2017 en: <http://www.prtr-es.es/Perfluorocarburos-768112007.html>

REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR) (2017). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España. SF6 (HEXAFLUORURO DE AZUFRE).* Recuperado 10 de Octubre de 2017 en: <http://www.prtr-es.es/Hexafluoruro-azufre-767112007.html>

REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR) (2017). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España. (HFC) HIDROFLOROCARBUROS.* Recuperado 10 de Octubre de 2017 en: <http://www.prtr-es.es/Hidroflorocarburos-765125007.html>

TRANSAPARENCY INTERNATIONAL. (2017). *Corruption Perception Index (2016).* Recuperado 13 de Octubre de 2017 en: https://www.transparency.org/news/feature/corruption_perceptions_index_2016

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol. Recuperado 5 de Septiembre de 2017 en: http://uat.unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Protocolo de Kyoto. Información Básica. Recuperado 5 de Septiembre de 2017 en: http://uat.unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php
http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Decisiones de las CP. Recuperado 5 de Septiembre de 2017 en: http://unfccc.int/portal_espanol/documentacion/decisiones/items/3337.php

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Acuerdo de París. Recuperado 20 de Septiembre de 2017 en: http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/acuerdo_de_paris/items/10085.php

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Acuerdo de Lima. Recuperado 20 de Septiembre de 2017 en: <http://newsroom.unfccc.int/es/lima/con-la-llamada-de-lima-a-la-accion-climatica-el-mundo-avanza-hacia-un-nuevo-acuerdo-climatico-universal/>

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Historia de la CNMUCC. Recuperado 20 de Septiembre de 2017 en: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/historia/items/6197.php

UNITED NATIONS (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change. Historia de la CNMUCC. Misión y objetivos. Recuperado 20 de Septiembre de 2017 en: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.php

UNIÓN EUROPEA (2017). Información básica sobre la Unión Europea, Paises, Finlandia. Recuperado en Octubre de 2017 en: https://europa.eu/european-union/about-eu/countries/member-countries/finland_es

UNIVERSIDAD DE YALE. (2017). Environmental Performance Index. Country rankings, Finlandia. Recuperado 12 de Octubre de 2017 en: <http://epi.yale.edu/country-rankings>.

ANEXO I

Datos empleados para hacer el análisis econométrico. Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) basados en los balances energéticos globales de 2016 y las metodologías del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) para los inventarios de gases efecto invernadero de 2006.

Unidades de medida de las variables que figuran la Tabla 3:

- 1) CO₂: en millones de toneladas/año.
- 2) GDP: medido en la Paridad del Poder Adquisitivo (PPA), miles de millones de dólares de 2005.
- 3) Población: millones de habitantes.
- 4) Patentes: número de patentes registrados.
- 5) TPES: Oferta Total de Energía Primaria (TPES por sus siglas en inglés): petajulios.

Tabla 3: Datos utilizados para el análisis econométrico. Fuente: IEA (2016)

Year	co2	gdp	pob	co2pc	gdppc	patentes	tpes
1971	39,8	71,9	4,6	8,6	15,6	938	760,7
1972	43,6	77,4	4,6	9,4	16,7	942	813,6
1973	47,9	82,8	4,7	10,3	17,7	996	880,6
1974	44,2	85,5	4,7	9,4	18,2	986	860,9
1975	44,2	87,0	4,7	9,4	18,5	1164	824,9
1976	50,4	87,3	4,7	10,7	18,5	1270	882,4
1977	50,0	87,6	4,7	10,6	18,5	1240	896,1
1978	54,6	90,1	4,8	11,5	19,0	1329	928,1
1979	54,1	96,5	4,8	11,4	20,3	1384	990,2
1980	54,8	101,7	4,8	11,5	21,3	1356	1029,9
1981	45,5	103,0	4,8	9,5	21,5	1423	991,7
1982	44,1	106,2	4,8	9,1	22,0	1638	971,2
1983	42,6	109,5	4,9	8,8	22,6	1719	980,7
1984	43,9	113,1	4,9	9,0	23,2	1775	1003,7
1985	48,3	117,1	4,9	9,8	23,9	1727	1081,6
1986	48,4	120,3	4,9	9,8	24,5	1754	1128,9
1987	52,2	124,5	4,9	10,6	25,3	1859	1230,9
1988	51,5	131,0	4,9	10,4	26,5	1981	1157,8
1989	51,5	137,7	5,0	10,4	27,7	1948	1195,9
1990	53,8	138,6	5,0	10,8	27,8	2059	1188,2
1991	54,5	130,4	5,0	10,9	26,0	2123	1205,5
1992	51,8	126,1	5,0	10,3	25,0	2052	1135,9
1993	53,1	125,2	5,1	10,5	24,7	2166	1191,5
1994	59,5	130,1	5,1	11,7	25,6	2306	1272,4
1995	55,7	135,6	5,1	10,9	26,5	2058	1210,8
1996	62,2	140,5	5,1	12,1	27,4	2179	1302,4
1997	60,2	149,3	5,1	11,7	29,0	2355	1350,8
1998	56,8	157,4	5,2	11,0	30,5	2471	1363,5
1999	56,0	164,4	5,2	10,8	31,8	2511	1359,0
2000	54,6	173,7	5,2	10,5	33,6	2579	1357,1
2001	60,5	178,2	5,2	11,7	34,3	2390	1392,5
2002	62,9	181,1	5,2	12,1	34,8	2162	1465,1
2003	71,1	184,8	5,2	13,6	35,4	1972	1544,6
2004	67,0	192,0	5,2	12,8	36,7	2011	1561,8
2005	54,8	197,4	5,2	10,4	37,6	1830	1441,3
2006	66,3	205,4	5,3	12,6	39,0	1816	1568,1
2007	64,3	216,0	5,3	12,2	40,8	1804	1544,4
2008	55,9	217,6	5,3	10,5	40,9	1799	1483,6
2009	53,5	199,6	5,3	10,0	37,4	1806	1401,1
2010	61,9	205,5	5,4	11,5	38,3	1731	1533,4
2011	54,4	210,8	5,4	10,1	39,1	1650	1474,9
2012	48,8	207,8	5,4	9,0	38,4	1698	1422,5
2013	49,4	206,2	5,4	9,1	37,9	1596	1392,8
2014	45,3	204,8	5,5	8,3	37,5	1419	1420,8