



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Desarrollo económico y medioambiente

Autor/es

Javier Barrabés Cebolla

Director/es

Domingo Gallego Martínez

Facultad de Economía y Empresa

2017

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
1. CAPÍTULO I.....	7
1.1 Introducción a los conceptos básicos del trabajo.....	7
1.2 Intensidad energética y transición energética en Europa.....	9
1.3 Consumo de la energía agregada.....	12
1.4 Análisis del factor intensidad energética.....	17
2. CAPÍTULO II.....	19
2.1 Efectos ambientales de la transición energética.....	19
2.2 Conclusiones de Stern.....	24
3. CAPÍTULO III.....	27
3.1 La desmaterialización.....	27
3.2 Metodología EW-MFA (Schmidt-Bleek, 1993).....	29
3.3 Regresión lineal de la evolución del CDM Y EL PIB, mediante el parámetro b (la pendiente).....	30
3.4 Estudios sobre la desmaterialización en las últimas décadas (desde 1980).....	32
3.5 Reflexión sobre las corrientes de ideas actuales.....	35
CONCLUSIONES FINALES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	40

Autor del trabajo: Javier Barrabés Cebolla

Director del trabajo: Domingo Gallego Martínez

Título del trabajo: Desarrollo económico y medioambiente / Economic development and environment

Titulación: Grado en Administración y Dirección de Empresas, Universidad de Zaragoza

Resumen del trabajo

Durante los últimos 200 años se ha producido un gran desarrollo económico a la vez que una transición energética global que ha provocado el aumento exponencial del uso de nuevas fuentes de energía como son los combustibles fósiles. Esto a su vez ha provocado un gran impacto medioambiental en el planeta provocando efectos negativos en la biodiversidad y afectando además al bienestar del ser humano debido a la contaminación del aire, de las aguas y del suelo. Planteamos por tanto en este trabajo si realmente estamos mejorando nuestra eficiencia y bienestar en términos globales, tal y como plantean muchos indicadores económicos, y tratamos de encontrar de qué forma se puede medir verdaderamente el impacto medioambiental de los distintos países indagando en diferentes estudios y trabajos ya realizados, buscando de esta forma un buen punto de partida para tratar de poner soluciones, ver que estrategias empresariales se están utilizando en la actualidad y en definitiva encontrar de qué forma se puede alcanzar un desarrollo sostenible en el tiempo y compatible con un desarrollo económico que cubra nuestras necesidades que no afecte el porvenir de futuras generaciones.

Abstract

During the last two centuries, there has been a great economic development, as well as a global energy transition that has led to an exponential increase in the use of new energy sources such as fossil fuels. This has provoked a major environmental impact on the Earth causing negative effects on biodiversity and also affecting human well-being due to air, water and soil pollution and degradation. We therefore wonder ourselves in this work if we are really improving our efficiency and well-being in global terms, as most of economic indicators suggest nowadays. We are trying to find out how the environmental impact can be measured in real terms, by investigating different studies and works already made, looking on this way for a good starting point to try to find solutions, seeing what business strategies are in use today and ultimately find out how can achieve sustainable development in time and compatible with an economic development able to cover our needs that does not affect the future of future generations.

Introducción

En este trabajo se va a tratar principalmente la relación entre el desarrollo económico de los distintos países del mundo y el medioambiente, los problemas para encontrar indicadores de medición que reflejen la realidad del impacto medioambiental durante los dos últimos siglos, y las soluciones más adecuadas que se han encontrado hasta el momento al problema, además de intentar clarificar la imagen desvirtuada que nos pueden ofrecer algunas de estas mediciones dependiendo de los datos utilizados.

Desde la revolución industrial, es decir, durante los dos últimos siglos, el ser humano ha visto incrementadas sus necesidades de energía debido a un incremento del bienestar (entendemos por bienestar factores como una esperanza de vida mucho mayor, el acceso a la electricidad, agua corriente, alimentos, mejora en infraestructuras...etc.) que ha venido dado por la aparición de nuevas tecnologías de manera exponencial, de manera que por ejemplo hoy en día se nos hace indispensable el uso de la electricidad en casa o de ciertos aparatos electrónicos. Esto ha supuesto la proliferación de industrias por todo el mundo, de fábricas que necesitan de materia prima para su producción (combustibles fósiles, metales...), lo cual provoca la explotación de distintos lugares del mundo en los que estas materias primas se encuentran en más abundancia que otros.

La principal idea a exponer en este trabajo consiste en explorar hasta qué punto el gran desarrollo económico de los dos últimos siglos proporciona un bienestar real al planeta, y si realmente lo qué se conoce como desarrollo o crecimiento económico hoy en día, se puede considerar como tal a medio y largo plazo, teniendo en cuenta el impacto medioambiental en cuanto a contaminación, deforestación, sobreexplotación de ciertos recursos naturales que el ser humano está llevando a cabo hoy en día. Es indudable que al nivel de avance tecnológico actual, cada vez se desarrollan más energías renovables, y el mundo cada vez tiene mayor conciencia de que el planeta debe convertirse en un lugar sostenible, sin embargo el bienestar no llega actualmente a todos los rincones del mundo, y hay una gran cantidad de naciones cuyos habitantes viven en general en condiciones precarias. La idea es tratar de encontrar de que forma se puede medir este impacto medioambiental correctamente, para poder encontrar las soluciones más

adecuadas para que el mundo sea sostenible a lo largo de las generaciones futuras, y que un nivel de bienestar digno sea alcanzado, sostenible y constante en el tiempo.

Así las cosas, surge la duda de, ¿nos compensa seguir avanzando económicoamente a este ritmo, siendo que hay zonas del planeta que están siendo explotadas por encima de sus posibilidades de regeneración? (Véase la selva del Amazonas, o la extinción de determinadas especies debido a la sobrepoblación humana en algunas zonas del planeta, que hace que se destruyan los hábitats en los que son capaces de sobrevivir) Además de la emisión de gases efecto invernadero, pese a que tal vez las series climáticas que tenemos en la actualidad no son suficientemente amplias en el tiempo como para demostrar irrefutablemente la influencia antropogénica en el clima (ya que es obvio que el clima ha ido cambiando durante la historia de La Tierra, véase las recientes glaciaciones o la pequeña edad de hielo), lo cierto es que las dos últimas décadas han sido las más cálidas desde que hay registros, y no hay duda de que efectos como la lluvia ácida debidos a la combinación de la humedad con óxido de nitrógeno, dióxido de azufre y trióxido de azufre emitidos por las fábricas no son favorables para el desarrollo de la vida en la tierra tal y como la conocemos, y pueden afectar negativamente a los ecosistemas que se ven afectados por estas precipitaciones.

Para concluir esta introducción, en este trabajo se hablará en líneas generales de cómo se va a tratar el problema de cuantificar el impacto medioambiental producido por los países durante los dos últimos siglos, ya que la idea del trabajo es que primeramente se deben medir las dimensiones del impacto medioambiental correctamente, antes de proponer soluciones, teniendo en cuenta que en las últimas décadas el problema del impacto medioambiental ha ganado en cuanto a significatividad y relevancia. Para ello, se expondrán ideas de distintos estudios realizados, sobre qué indicadores pueden mostrar más fielmente la imagen del impacto medioambiental.

El fin de este trabajo es que pueda ser considerado relevante, exponiendo los diferentes puntos de vista a lo largo de las últimas décadas sobre la relación entre el desarrollo

económico de las naciones y su impacto en el medioambiente, y sacando conclusiones sobre las recopilaciones de datos y tendencias observadas, tratando de dar más relevancia y credibilidad a determinados indicadores que nos dan idea de la relación crecimiento económico/ impacto medioambiental de cada país o conjunto de países con características similares.

En cuanto a la trascendencia de este trabajo, estamos tratando un tema que concierne a la humanidad entera, ya que dependemos de un planeta con recursos limitados, y cuya biosfera está sufriendo cambios que no sabemos qué pueden llegar a deparar respecto a la habitabilidad futura y bienestar de la raza humana, por lo tanto puede ser considerado un trabajo de interés general.

CAPÍTULO I

1.1 Introducción a los conceptos básicos del trabajo

Para comenzar la introducción a este capítulo, citamos una interesante frase que un conocido economista ruso-estadounidense, Simon Kuznets, mencionó en 1962 ante el congreso estadounidense, reflejando los problemas mencionados anteriormente en la introducción del trabajo:

“Hay que tener en cuenta las diferencias entre cantidad y calidad del crecimiento, entre sus costes y sus beneficios y entre el plazo corto y el largo. [...] Los objetivos de “más” crecimiento deberían especificar de qué y para qué”

Durante las últimas décadas, se han hecho innumerables estudios sobre la relación entre el PIB per cápita y la intensidad energética por habitante, antes de profundizar más, consideramos adecuado explicar algunos conceptos que pueden resultar desconocidos para personas alejadas de este ámbito.

Interpretamos la intensidad energética como la cantidad de unidades de energía (la unidad pertinente usada en cada caso, los julios son las más frecuentes) necesarias para producir una unidad de riqueza. De esta forma, la intensidad energética es un buen indicador de la eficiencia energética de una economía; una intensidad energética alta se traduce en un alto coste de conversión unidades energéticas/unidades de riqueza, y ocurre lo contrario con una intensidad energética baja.

Otros conceptos que vamos a utilizar en epígrafes posteriores son:

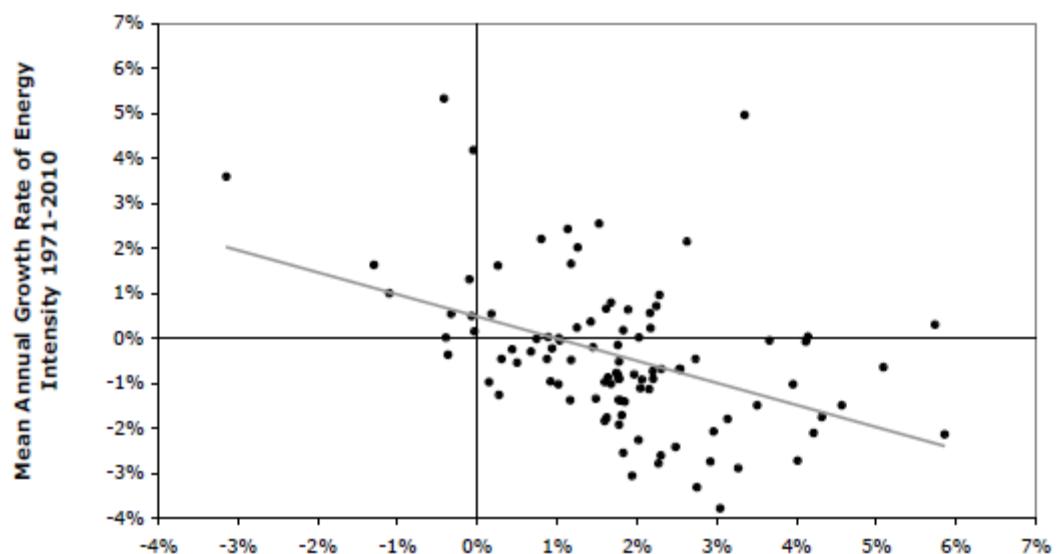
-Consumo total de energía de un país: Es la suma agregada de todo el consumo de las fuentes de energía que utiliza en un país, en este trabajo nos basamos en el consumo anual de los distintos países.

-Consumo de energía por persona: Es el consumo total de un país dividido por su número de habitantes.

Comenzaremos con un ejemplo para introducir uno de los muchos escenarios que se han estudiado sobre este tema; es el estudio de Mar Rubio (2016: 7-8), en el cuál mediante las siguientes gráficas se observa que la intensidad energética es menor en los países más desarrollados, y muestra una tendencia de que un aumento del 1% en la renta provoca un descenso del 0,3% de la intensidad energética.

La gráfica 1 nos muestra, en líneas generales, que a mayor crecimiento económico mayor es el decremento de la intensidad energética del país. Se observa además que para un crecimiento del 0%, la intensidad energética no presenta tasas nulas de crecimiento, sino que es creciente en el tiempo.

A pesar de la tendencia general observada, es también cierto que algunos países aumentan su intensidad energética aunque su crecimiento económico sea positivo.



Gráfica 1.

Mean Annual Growth Rate of Income per Capita 1971-2010

Relationship between the growth rates of energy intensity and income per capita for 99 countries from 1971 to 2010. Source - IEA and Penn World Table 7.1.

Fuente: Rubio (2016) *Energy and Economy*, p 7

1.2 Intensidad energética y transición energética en Europa durante los últimos 200 años

En este capítulo vamos a tomar como referencia el estudio realizado por Gales, Kander, Malanima y Rubio (2007: 219-253) para analizar los últimos 200 años transcurridos en Europa y el uso energético dependiendo de los distintos países analizados.

Partimos como base de que las economías actuales y el crecimiento experimentado, no podrían haberse alcanzado sin el uso de la energía e incrementos en el mismo, por tanto se debe considerar la disponibilidad de energía como un factor que afecta directamente al comportamiento económico de cualquier país.

En las últimas décadas del siglo XX, la intensidad energética a lo largo de la historia era mostrada en gráficas como una U invertida, en la cual se consideraba que un país alcanzaba su pico máximo de intensidad energética en su fase de industrialización, y a partir de ahí decrecía progresivamente en la época post industrial, sin embargo esta visión no tenía en cuenta las formas de energía utilizados antes de la llegada de los combustibles fósiles (Grübler, 2004: 163–177). En esto incluiríamos la leña, alimento ingerido por la fuerza de trabajo humana y piensos para los animales de trabajo, además de la fuerza del agua y del viento (Kander 2002, Malanima 2006, Rubio 2005, Gales 2007). Teniendo estos factores en cuenta, el nivel preindustrial de intensidad energética sería mucho mayor, y desaparece la U invertida de las gráficas de este tipo de mediciones (también conocida como Curva Medioambiental de Kuznets o EKC), siendo sustituida por una línea descendiente que se verá más adelante en el gráfico 6 de este trabajo.

En el artículo de la revista *European Review of Economic History*, nº11, (Rubio, Kander, Malanima y Gales, 2007: 219–253) se analizan y comparan datos para Suecia, Italia, España y los Países Bajos. De esta forma se tienen en cuenta los consumos energéticos de dos países del sur de Europa y dos del Norte, con sus respectivas diferencias climáticas y disponibilidad de recursos. Es sorprendente encontrar una tendencia decreciente de la intensidad energética tanto en Suecia como en Italia a partir de la mitad del siglo XIX siendo países completamente distintos.

Es curioso además descubrir mediante las gráficas incluidas en el gráfico 2 cómo las fuentes de energía tradicionales (madera, agua, viento y consumo de alimentos/piensos) constituyán una gran parte del uso energético hasta más tarde de lo esperado (más del 50% hasta 1865 en los Países Bajos, 1920 en Suecia y 1935 en Italia y España). A partir de 1950 se observa que los cuatro países han basado su consumo mayoritariamente en petróleo y gas natural.

Por tanto el gran cambio en la utilización de los recursos se ha producido principalmente durante el siglo XX, con una tendencia general en los cuatro países aunque con particularidades (Ejemplos: España usa más carbón, Suecia utiliza más madera...) dependiendo de su disponibilidad de recursos. Los otros dos gráficos referentes a los Países Bajos e Italia se pueden comprobar en el **Anexo I** de este trabajo.

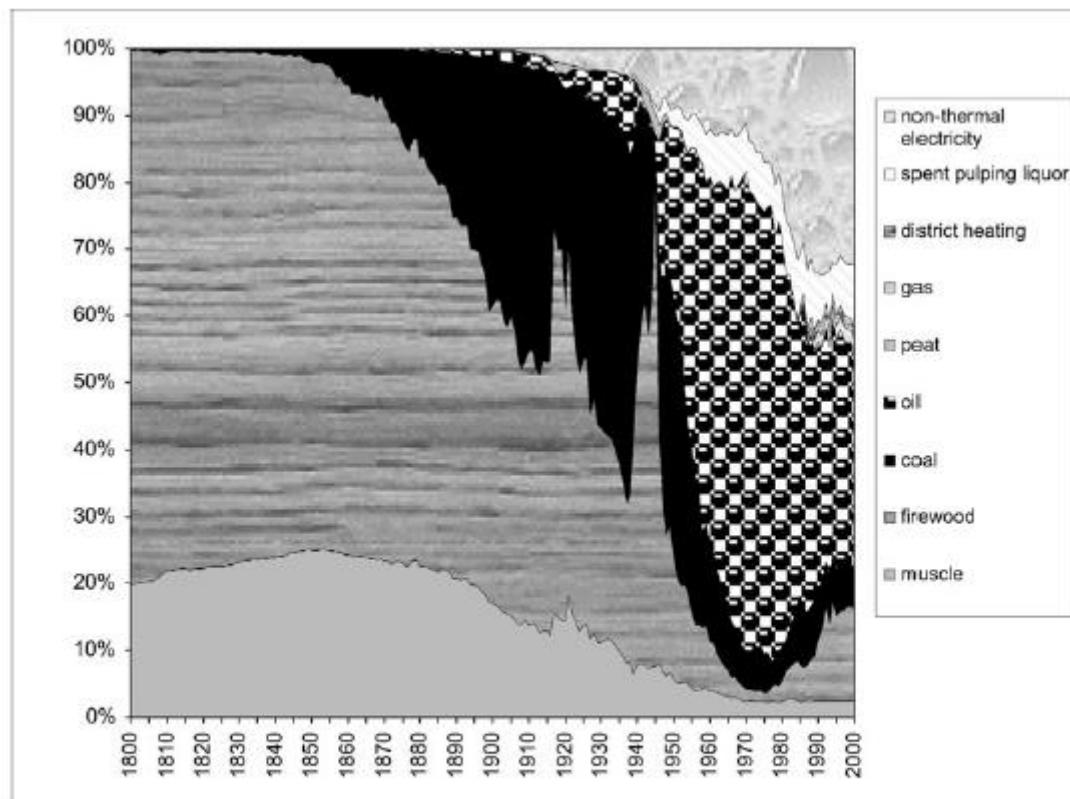


Gráfico 2

The Swedish energy transition 1800–2000.

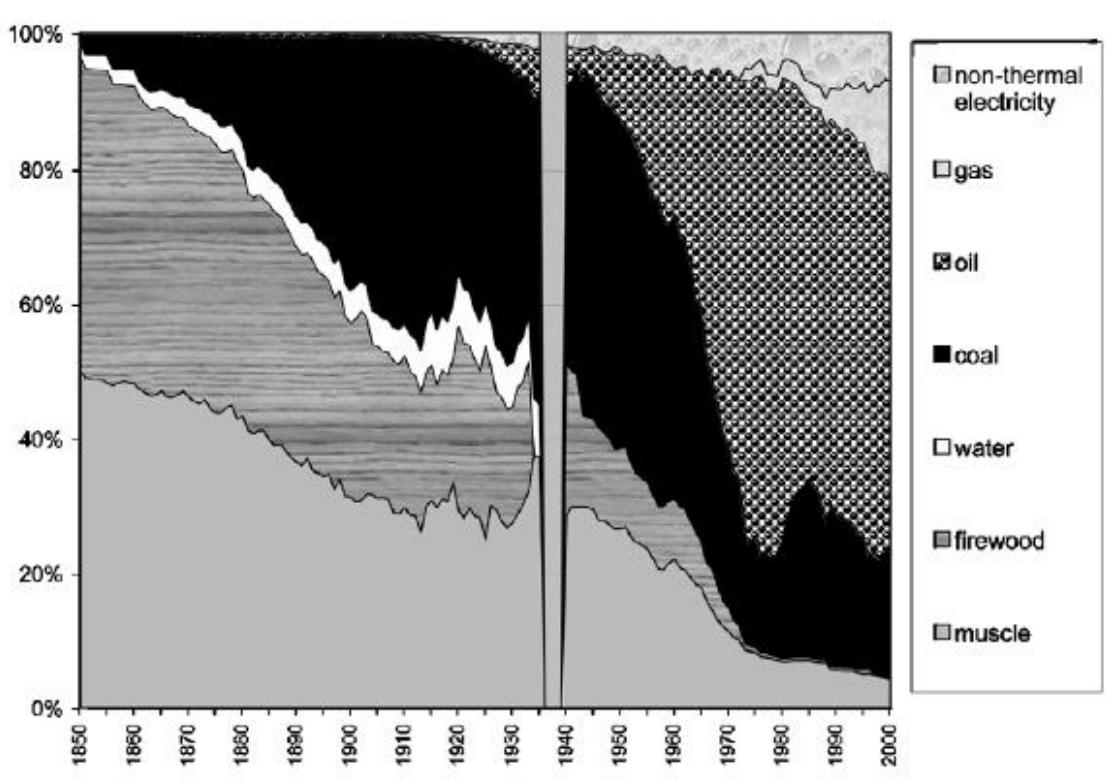


Gráfico 2 *The Spanish energy transition 1850–2000.*

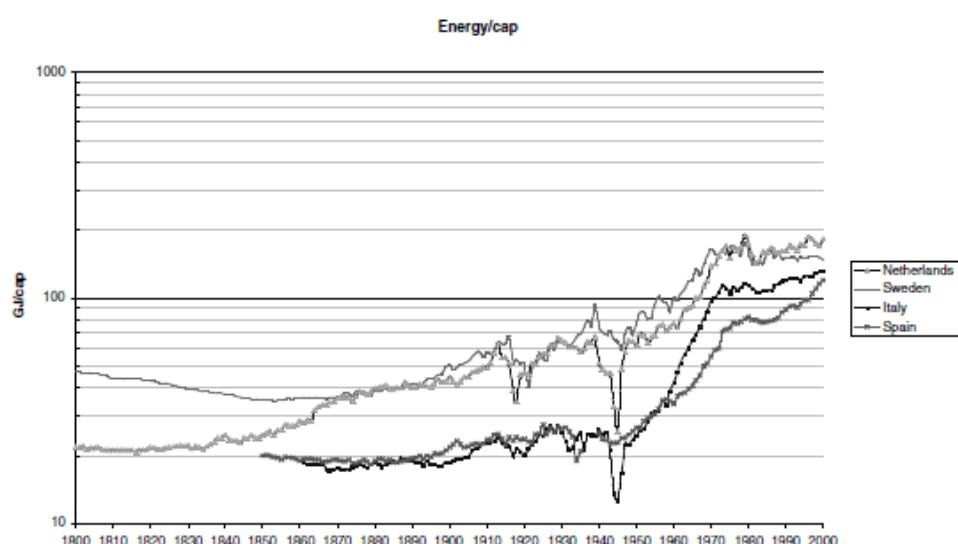
Fuente del Gráfico 2: Rubio (2007), *European Review of Economic History*, nº11, p 223.

Para cerrar este epígrafe, debemos tener en cuenta que las sociedades pre-industriales utilizaban mayoritariamente energías limpias y renovables (véase la energía solar o hidráulica) y no contaminantes, como los alimentos o los piensos, que acaban derivando de la energía solar, ya que los animales se alimentan de otros animales o plantas, y las plantas viven gracias a la energía solar, mientras que en las sociedades industriales se abusa de los combustibles fósiles para obtener energía, combustibles que liberan una gran cantidad de gases contaminantes en su combustión, gases que resultan perjudiciales para el desarrollo de la vida, afectando a la calidad de las aguas consumidas por los seres vivos y el aire que respiramos, y en definitiva que provocan efectos perniciosos en muchas especies de seres vivos.

1.3 Consumo de la energía agregada

En primer lugar el consumo de energía total de cada país depende directamente de su población y del nivel de vida de sus habitantes. Además hay que tener en cuenta que distintos sucesos como guerras o crisis económicas influyen claramente en el consumo energético, causando las guerras mundiales efectos similares en las economías de los países que participaron en ellas. Estos sucesos se traducen como ya veremos en este epígrafe en consumos de energía totales de los países relativamente decrecientes durante las guerras y crisis económicas como la del 73, por ejemplo.

En la gráfica 3 podemos ver el consumo per cápita de energía en los cuatro países comentados en el epígrafe 1.2, con tendencia siempre creciente en los cuatro a excepción de los períodos de guerra. Vemos que es notable el crecimiento del consumo entre 1950 y 1973, época de gran crecimiento económico y de bonanza, y una posterior tendencia más suave a seguir creciendo tras esos años. También se deben tener en cuenta los avances tecnológicos que mejoraron la eficiencia del uso energético, un ejemplo es Suecia, donde antes de 1870 se produjeron grandes avances en los sistemas de calefacción de los hogares, y el consumo siguió una línea decreciente durante bastantes décadas del siglo XIX.

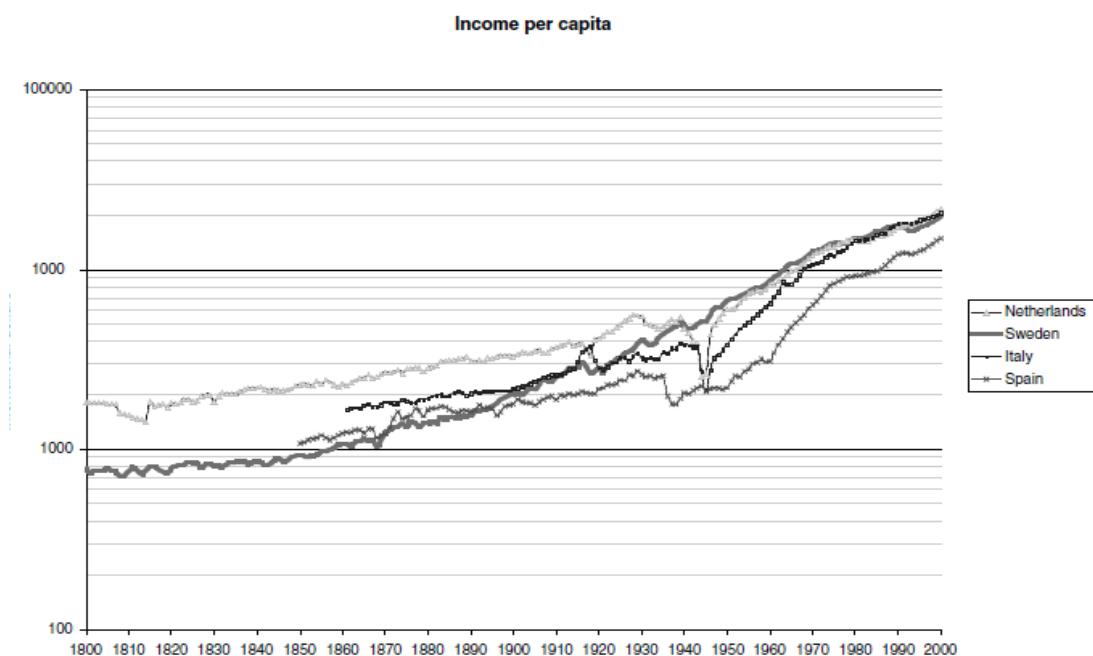


Gráfica 3 Energy consumption per capita in Italy, the Netherlands, Spain and Sweden (Gigajoules, GJ).

Fuente: Rubio (2007) *European Review of Economic History*, 11, p 228.

La principal conclusión que queremos sacar de la gráfica 3 es que, independientemente del clima de estos países, observamos una tendencia similar histórica en cuanto a consumo energético, por lo que podemos tener una idea de que el desarrollo económico tiene mayor influencia en el consumo que el clima. Además, teniendo en cuenta los bajos precios de la energía en la década de los 60, podemos concluir que las fuerzas del crecimiento (población y PIB per cápita) fueron de mayor relevancia que las mejoras en eficiencia y productividad, en un periodo en que hubo una gran expansión industrial y aumento de los medios de transporte en todos los lugares.

En la gráfica 4 podemos apreciar como la época de gran crecimiento de los cuatro países, en términos de ingresos per cápita, coincide con la transición de la explotación de las energías tradicionales a las nuevas fuentes de energía, los combustibles fósiles. Se aprecia claramente un mayor ascenso hacia 1950, como ya hemos comentado en el epígrafe 1.2. Es además notable como Países Bajos inicia antes que los otros países esta tendencia alcista del PIB per cápita, coincidiendo con su más temprana transición a las fuentes de energía modernas.

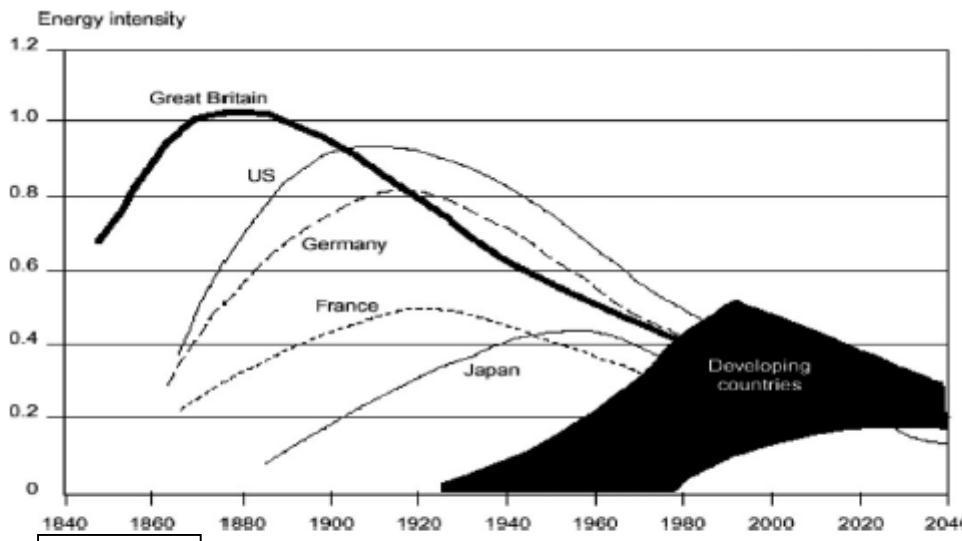


Gráfica 4

Income per capita (constant international 1990 PPP dollars).

Fuente: Rubio (2007) *European Review of Economic History*, 11, p 232. Datos basados en Malanima 2006, Escosura 2003, Smits 2000, Schön y Krantz 2007

Por tanto, si, como se observa en el gráfico 5, se utilizan en el cálculo de la intensidad energética tan solo las fuentes primarias de energía modernas, el resultado es la U invertida. Es decir, en las primeras fases del desarrollo industrial la aplicación de las nuevas fuentes de energía a un creciente número de sectores y actividades económicas dio lugar a un gran incremento de la intensidad energética. Posteriormente, y ya durante el siglo XX, el uso creciente de los nuevos recursos energéticos fue compatible con el descenso de la intensidad energética.

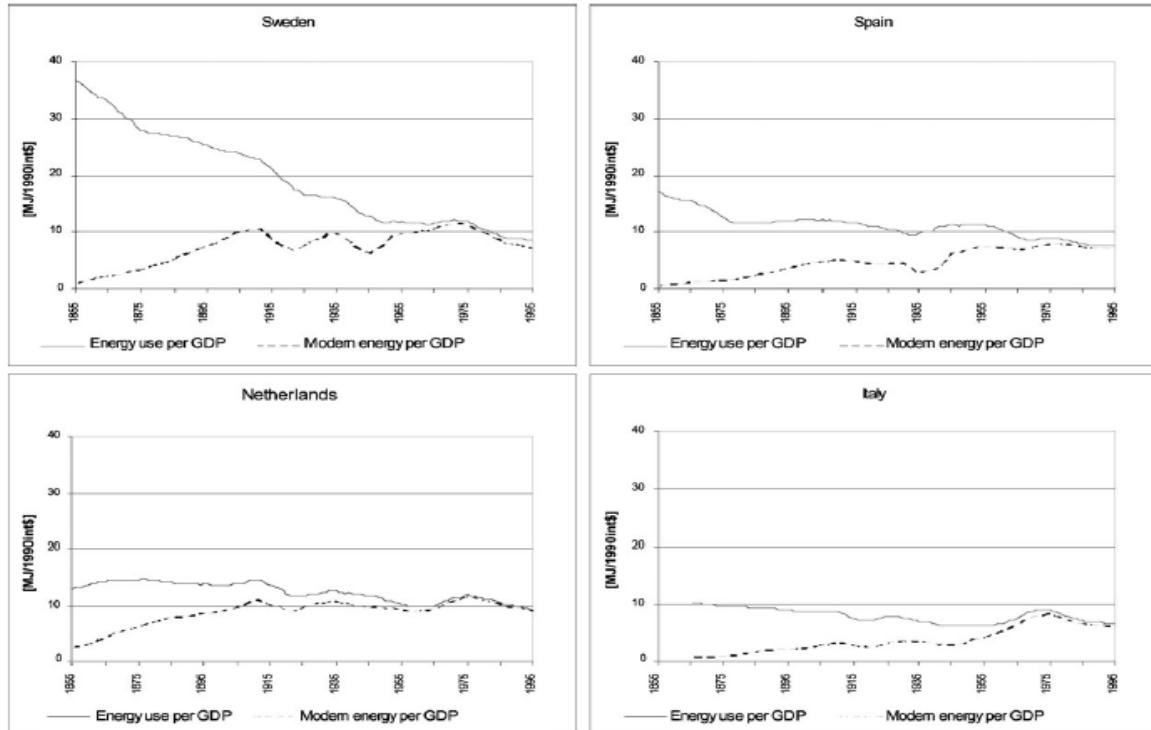


Gráfica 5 Traditional portrait of the long-term evolution of energy intensities.

Fuente: Rubio (2007) *European Review of Economic History*, 11, p 235.

Volviendo a un análisis sobre la conocida medición de la curva en forma de U – invertida, encontramos un par de interesantes gráficos (gráficas 6 y 7). En los cuatro países del gráfico 6 se aprecia claramente cuál fue el modo de reducción continuada de la intensidad energética desde el comienzo de la industrialización cuando consideramos todas las fuentes energéticas utilizadas, tanto las preindustriales como las actuales: se combinó inicialmente una continua mejora en la eficiencia energética de las tecnologías preindustriales con su paulatina sustitución con los recursos energéticos de la época industrial. Ambos procesos compensaron el aumento de la intensidad energética en el uso del carbón y otros recursos energéticos del subsuelo. Posteriormente este proceso se completó con la reducción de la intensidad energética

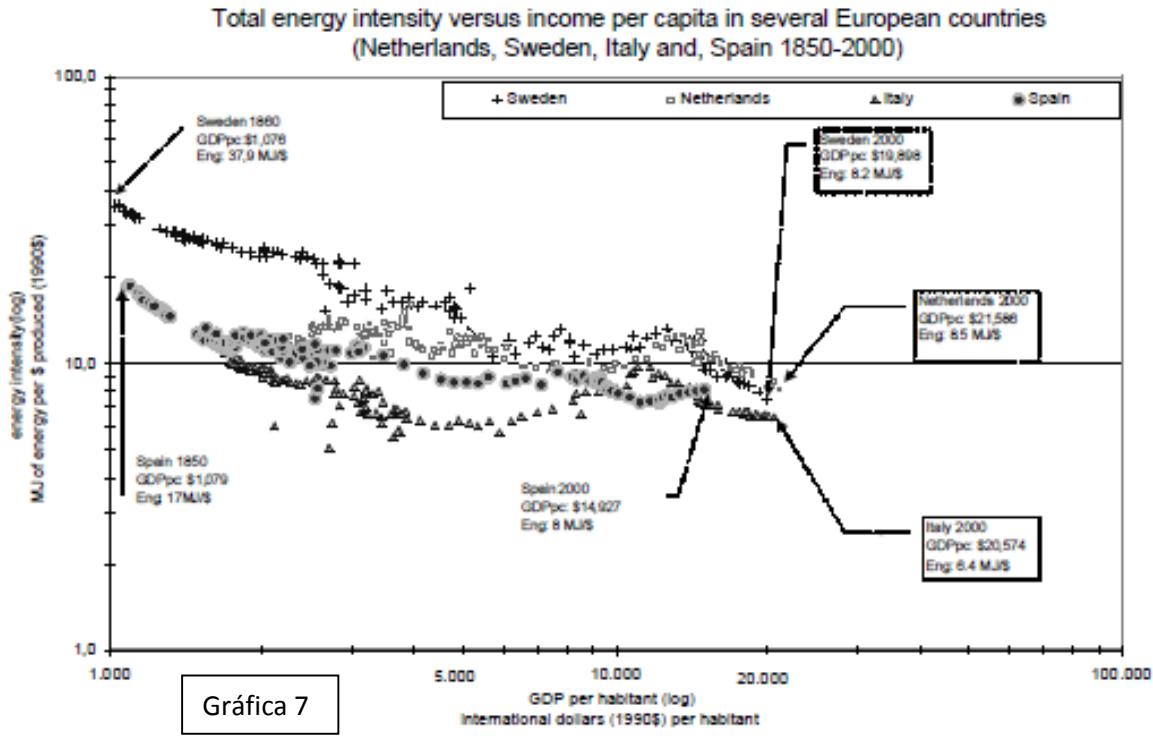
derivada del uso de los recursos del suelo. El resultado a largo plazo es el que observamos en el gráfico 7 (y ya veímos en el gráfico 1 al comparar países con distinto nivel de PIB por persona): la intensidad energética global viene descendiendo de forma continua desde el inicio de la industrialización tanto en los países pioneros como en los que la iniciaron más tarde.



Gráfica 6.

Two views on energy intensities (11-year moving averages).

Fuente: Rubio (2007) *European Review of Economic History*, 11, p 236.



Fuente: Rubio (2007) *European Review of Economic History*, 11, p 237.

No obstante, pese a que los gráficos nos muestren el desarrollo de las sociedades hacia una mayor eficiencia energéticamente hablando, hemos de tener muy en cuenta la procedencia de las fuentes de energía en cada época. Las fuentes energéticas industriales son no-renovables, son altamente contaminantes en su combustión, y lo que es peor, son dañinas para el medioambiente, lo cual está produciendo y va a producir efectos irreversibles en determinadas especies de animales y plantas. Hemos de replantearnos por tanto, si realmente estamos alcanzando una mayor eficiencia con el gran uso de estas fuentes de energía no renovables, ya que a costa de empeorar las condiciones habitables del planeta, sin duda a perspectivas de largo plazo (y no tan largo) no vamos en la dirección correcta. En la actualidad el ser humano está tratando de encontrar nuevas fuentes de energía alternativas, de forma que se pueda aprovechar la energía solar (de la cual se obtenía la mayor parte de la energía en las sociedades pre-industriales), u otros tipos de energía como el hidrógeno, en las que se obtenga la misma o mayor eficiencia que con la combustión de combustibles fósiles, pero sin dañar el planeta. No hay duda de que hay una mayor concienciación de las sociedades ante las amenazas medioambientales, y ésta puede ser una de las claves de un cambio de rumbo.

1.4 Análisis del factor intensidad energética

Las variaciones en intensidad de este factor clave analizado en nuestro trabajo pueden surgir por muchas causas.

A primera vista podemos pensar que se debe principalmente a las mejoras tecnológicas que aumentan la eficiencia en el uso energético, o al cambio de factores de energía menos eficientes a otros más eficientes. Puede deberse también a la aparición de distintas empresas que compiten por fabricar un producto con la misma utilidad, y esta competitividad va mejorando la eficiencia debido a su necesidad de supervivencia en un mercado limitado, o a nuevos productos/servicios que sustituyen los anteriores siendo más eficientes energéticamente hablando.

Existe también la creencia de que la transición de una estructura económica basada en la industria, a una basada en los servicios reduce la intensidad energética de un país. Sin embargo tomando como referencia el artículo de Rubio, Kander, Malanima y Gales (2007: 240) podemos contrastar que tan solo un 14% de la reducción total en intensidad energética viene explicado por el cambio estructural en la economía del país, el resto viene explicado principalmente por mejoras en la eficiencia técnica. Otro punto clave a tener en cuenta, es que realmente un país no deja de consumir bienes manufacturados para consumir servicios, sino que simplemente bajan de precio en relación a los servicios, debido a las mejores en productividad, y por ello en perspectiva puramente económica da la impresión de que los servicios cobran mayor protagonismo. Esto sin olvidar que el precio relativo de la energía se ha encarecido mucho en las últimas décadas, estimulando los ahorros energéticos, y nuevas tecnologías como la tecnología LED, que ha sido un avance enorme en ahorro de luz.

De todas formas es complicado medir a qué se deben las variaciones, ya que algunos de estos posibles efectos explicados, pueden tener efectos rebote (Howarth 1997: 1-9). Con esto queremos decir que tal vez la mejora de la eficiencia, puede reducir los precios y por tanto aumentar su consumo, alcanzando un pico mayor de intensidad energética que anteriormente a la mejora. Existen muchas hipótesis y consideramos este factor difícilmente predecible, además de que está sujeto a los continuos cambios tecnológicos. Lo que es indudable es que hasta el momento, el ser humano ha ido

superando las barreras naturales, utilizando cada vez nuevos recursos y mejorando la eficiencia en los procesos, sin embargo no podemos asegurar que esta superación de barreras se vaya a ir consiguiendo eternamente, o que un determinado recurso indispensable se vaya a agotar antes de descubrir un sustitutivo adecuado para las necesidades de la humanidad en los períodos de tiempo venideros.

Además, como ya se ha comentado en epígrafes anteriores, tal vez se está analizando la intensidad energética desde un punto de vista de simple eficiencia a la hora de la reducción de unidades de energía necesarias para obtener una unidad de riqueza determinada. Centrándonos en la perspectiva medioambiental que concierne a este trabajo, deberíamos replantearnos ese concepto de eficiencia. No creemos que sea eficiente ni beneficioso para el planeta el aumento incesante de las emisiones contaminantes que provocan daños posiblemente irreparables desde el punto de vista del ciclo de la vida humano. Es por ello que afortunadamente en los últimos años, se están investigando nuevas tecnologías realmente interesantes, para intentar reducir lo máximo posible la utilización de las energías provenientes del subsuelo (los combustibles fósiles), ya que tras el análisis de la información mencionada anteriormente, hay evidencia de que desde la utilización de estas fuentes de energía no-renewables la degradación medioambiental ha aumentado sobremanera, así como ha empeorado la calidad del aire y de las aguas del planeta, y todo ello pese a la persistente mejora de la eficiencia energética.

CAPÍTULO II

2.1 Efectos ambientales de la transición energética

En las últimas décadas del siglo XX, muchas teorías convergían en que un mayor desarrollo económico y por tanto mayores ingresos medios per cápita significaban una reducción en el impacto medioambiental. En otras palabras, la reducción de la pobreza conducía a una mejora de la calidad del medioambiente de un país.

Sin embargo, pese a que en el informe del Banco Mundial (1992, *World Development Report 1992*) la mayoría de las opiniones seguían esta tendencia, había críticos, como Shafik (1994) que dicho sea de paso, era una de las economistas en los que el Banco Mundial basaba su informe WDR, cuyas investigaciones mostraban que no todos los impactos medioambientales se reducían con altos niveles de ingresos. Demostraba que los desperdicios urbanos y las emisiones de carbono aumentaban sin lugar a dudas con los ingresos per cápita. El estudio de Shafik (1994: 757–773) arrojó además interesantes conclusiones, como que la falta de agua limpia y la falta de limpieza urbana decrecían al aumentar los ingresos durante el tiempo. No encontró ninguna relación entre la deforestación y los ingresos, sin embargo encontró fuertes relaciones entre un empeoramiento de la calidad de las aguas fluviales y el aumento de ingresos, así como un aumento de las concentraciones de gases contaminantes al incrementarse los ingresos.

Además hay evidencias de que la polución ambiental influye en hasta un 80% de las enfermedades actuales a peor, y sobre un 25% de las enfermedades y muertes en el mundo vienen dadas por condiciones medioambientales degradadas en determinados puntos del planeta (OECD - Goldewijk, 2014: 180)

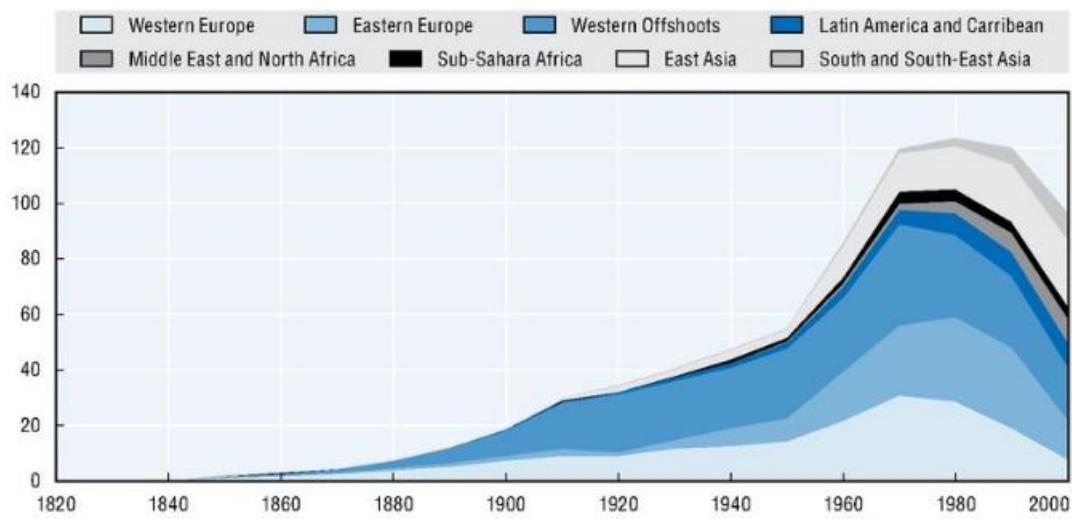
Profundizando en los gases contaminantes, se han realizado gran cantidad de estudios sobre el nivel de ingresos per cápita en el cuál las concentraciones de estos gases (SO₂, NO_x, SPM, CO...) comienzan a disminuir. A pesar de la rigurosidad de las investigaciones, no se han alcanzado conclusiones convincentes, ya que los picos de ingreso per cápita difieren mucho en los distintos estudios (Shafik 1994, Holtz-Eakin y Selden 1995, Dobes et al., 2015, Selden and Song 1994). Los principales problemas y

razones por las que es muy complicado encontrar consenso son la existencia de variables omitidas, el efecto-tiempo y la dificultad de encontrar series de datos significativas.

No obstante, dejando de lado el PIB per cápita y centrándonos en el total de emisiones por regiones, vamos a aportar un par de gráficos cuya fuente es el capítulo 10 de la publicación de la OECD (Goldewijk, 2014: 179-198)

Figure 10.1. Regional totals of SO₂ emissions, 1820-2000

Values in petagrams SO₂ (Pg SO₂, where peta = 10¹⁵)



Note: For an assessment of data quality, see Tables 10.2 and 10.3.
Source: Clio Infra, www.clio-infra.eu.

Gráfica 8

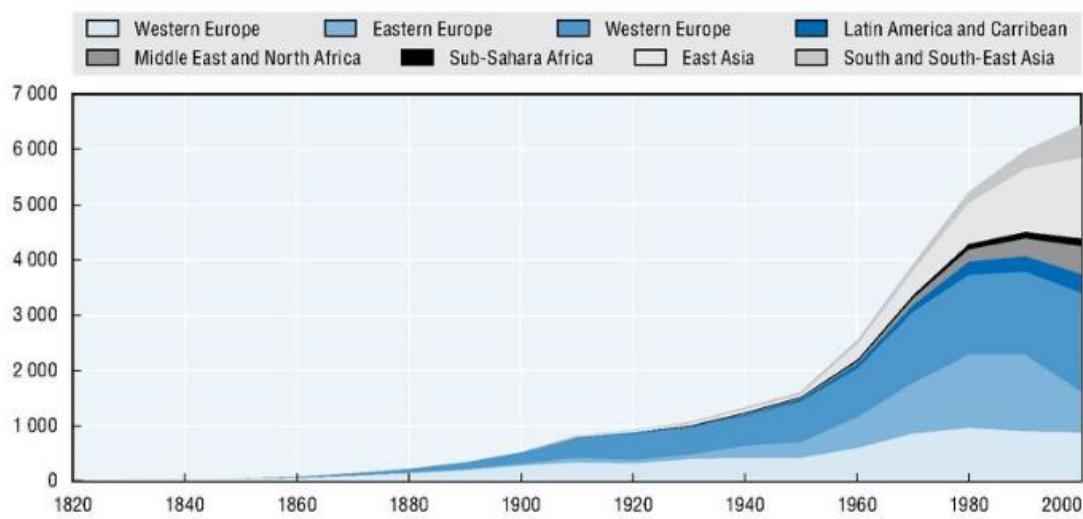
Fuente: Goldewijk – informe OCDE, (2014) *Global Well Being Since 1820*, Chapter 10, p 186

En el primero de ellos, referente a las emisiones de SO₂, nos encontramos con una clarísima gráfica en forma de U invertida. Vemos que el aumento de estas emisiones coincide con el gran desarrollo económico de las sociedades industriales durante el último siglo (como ya se ha visto en gráficos del capítulo anterior), y vemos que destacan especialmente las emisiones en Europa así como en otros países occidentales (EEUU, Canadá...) aportando más de la mitad de las emisiones en el año 2000, aunque con ligero decrecimiento en las últimas décadas, pero todavía muy alto en términos absolutos. También es destacable la incorporación de las economías del este asiático, que van aumentando su proporción en las emisiones totales.

Muy posiblemente el decremento de las emisiones de SO₂ desde finales de los 80 se debe a políticas restrictivas por parte de los países que mayor cantidad de emisiones

emitían, ya que estas moléculas son muy perjudiciales para la salud al ser respiradas y al mezclarse con el agua, además de que hay evidencias (emisiones de la central térmica de Andorra, Teruel, por ejemplo) de que provocan una alta degradación del medioambiente y la biodiversidad. Procedían principalmente de la combustión del carbón, combustible fósil cuyo consumo se ha reducido notablemente, y ha sido incentivado por distintos gobiernos para usar otras formas de energía en vez de ésta (OECD - Goldewijk, 2014: 183). Podemos ver las emisiones más detalladamente en las tablas del **Anexo I**.

Figure 10.3. Regional totals of CO₂ emissions, 1820-2000
Values in petagrams Carbon (Pg. C, $\text{peta} = 10^{15}$)



Note: For an assessment of data quality, see Tables 10.2 and 10.3.
Source: Clio Infra, www.clio-infra.eu.

Gráfica 9

Fuente: Goldewijk – informe OCDE, (2014) *Global Well Being Since 1820*, Chapter 10, p 192

En este segundo gráfico observamos las emisiones de CO₂ en los últimos 200 años.

Observamos un comienzo de gran repunte a partir de 1950, con un pico en las economías occidentales en torno a 1990, y un aumento incesante desde la década de los 70 de las economías asiáticas principalmente, cuyo techo no parece haberse alcanzado aún. Vemos cierta evidencia de la existencia de una U invertida en cuanto a emisiones, si nos fijamos en las economías occidentales, ya que en las economías emergentes todavía no se había alcanzado el pico de emisiones en el año 2000. El CO₂ es un gas tóxico en altas concentraciones, pese a que es necesario para la realización de la fotosíntesis de las plantas, y un rápido incremento en la concentración de CO₂ en la atmósfera como ha ocurrido en las últimas décadas puede derivar en un aumento de las

temperaturas debido al efecto invernadero. Hay evidencias de que las temperaturas en el planeta han sido fluctuantes durante su historia, sin embargo los cambios drásticos provocan que la biodiversidad pueda tener problemas para adaptarse tan rápidamente, y la desaparición de determinadas especies o animales que alteren los ecosistemas puede resultar perjudicial para nuestro bienestar.

Las tendencias observadas en los dos gráficos nos llevan a conclusiones similares, el cambio tecnológico en el cuál se pasó de las fuentes de energía tradicionales a las modernas, tiene como consecuencias un aumento exponencial de estos gases contaminantes. Por tanto esta transición energética, derivó en tecnologías más avanzadas que satisfacían las necesidades de los ciudadanos de los pertinentes países, pero provocando una gran degradación medioambiental, y empeorando en muchos casos la calidad del aire y de las aguas, cuyos efectos desembocan en pérdida de biodiversidad, aumento y aparición de nuevas enfermedades y en general empeoramiento del bienestar del ser humano en el conjunto global del planeta. Es decir, aunque el desarrollo económico ligado a la tecnología industrial puso las bases para una mejora continuada de la salud y la esperanza de vida, la contaminación ambiental es el origen de nuevas enfermedades y de daños ambientales que a largo plazo pueden poner en riesgo la salud de todos.

Siguiendo con la teoría de la EKC (curva U invertida), la cual era justificada (Panayotou, 1993: *Working Paper 238*) de forma que, si no hubiera cambio en la estructura o tecnología de una economía, crecimiento y polución crecerían proporcionalmente. Sin embargo se consideraba que existían unos factores del cambio, haciendo hincapié en un aumento de la eficiencia, desarrollo de tecnologías más avanzadas y políticas reguladoras del impacto medioambiental.

Pero como se explicará más detalladamente en el siguiente capítulo de este trabajo, las estrictas regulaciones en los países desarrollados para contaminar menos, conducen muy

posiblemente a que la producción sea trasladada a países en desarrollo, de forma que las actividades contaminantes en el cómputo del planeta no se reducen, sino que siguen aumentando (Stern et al, 1996:1151–1160).

Un modelo muy interesante en cuanto a tener en cuenta el impacto medioambiental basado en el modelo de Solow (1956), es el Green Solow Model (Brock and Taylor's, 2010). Este modelo tiene en cuenta que la producción genera polución, pero que asignar parte de la producción final a la reducción de la polución puede ser efectivo. A esto puede ser de gran ayuda la concienciación que tenga una determinada sociedad sobre reducir el impacto medioambiental, ya que las empresas se pueden ver incentivadas a dedicar parte de sus posibles ganancias a la reducción del impacto en el medioambiente, ya sea por mejorar su imagen de cara a la sociedad, por motivación propia de los socios o administradores de la empresa, o por incentivos que pueden ser ofrecidos por los gobiernos, entre otras causas comunes.

Respecto a algunas teorías que consideran que el problema en los países en desarrollo es el uso de tecnologías más anticuadas, vemos en contraposición esta creencia en el trabajo de Stern (2004: 1419–1439), en el cual muestra que las innovaciones pueden ser primero adoptadas preferentemente en países con altos ingresos, sin embargo el retraso con el que estas tecnologías llegan a países en desarrollo no es tanto como se puede creer.

2.2 Conclusiones del artículo de Stern

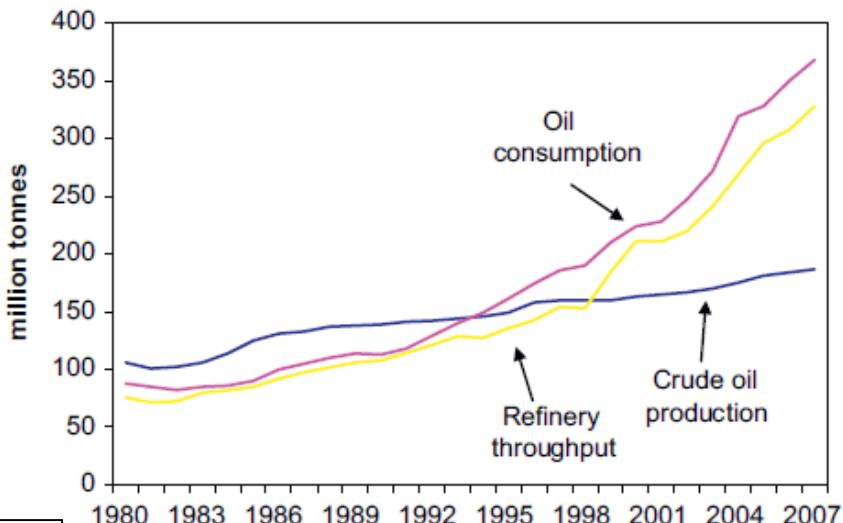
Las principales conclusiones tras el valioso análisis por parte de Stern en su trabajo de diferentes modelos son que podría existir una relación de U invertida entre determinados gases contaminantes, especialmente los relacionados con la combustión de los combustibles fósiles y los ingresos, como así se puede comprobar en el informe de la OCDE (Goldewijk, 2014: 179-198)

La tasa de crecimiento de las emisiones desciende con un aumento de los ingresos per cápita para el CO₂ y las emisiones de sulfuros, como mencionó Stefanski (2013, *OxCarre Research Paper 47*), pero no debemos olvidar que posiblemente existe una “externalización de la polución” en muchos casos, ya que gran parte de la producción es trasladada de países desarrollados a otros en desarrollo. Los motivos suelen deberse a la reducción de costes mayoritariamente, que además conlleva una imagen más “verde” de las empresas en los países desarrollados, al contaminar menos en éstos, pero al fin y al cabo son emisiones que van a la atmósfera y las masas de aire están en continuo movimiento, por lo que contaminar en un lugar no significa que la contaminación vaya a permanecer allí, especialmente refiriéndonos la contaminación del aire y del agua.

Nos servimos además de un par de gráficos obtenidos tanto del artículo de Andrews-Speed (2009: 1333) como del de Stern (2012: 2206) (en el cuál tomamos China como ejemplo, pero es extrapolable a la mayoría de países industrializados para corroborar como ya menciona Stern en su artículo, que pese a estar mejorando en términos de eficiencia energética en todas las grandes economías mundiales (ver gráfica 11), las emisiones de CO₂ y el consumo de combustibles fósiles (por no mencionar otros minerales o materiales utilizados en la industria) no deja de crecer en términos absolutos, por lo que vemos evidencia de que el descubrimiento de nuevas tecnologías que mejoran la eficiencia y la productividad, no es aprovechado para reducir el impacto medioambiental, sino para explotar masivamente esas mayores capacidades de extracción y utilización de recursos obtenidos del subsuelo (no renovables).

Comparando los gráficos 10 y 11 vemos el agudo contraste, en el caso de la República Popular China, entre la continuada mejora de su eficiencia energética (descenso en la

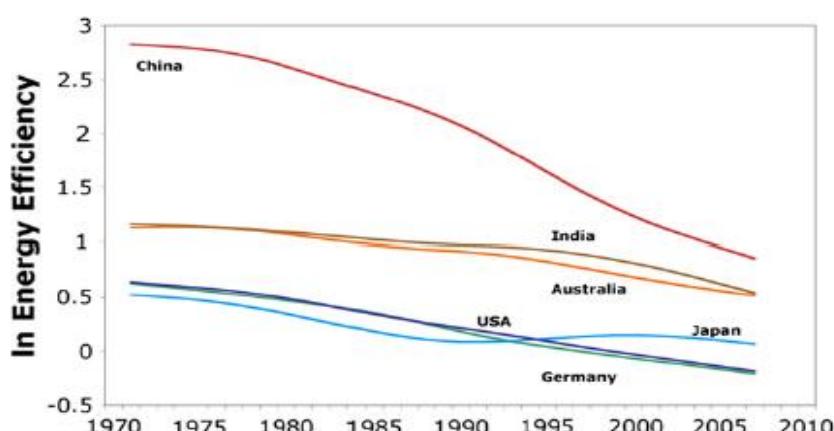
intensidad energética) y su también continuado aumento del consumo absoluto de combustibles fósiles.



Gráfica 10

Oil production and consumption in China, 1980–2007. Sources BP Statistical Review of World Energy, 2008.

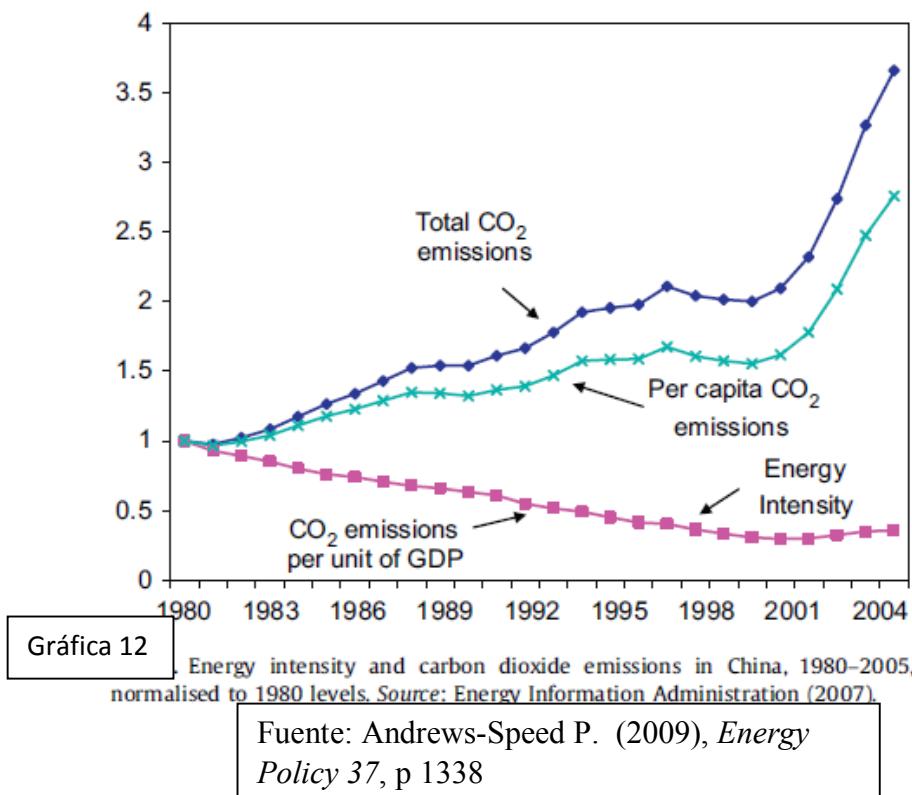
Fuente: Andrews-Speed P. (2009), *Energy Policy* 37, p 1338



Gráfica 11

Energy efficiency: Australia and major economies.

Fuente: Stern (2012), *Energy Economics* 34, p 2206



Especialmente curioso es el gráfico 12 en el que vemos que pese a que la intensidad energética se reduce, o se mantiene estable en los últimos años de la gráfica, las emisiones de CO₂ no dejan de incrementarse.

Respecto a una visión a largo plazo, observamos con preocupación los hallazgos de York (2012: 762–764), en los que afirma que las emisiones de carbono aumentan a mayor ritmo en períodos de crecimiento económico de lo que decrecen en recesiones, pese a que Burke et al. (2015: 109-121) sostiene que no hay una evidencia total de ello, y que existen lagunas todavía a la hora de confiar en este tipo de cálculos para períodos cortos de tiempo, aunque sí que hay mayores evidencias si se toman largos períodos de tiempo.

CAPÍTULO III

3.1 La desmaterialización

Se considera que un país está desmaterializándose (en términos absolutos) si está reduciendo su consumo de materiales, siempre que el crecimiento de su PIB sea positivo, nulo, o decrezca a un ritmo menor que el ritmo al que decrece el consumo de materiales o la intensidad energética.

En las últimas décadas, se ha venido utilizando este concepto para el análisis de la relación entre el crecimiento económico y el consumo de recursos. Como se ha observado en los capítulos anteriores, la mejora en la eficiencia energética ha sido compatible con el incremento del consumo de materiales energéticos (gráficos 3, 10 y 12). Pero también esta relación entre crecimiento económico y uso de materiales podría acabar teniendo una relación inversa dando lugar a un proceso de desmaterialización (De Bruyn y Opschoor 1997: 255-268), también conocido como decoupling (Bringezu et al. 2004; Fisher Kowalski y Swilling 2011). Este concepto surgió debido a la necesidad de estudiar la relación entre las grandes necesidades energéticas y de consumo de materiales del ser humano, y las consecuentes transformaciones en la biosfera del planeta, que hacían poner en duda hasta qué punto estas enormes necesidades estaban afectando al planeta negativamente.

Para el objetivo de este trabajo, consideramos interesante el artículo de Infante (2014: 60-81) en el que basamos gran parte de este capítulo y que estudia distintas evidencias que van en contra de la corriente general que apunta que se está produciendo una desmaterialización en la economía mundial desde la segunda mitad del siglo XX.

En consonancia con Infante (2014: 60-81), encontramos el artículo de Wiedmann et al. (2013: 1-6) en el cuál hay evidencias de que en la mayoría de trabajos no se

incluye la huella total del consumo, que implicaría tener en cuenta los recursos consumidos por terceros países que exportan bienes a los primeros.

En cuanto a la repetida idea desde hace décadas de la U invertida, no puede generalizarse para el consumo de la mayoría de materiales, ya que algunos estudios han mostrado pautas inconexas de desmaterialización. Algunos estudios realizados a nivel país nos muestran tendencias de desmaterialización y rematerialización intermitentes, provocando una desmaterialización discontinua. Es decir, que alcanzar un determinado nivel de renta en un país no implica que éste inicie una desmaterialización continua. En países occidentales, existen periodos de vaivenes en la relación entre crecimiento y reducción de intensidad energética. (De Bruyn y Opschoor 1997: 255-268; Ramos 2003: 59-72).

Por añadir otra opinión más, divergente también a la mayoría, Bithas y Kalimeris (2013: 78-84) mostraron evidencia de que la intensidad energética decrece en términos absolutos, pero no en la relación consumo por habitante.

Aunque lo que realmente nos concierne en este trabajo, se puede ver reflejado en las palabras de Martínez-Alier durante un debate (2006):

“Al medio ambiente el PIB le importa poco, por así decir, y lo relevante es la medida absoluta. Lo mismo ocurre con indicadores sociales o de salud pública. Si la criminalidad aumenta, ¿podemos decir que la situación mejora porque el número de crímenes dividido por el PIB disminuye? Y si aumentan los enfermos de sida, ¿dividimos los aumentos de PIB para mejorar el resultado?”

La conclusión a la que queremos llegar con estas palabras es que, de poco nos sirve que un país se desmaterialice relativamente mientras el consumo absoluto de recursos siga aumentando.

Por ello explicamos las siguientes diferenciaciones que han surgido (De Bruyn y Opschoor, 1997: 255-268; Cleveland y Ruth, 1998: 15-50):

- Desmaterialización absoluta/fuerte: La desmaterialización solo existe si efectivamente el consumo absoluto de recursos se reduce.
- Desmaterialización débil/relativa: Ocurre cuando el consumo de recursos crece a un ritmo menor que el ritmo al que crece el PIB.
- Rematerialización: Es el caso opuesto a los mencionados anteriormente, ya sea en términos absolutos (fuerte) o relativos al PIB (débil).

3.2 Metodología EW-MFA (Schmidt-Bleek, 1993)

Consideramos esta metodología de gran relevancia para nuestro trabajo, ya que tiene en cuenta lo ya mencionado sobre la huella material, en la cual se tiene en cuenta los materiales que son importados de otros países, y que por tanto se consumen en el país importador. Encontramos además una interesante relación enlazada con los dos capítulos anteriores, ya que de cierta manera, es otra forma de ver que es una externalización de la producción que implica el impacto medioambiental y las emisiones contaminantes.

Esta metodología es por tanto diferente a otras existentes, debido a que tiene en cuenta también los flujos indirectos en comparación con otras. Esto permite obtener ciertos indicadores para comparar entre territorios, ya que se estiman tanto las importaciones como las exportaciones.

La fórmula utilizada para calcular el Balance comercial físico (BCF) sería:

$$\text{BCF} = \text{CDM} (\text{Consumo Doméstico de materiales}) - \text{ED} (\text{Extracción Doméstica})$$

Teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo, consideramos esta metodología superior a otras que no tienen en cuenta los flujos indirectos, pese a que la principal

razón por la que no son tenidos en cuenta es la incertidumbre en sus estimaciones, debido a la dificultad para medir estos flujos en tiempo y espacio.

3.3 Regresión lineal de la evolución del CDM Y EL PIB, mediante el parámetro b (la pendiente)

Este ha sido el método usado en el trabajo de Infante (2014: 60-81) y qué mediante la fórmula indicada abajo ha permitido analizar la evolución de la desmaterialización (o rematerialización) ocurrida en distintos países y regiones entre 1980 y 2008.

$$b = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{y_t - y_o}{x_t - x_o}$$

Dónde Y es la variación del consumo de materiales y X la variación del PIB.

El parámetro b es la pendiente, y nos permite conocer la relación entre consumo de recursos y crecimiento económico de los datos analizados (región, país, continente...etc.).

De esta forma, según el valor del parámetro se obtienen las siguientes conclusiones:

- $b > 1$: Rematerialización, cuanto mayor sea la b, mayor será el aumento del consumo de recursos respecto al crecimiento del PIB. Tendencia muy negativa en términos de impacto medioambiental.
- $b = 1$: Crecimiento de recursos = crecimiento económico
- $0 < b < 1$: Desmaterialización débil (el PIB crece a un ritmo superior al consumo de recursos)
- $b = 0$: Consumo de recursos constante durante el período estudiado, y la economía crece

- $b < 0$: Decrecimiento del consumo de recursos en términos absolutos, en este caso hablaríamos de una Desmaterialización fuerte, que es el escenario que más nos interesa para reducir el impacto medioambiental

Para ponernos en un escenario real con este indicador, vamos a aportar a continuación una tabla (gráfica 13), que consiste en una comparación del PIB (en miles de millones de \$), el consumo directo de materiales y el porcentaje del crecimiento del PIB entre 1980 y 2008 en el caso de varios de los países con mayor peso en la economía mundial, así como desglosado también por continentes. Vemos como el parámetro b nos explica con su valor las distintas tendencias de desmaterialización (véase Reino Unido o Alemania como claros ejemplos), o rematerialización (Brasil por encima de los demás países de la tabla) en las 3 décadas que incluye la comparación.

TABLA PIB, CDM (Consumo Directo de Materiales) y porcentaje del crecimiento del PIB explicado por el CDM (b).

	PIB (miles de millones \$)			CDM (miles de millones de toneladas)			b	PIB/cap	% Población Mundial	% PIB Mundial	% CDM Mundial
	1980	2008	[1980=100]	1980	2008	[1980=100]					
Brasil	639	1.262	197,5	1.182	2.444	207	1,10	6.429	2,9	2,5	3,8
China	1.135	9.389	827,4	2.409	18.117	752	0,90	6.966	20,1	18,4	28,5
España	345	7.98	231,3	364	711	195	0,72	19.706	0,6	1,6	1,1
India	637	3.415	536	1.401	4.127	295	0,45	2.975	17,1	6,7	6,5
Estados Unidos	4.231	9.485	224,2	6.353	8.385	132	0,26	31.178	4,5	18,6	13,2
Reino Unido	728	1.447	198,7	713	645	91	-0,10	23.742	0,9	2,8	1,0
Alemania	1.105	1.713	155	1.708	1.242	73	-0,50	20.801	1,2	3,4	2,0
África	633	1.594	251,7	1.766	3.950	224	0,82	1.884	12,6	3,1	6,2
Asia	6.187	23.091	373,2	10.958	33.238	303	0,74	5.656	61,0	45,3	52,3
Europa	6.105	10.756	176,2	8.940	8.936	100	0,00	16.247	9,9	21,1	14,1
Latinoamérica	1.904	3.930	206,4	3.672	6.994	190	0,85	6.874	8,5	7,7	11,0
Norteamérica	4.628	10.324	223,1	7.299	9.207	126	0,21	30.596	5,0	20,3	14,5
Oceanía	250	609	243,9	694	1.008	145	0,31	24.199	0,4	1,2	1,6
Total Mundial	20.030	50.974	254,5	33.745	63.598	188	0,57	7.614	100	100	100

Gráfica 13

Fuente: Infante (2014), Revista de Economía Crítica, nº18, p 72

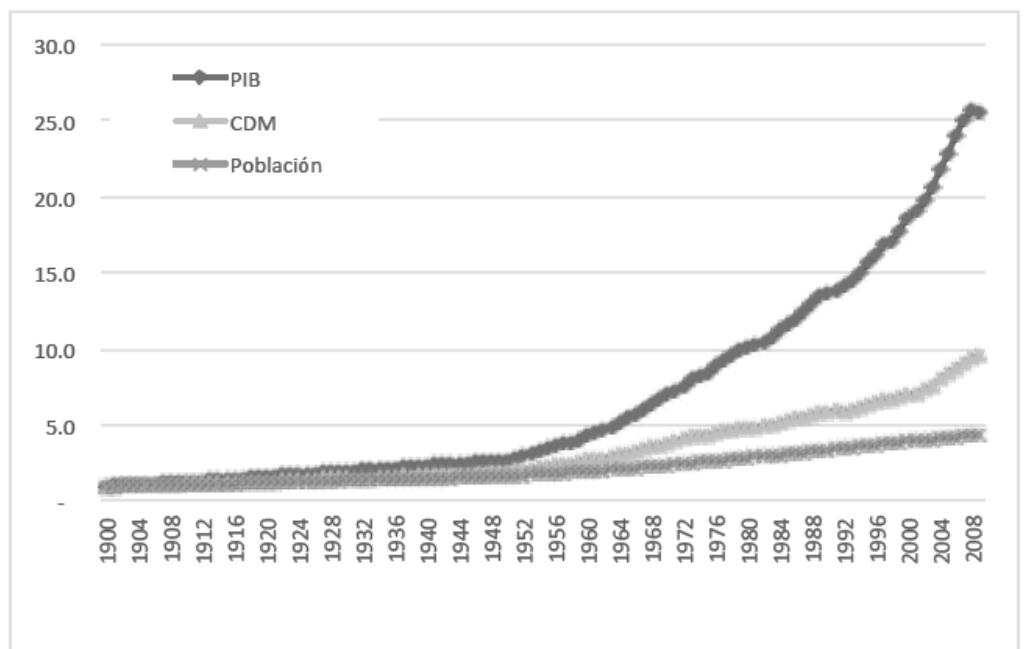
No nos sorprende tampoco la tendencia a nivel de continentes de Europa, Norteamérica y Oceanía, en los que vemos un parámetro b bastante más cercano a cero en comparación con el resto de continentes en los que la mayoría de países se encuentran en vías de desarrollo (África, Asia, Latinoamérica). Comentamos esto ya que según la línea que se ha seguido en este trabajo, vemos coherencia en este indicador con todo lo

explicado anteriormente, los países occidentales se encuentran en una fase más avanzada en cuanto a desarrollo económico e impacto medioambiental (sin contar externalizaciones), ya que ya han pasado el pico máximo de la U invertida, pero el resto de países, que incluyen alrededor de un 70 – 75% de la población mundial todavía están en una fase anterior, viéndose esto agravado además por la externalización de las emisiones contaminantes que se produce de los países desarrollados a los menos desarrollados.

3.4 Estudios sobre la desmaterialización en las últimas décadas (desde 1980)

En los últimos años los estudios se han centrado en intentar encontrar evidencias sobre la existencia de una desmaterialización débil a escala global durante el siglo XX. Según los hallazgos de Krausmann et al. (2009: 2697-2698), la economía mundial se ha multiplicado por 25,7 en el último siglo, mientras que el consumo de recursos lo ha hecho por 9,6, lo cual nos hace pensar a primera vista que esta tendencia es real. El problema es el mencionado en apartados anteriores, al medioambiente poco le importa que el consumo de recursos experimente reducciones relativas respecto al PIB, ya que lo que realmente nos concierne es la reducción en términos absolutos del consumo de recursos (o sea una desmaterialización absoluta).

La deducción que obtenemos del trabajo de Krausmann et al. (2009) es que se ha producido una desmaterialización débil, pero se ha mantenido un proceso de rematerialización absoluta. En la siguiente gráfica podemos observar la evolución del PIB, del CDM y de la población desde 1900.



Fuente: Krausmann et al. (2009)

Gráfica 14

Infante (2014) *Revista de Economía Crítica*, nº18, p 68

Comprobamos efectivamente que el aumento del PIB ha sido mucho mayor que el del CDM, pero no debemos olvidar que esto no significa que se esté mejorando la calidad de vida y el bienestar en general de la población, ya que sobre todo vemos un despuete del PIB desde los años 50, coincidiendo con el despuete del mayor volumen y aumento de emisiones contaminantes y aumento de la cantidad de sustancias de desecho tóxicas resultantes de unos volúmenes de producción a gran escala de distintos tipos de productos. Además es importante recordar que ese aumento exponencial del PIB se corresponde también con la utilización de fuentes de energía no renovables y el consumo de productos abióticos, cuyo consumo se ha multiplicado por 25,9 en el último siglo (Krausmann et al. 2009: 2696-2705) lo cual puede implicar una sobreexplotación de determinados recursos que se pueden agotar en un periodo de tiempo relativamente cercano si seguimos a esas tasas de consumo de este tipo de recursos.

Deducimos además que estamos ante una economía mundial totalmente dependiente de los combustibles fósiles, con un consumo que tiende a crecer año tras año si solo contabilizamos el consumo de minerales y combustibles fósiles (Krausmann et al. 2009), por tanto en cuánto a estos materiales que son de los que la humanidad más depende actualmente, nos encontramos ante una tendencia totalmente contraria a la desmaterialización. Para encontrar la tendencia desmaterialista de la que se habla en general en el capítulo, debemos tener en cuenta también el consumo de biomasa.

Por otra parte, pese a los datos mencionados anteriormente de países europeos con tendencias a una desmaterialización fuerte (como Reino Unido o Alemania), no hay que olvidar que las tasas de consumo per cápita en estos países son elevadísimas, y pese a que haya una tendencia a reducirse, siguen estando a niveles muchísimo más altos de los consumos per cápita en la mayoría de países del mundo.

Continuando con el tema del epígrafe, es obvio que es difícil sacar conclusiones irrefutables sobre la desmaterialización en el último siglo, ya que las bases de datos han sido elaboradas en décadas recientes, y tal vez las series temporales de las que disponemos no sean suficientemente relevantes como para dar un claro veredicto.

Se espera entonces que en las décadas venideras, los países en vías de desarrollo sigan la tendencia que han seguido los países occidentales desarrollados, entrando en una tendencia a la desmaterialización débil en general.

Esta tendencia mencionada anteriormente es la que se espera que sigan los principales países emergentes, especialmente varios de Latinoamérica y de Asia oriental.

De todas formas esto son solo elucubraciones y no sabemos a ciencia cierta hasta qué punto estos países seguirán aumentando su consumo de recursos en términos absolutos ya que todavía no han alcanzado la supuesta teórica fase final de estabilización en sus economías. Vemos por tanto un punto negativo en la evidencia de que no existe una desmaterialización fuerte a escala global, ni estamos cercanos a ella, y lo peor de todo es que los países emergentes (*late comers*) muestran tasas de crecimiento anual de recursos bastante superiores a las que mostraban los *first comers* en su épocas de auge (Krausmann et al. 2008b: 637-656).

3.5 Reflexión sobre las corrientes de ideas actuales

Para finalizar este capítulo, se tratará de aportar una reflexión sobre todos los datos expuestos y las situaciones reales en cuanto a consumos energéticos en los distintos países del mundo. Esta reflexión va en línea con el análisis crítico de Infante (2014: 60-81).

Según la mayoría los estudios y trabajos mencionados, la economía mundial está ante una desmaterialización débil, viendo claras diferencias entre los países más ricos y los más desfavorecidos. Se observa que es en los países ricos donde existen menores tasas de crecimiento de consumo de recursos, incluso decrecimiento de esta tasa. Una conocida respuesta a la pregunta de por qué ocurre esto es que es debido a las mejoras en la eficiencia, políticas de sostenibilidad que incentivan la reducción en el consumo de recursos, economías centradas en el sector terciario y modernización de instituciones (Voigt et al. 2014: 47-62).

Sin embargo, el objetivo que nos preocupa en este trabajo tiene que ver con la reducción absoluta del consumo de recursos, en consonancia con la preservación del medioambiente y evitación de la sobreexplotación pensando en las generaciones futuras.

El principal problema viene porque pese a que la tasa de crecimiento del consumo de un ciudadano de EEUU se haya reducido, el consumo per cápita (y también obviamente en términos absolutos) sigue siendo mucho mayor que el de un ciudadano de Costa de Marfil por ejemplo, y con esto a lo que queremos llegar es que los países responsables de la mayor parte de consumo de recursos mundial son los países más desarrollados (Infante, 2014), en lo que se conoce como la Huella Material.

Además existe el problema de que en la mayoría de estudios no se tiene en cuenta la citada Huella Material, es decir los recursos que importan los países de terceros para poder fabricar determinados productos y que implican además la externalización de las emisiones contaminantes que conlleven esa producción. Una publicación reciente de Wiedmann et al. (2013: 1-6) ha estimado la Huella Material, revelando que sigue creciendo pese a lo que digan otros indicadores como el Consumo Doméstico de

Materiales (aunque Infante advierte en su artículo (2014) que las conclusiones obtenidas de las bases de datos EW-MFA deben ser utilizadas con prudencia). Esto nos lleva a considerar interesantes las teorías del intercambio ecológico desigual (IED). Estas teorías dictan que el crecimiento económico llegado a un punto, reduce los impactos ambientales internos, sin embargo este impacto se externaliza a otros países (York et al. 2003: 279-300). Esto sin duda nos hace reflexionar sobre por qué las economías más desarrolladas reducen su consumo de materiales doméstico, y su impacto medioambiental dentro de sus fronteras, y tal vez también por qué estos países en vías de desarrollo tienen tasas de consumo más elevadas que los *first comers*, y además hace pensar que la reducción en consumos internos de los países más desarrollados no se debe simplemente a mejoras en eficiencia u optimización de políticas a favor de la conservación medioambiental.

CONCLUSIONES FINALES DEL TRABAJO

Las conclusiones de este trabajo pueden ser varias, pero vamos a destacar las que consideramos más relevantes para el objetivo del mismo.

Primeramente, vemos en el primer capítulo como han aumentado considerablemente los ingresos per cápita durante los últimos dos siglos en los países desarrollados, aumento que ha ido acompañado de una transición energética que ha implicado otro gran incremento en el consumo de energía per cápita, que curiosamente coincide con un decremento de la intensidad energética por unidad de riqueza generada. Es por tanto obvio viendo el mencionado decremento que la humanidad ha mejorado la eficiencia energética notablemente, ya sea debido a la aparición de nuevas tecnologías, uso de nuevas fuentes de energía u otros motivos ya mencionados en los capítulos anteriores. Sin embargo es preocupante ver que a pesar de ser más eficientes, los consumos per cápita y absolutos de los países siguen siendo elevadísimos en los países desarrollados, y pese a observar una tendencia a la conocida forma de U invertida en las gráficas de intensidad energética en las que no se tienen en cuenta los recursos tradicionales, no creemos que esto sea suficiente para asegurar la sostenibilidad del planeta. Además la transición energética ha supuesto pasar de utilizar fuentes energéticas limpias y renovables (con la energía solar como base la gran mayoría de ellas), a un mayoritario uso de fuentes de energía no renovables y además muy contaminantes y perjudiciales para el desarrollo de la biodiversidad del planeta, afectando también al ser humano con distintos efectos perniciosos.

Enlazando los capítulos I y II, hemos tratado de comprobar hasta qué punto es cierta la teoría de la curva de U invertida, observando que algunos estudios nos muestran que para determinados tipos de materiales que se consumen hay certezas de que el aumento de ingresos per cápita termina derivando en un menor impacto medioambiental, sin embargo comprobamos como no ocurre así con el consumo de combustibles fósiles por ejemplo, observando una tendencia de aumento en el consumo de petróleo, al mismo tiempo que una gran mejora en la eficiencia energética global. También deducimos y tratamos más profundamente en el capítulo III la existencia actual de una externalización de la producción, que lleva consigo una externalización

del impacto medioambiental, provocando que los indicadores medioambientales mejoren en los países desarrollados y por consiguiente dando una imagen de que se está reduciendo el impacto medioambiental, pero sin tener en cuenta la Huella Material, en la que tendríamos que incluir el impacto que produce la producción de los materiales que importan y consumen los países desarrollados de otros países en vías de desarrollo.

En el capítulo III nos hemos basado en el concepto de la desmaterialización para completar el objetivo del trabajo, viendo claras evidencias del concepto ya introducido en el capítulo previo de la Huella Material. Hemos contrastado diferentes estudios realizados sobre la desmaterialización a nivel mundial, encontrando que a nivel global la economía se está desmaterializando débilmente, de forma que el consumo de recursos crece a menor ritmo que el ritmo del crecimiento del PIB de los países. Pero lo que nos ataña en este trabajo es el consumo de recursos a nivel absoluto, y éste no deja de aumentar año tras año con grandes incrementos, por lo que según nuestro criterio no estamos ante una desmaterialización real, y el consumo de recursos no renovables actual está ahora mismo muy por encima de los límites del planeta (en base al alcance de las tecnologías disponibles actualmente), además del existente impacto medioambiental comentado también en los otros capítulos, que está degradando el medioambiente del planeta. Es también preocupante ver cómo somos una sociedad excesivamente dependiente de los combustibles fósiles. Además, pese a que en algunos países desarrollados la desmaterialización que se produce es real (reducción del consumo en términos absolutos), el consumo per cápita y absoluto de estos países sigue siendo elevadísimo en comparación con otros países menos desarrollados.

Por tanto, existe una tendencia clara en los tres capítulos, consistente en la evidencia de la sobreexplotación actual de recursos, que contamina y degrada el medioambiente y nos conduce a un planeta no sostenible en el tiempo y pone en peligro por tanto el porvenir de generaciones futuras. Tenemos en todo momento en mente la duda de hasta qué punto este supuesto crecimiento económico, con ésta supuesta eficiencia actual conviene a la humanidad. Nuestra conclusión es que obviamente han ido surgiendo nuevas necesidades que satisfacer, especialmente en las últimas décadas, sin embargo hay maneras de reducir sobremanera este impacto medioambiental

satisfaciendo estas necesidades igualmente. Existen desde hace décadas ciertas estrategias empresariales frente a la degradación ambiental que han ido evolucionando en los últimos años.

Una de las ideas surgidas más relevantes e innovadoras durante los últimos años es la de la economía circular, basada en modelos innovadores de negocio, eco diseño, prolongación del tiempo de vida útil de productos y programas de prevención de residuos. Una economía circular trata de mantener siempre los productos, componentes y todos los materiales en el máximo nivel de uso que sea posible. De esta forma se preserva y aumenta el capital natural, se optimizan los rendimientos de los recursos y se minimizan los riesgos de no ser sostenibles, mediante la gestión de stocks finitos y flujos renovables (Cerdá, 2016: 12). Algunos de los principios más interesantes de esta propuesta tratan sobre un menor uso de recursos naturales, reducción de emisiones, minimización de las pérdidas y los residuos y desarrollar sistemas optimizados de reciclaje de alta calidad.

Ciertas empresas están llevando a cabo prácticas enfocadas a la reutilización y el aprovechamiento de piezas o componentes ya usados, ofreciendo grandes descuentos en la venta de productos nuevos con piezas recicladas que han sido tratadas, y ofreciendo garantía de varios años a sus clientes (algunas fábricas de coches, por ejemplo). El consumo colaborativo (sitios web como Airbnb, ThredUP, Peerby) es otra de las más exitosas iniciativas empresariales que está ayudando a reutilizar o reubicar productos evitando así la adquisición de nuevos productos.

En conclusión, creemos que este tipo de estrategias empresariales son un gran punto de partida para comenzar a reducir el consumo de materiales a todos los niveles, además de crear una conciencia general de ahorro y reutilización de materiales y componentes en la sociedad que ayude a mantener un planeta sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrews-Speed P. (2009) / *Energy Policy* 37, 1331–1344
- Banco Mundial (1992), *World Development Report 1992: Development and the Environment*
- Bithas, K., Kalimeris, P. (2013): "Re-estimating the decoupling effect: Is there an actual transition towards a less energy-intensive economy?" *Energy* N° 51(1), pp. 78-84.
- Brock, W. A. & Taylor. M. S. (2010).The green Solow model. *Journal of Economic Growth*, 15, 127–53.
- Burke, P. J., Shahiduzzaman, M., & Stern, D. I. (2015). Carbon dioxide emissions in the short run: The rate and sources of economic growth matter, *Global Environmental Change* 33, 109-121.
- Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., Baudisch, J. (2004): "International comparison of resource use and its relation to economic growth: The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR", *Ecological Economics* N° 51(1), pp. 97-124.
- Cerdá, (2016), *Economía Circular, estrategia y competitividad empresarial*, p 12
- Cleveland, C. J., Ruth, M. (1998): Indicators of dematerialization and the materials intensity of use, *Journal of Industrial Ecology* N° 2(3), pp. 15-50.
- De Bruyn, S. M., Opschoor, J. B. (1997): "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations", *Ecological Economics* N° 20(3), pp. 255-268.
- Dobes L., Jotzo, F., & Stern, D. I. (2014). The economics of global climate change: A historical literature review. *Review of Economics*, 65, 281-320.
- Eurostat. (2001): *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*, Luxembourg: Eurostat.
- Filippini M., Hunt L.C. (2012) / *Energy Economics* 34 1484–1491
- Fischer-Kowalski, M., Swilling, M. (2011): *Decoupling: natural resource use and environmental impacts from economic growth*. United Nations Environment Programme.
- Fischer-Kowalski, M. (1998): "Society's metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860– 1970", *Journal of industrial ecology* N° 2(1), pp. 107-136.
- Gales, B. P. A (2007). *Energy Consumption in the Netherlands in the 19th and 20th Centuries: A Statistical Outline*. Naples: CNR-ISSM (forthcoming).
- Goldewijk – informe OCDE, (2014) *Global Well Being Since 1820*, Chapter 10, p 179-198
- Grübler, A. (2004). Transition in energy use. *Encyclopedia of Energy* 6, pp. 163–77.
- Holtz-Eakin, D. & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires?CO2 emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85–101.
- Howarth, R. (1997). Energy efficiency and economic growth. *Contemporary Economic Policy* 15, pp. 1–9.
- Infante-Amate, J. (2014): "El consumo de recursos en el siglo XX en el mundo. Una revisión", *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña* N° 4(1), pp. 5-32.
- Infante-Amate, J. (2014) La desmaterialización de la economía mundial a debate. Consumo de recursos y crecimiento económico (1980-2008), *Revista de Economía Crítica*, n°18, pp 60-81.
- Kander, A. (2002). *Economic Growth, Energy Consumption and CO2 Emissions in Sweden 1800–2000*. Lund Studies in Economic History no. 19.

- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Eisenmenger, N. (2008b): "The global sociometabolic transition", *Journal of Industrial Ecology* N° 12(5-6), pp. 637-656.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M. (2009): "Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century", *Ecological Economics* N° 68(10), pp. 2696-2705.
- Kuznets, Simon. Diversos estudios sobre la EKC y citas célebres.
- Malanima, P. (2006). *Energy Consumption in Italy in the 19th and 20th Centuries: A Statistical Outline*. Naples: CNR-ISSM.
- Martínez-Alier, J. (2006): "Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad", *Polis* N° 13, pp. 1-11.
- OECD (2011): *Towards Green Growth: Monitoring Progress (OECD Indicators)*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *Working Paper, Technology and Employment Programme, International Labour Office, Geneva*, WP238.
- Prados de la Escosura, L. (2003). *El progreso económico de España 1850–2000*. Madrid: Fundación BBVA.
- Ramos, J. (2003): "Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada", *Economía industrial* N° 351, pp. 59-72.
- Revista de Economía Crítica, nº18, segundo semestre 2014, ISSN 2013-5254
- Rubio, M. D. M (2005). Economía, energía y CO₂: España 1850–2000. *Cuadernos Económicos de ICE* 70, pp. 51-75.
- Rubio, M. D. M (forthcoming). *Energy Consumption in Spain in the 19th and 20th Centuries: A Statistical Outline*. Naples: CNR-ISSM.
- Rubio (2016) *Energy and Economy*, pp 7-8
- Schmidt-Bleek, F. (1993): "MIPS. A universal ecological measure?", *Fresenius environmental bulletin* 2(6), pp. 306-311.
- Schön, L. and Krantz, O. (2007). *Swedish Historical National Accounts, 1800–2000*. Lund, forthcoming.
- Selden, T. M. & Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution? *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 27, 147–162.
- SERI (2008): The online portal for material flow data.
- Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 46, 757–773.
- Smits, J.P., Horlings E., and Van Zanden J.L. , (2000). *Dutch GNP and its Components, 1800–1913*. Groningen: Groningen Growth and Development Centre.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65–94.
- Stefanski, R. (2013). On the mechanics of the ‘Green Solow Model’. *OxCarré Research Paper* 47.
- Stern, D.I. (2012) / *Energy Economics* 34, 2200–2208

Stern, D. I. , Common, M. S., and Barbier, E. B. (1996). Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24, 1151–1160.

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.

Voigt, S., De Cian, E., Schymura, M., Verdolini, E. (2014): "Energy intensity developments in 40 major economies: Structural change or technology improvement?", *Energy Economics* N° 41, pp. 47-62.

Wiedenhofer, D., Rovenskaya, E., Haas, W., Krausmann, F., Pallua I., Fischer-Kowalski,M. (2013): "Is there a 1970s Syndrome? Analyzing Structural Breaks in the Metabolism of Industrial Economies", *Energy Procedia* N° 40, pp. 182-191.

Wiedmann et al. (2013), *The material footprint of nations*, pp 1-6

York, R., Rosa, E. A., Dietz, T. (2003): "Footprints on the earth: The environmental consequences of modernity", *American Sociological Review* N° 68(2), pp. 279-300.

York, R. (2012). Asymmetric effects of economic growth and decline on CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 2, 762–764.

Referencias en páginas web

<https://www.oecd.org/>

http://www.oecd-ilibrary.org/economics/how-was-life_9789264214262-en

https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment_en

http://revistaeconomiacritica.org/sites/default/files/revistas/n18/5_JInfante_desmaterializacion-de-la-economia-mundial.pdf

https://es.wikipedia.org/wiki/Renta_per_c%C3%A1pita#Cr%C3%ADtica_de_Kuznets

<http://ec.europa.eu/eurostat>

<http://www.materialflows.net/data/datadownload/>

<http://www.minetad.gob.es/es-ES/servicios/Documentacion/Publicaciones/Paginas/detallePublicacionPeriodica.aspx?numRev=401>