

Energía, economía y CO₂: España 1850-2000*

María del Mar Rubio
Departamento de Economía y Empresa
Universidad Pompeu Fabra de Barcelona

Resumen

La mayor parte de los estudios que tienen como objetivo el análisis de la economía española en clave energética, ecológica o medio ambiental tienen una visión temporal de la relación entre economía, energía y emisiones de gases relativamente corta. A diferencia de éstos, los ejercicios del presente artículo aprovechan el trabajo realizado por los historiadores económicos para recopilar datos de productos energéticos desde la segunda mitad del siglo XIX. De este modo es posible extender más de un siglo los análisis actuales de la relación entre economía, energía y CO₂ y cubrir todo el periodo 1850-2000. Además, aquí se incluyen todas las formas de energía que han sido útiles al hombre en el proceso de producción. Es decir, se incluyen también las energías tradicionales pre-modernas de carácter orgánico (fuerza humana, fuerza animal, leña y fuerza hidráulica directa). La inclusión de las energías orgánicas tiene un impacto crucial en las conclusiones que se derivan de la relación entre economía y energía en el largo plazo. Se concluye que aunque durante siglo y medio España ha conseguido aumentar la producción económica cada vez con menores requerimientos de consumo energético por unidad de output, contradiciendo los estudios a corto plazo, sin embargo produce de manera muy contaminante.

Palabras clave: ecología, energías orgánicas e inorgánicas, polución.

Clasificación JEL: N53, N54, Q41.

Abstract

The relationship between energy, economy and greenhouse gas emissions that most studies analysing the Spanish economy from the energetic, ecological or environmental standpoint establish is one in the very short run. In contrast, the exercises in this article take advantage of the efforts of the economic historians in order to compile data from the 19th century. It is then possible to expand the analysis of the relationship between energy, economy and CO₂ to the period 1850-2000. Furthermore, here all forms of energy used in the production process are accounted for. That is, traditional pre-industrial energies of organic origin (human, draft animals, firewood and direct working water) are also included. The inclusion of organic energies has a crucial impact in the conclusions derived about the relationship of energy and economy in the very long run. The main finding is that although over hundred and fifty years Spain has achieved higher levels of economic production at lower energy requirements per unit of output over time, defying short term exercises, however its production is very pollutant.

Keywords: ecology, organical and inorganical energy, pollution.

JEL classification: N53, N54, Q41.

* Este trabajo habría sido imposible sin la generosidad de Albert Carreras, Carles Sudrià, Vicente Piniella, Enric Tello y Santiago Zapata entre otros. Todos ellos han compartido sus conocimientos de la historia económica de España, bibliografías y estimaciones de datos históricos en ocasiones sin publicar o en prensa. Astrid Kander es responsable de inducir a la autora a trabajar en estos temas así como de iniciar el *Energy, Growth and Pollution Network*. En su seno se ha discutido ampliamente de los temas que aquí escuetamente se relatan. Gracias a todos los participantes en los seminarios del *Network*. Finalmente, sin la invitación de Joan Ramón Rosés a participar en el XXIV Encontro de la APHES este trabajo nunca hubiera salido adelante. Comentarios, sugerencias y críticas constructivas serán bienvenidas.

1. Introducción

Las políticas energéticas de los países desarrollados han ido creciendo en importancia en el último tercio del siglo xx. Éstas intentan compatibilizar los objetivos de seguridad en el abastecimiento energético, contribución de la energía al aumento de la competitividad de la economía, con la integración más reciente de los objetivos medioambientales. La regulación destinada a la protección del medio ambiente a nivel internacional, en particular, las relativas a las emisiones de gases de efecto invernadero, están teniendo una importancia creciente en las actividades energéticas de los primeros años del siglo xxi. Precisamente por su importancia en el presente y en el futuro, es preciso analizar las relaciones que en largo plazo se han establecido entre la economía, el consumo energético y las emisiones de CO₂ en España.

La mayor parte de los estudios que tienen como objetivo el análisis de la economía española en clave energética, ecológica o medio ambiental por lo general señalan el mal comportamiento de ésta en los últimos años. Por ejemplo, Murillo-Zamorano (2005) señala que el crecimiento de la productividad española empeora si se considera el *input* energético en el cálculo. Ramos-Martín (2001) muestra como en España la intensidad energética (medida como energía bruta por unidad de PIB) ha seguido aumentando mientras en algunos países desarrollados de nuestro entorno se pueden identificar descensos que se relacionaron con la llamada Curva Ambiental de Kuznets (EKC en sus siglas inglesas). La EKC –por analogía con la relación propuesta por Kuznets para el crecimiento y los niveles de desigualdad– establece que a partir de cierto nivel de ingreso el consumo energético por unidad de producto comenzaría a descender. Por su parte, Carpintero (2002, 2005), concluye que España ha sido protagonista del mayor incremento en la utilización de energía y materiales desde mediados de los setenta en comparación con las principales economías industriales. Con la llegada del protocolo de Kyoto, también desde las instituciones internacionales, el gobierno y la prensa llegan mensajes sobre la mala actuación de la economía española en cuanto a la emisión de gases. No en vano las emisiones de gases de efecto invernadero en España triplicaban ya en el año 2004 el tope que la UE ha fijado para España dentro del Protocolo de Kyoto (*El País*, febrero 2005). De toda esta literatura se desprende que España necesita cada vez más energía por unidad de producto –intensidad energética– mientras que en Europa se observa el efecto contrario: menos energía por producto, lo cual significaría que tenemos cada vez una economía menos competitiva.

Sin embargo, todos los trabajos mencionados, así como los datos proporcionados por los organismos pertinentes, tienen una visión temporal de la relación entre economía, energía y emisiones de gases relativamente corta. La inmensa mayoría de los trabajos se concentran en los datos del Ministerio de Industria Turismo y Comercio-Secretaría General de Política Energética y Minas (2004) que cubren el periodo desde los años 1970 hasta el presente. Los ejercicios que van más allá sólo pueden extender su análisis gracias a los esfuerzos de los organismos internacionales que publican datos desde los años 1960 o como máximo la segunda mitad de los años 1950 (véanse UN-Department of Economic Affairs, 1952, y OECD/IEA, 2003).

A diferencia de éstos, los ejercicios del presente artículo aprovechan el inmenso trabajo realizado por los historiadores económicos para recopilar datos de productos energéticos desde la segunda mitad del siglo XIX y los trabajos de contabilidad nacional histórica. De este modo es posible extender más de un siglo los análisis actuales de la relación entre economía, energía y CO₂, y cubrir todo el periodo 1850-2000. Además, a diferencia de la inmensa mayoría de trabajos en este campo y siguiendo la línea iniciada por un pequeño grupo de historiadores económicos europeos –Kander (2002), Malanima (2005, mimeo)–, aquí se incluyen todas las formas de energía que han sido útiles al hombre en el proceso de producción. Es decir, se incluyen también las energías tradicionales pre-modernas (fuerza humana, fuerza animal, leña y fuerza hidráulica directa).

La estructura del resto del artículo es la siguiente: en la sección 2 se explica la necesidad de incluir las formas de energía tradicionales en cualquier estudio de largo plazo sobre la relación entre economía y energía. La sección 3 se detiene escuetamente a explicar la disponibilidad y construcción de las series de datos y analiza la composición del consumo energético primario en España en los últimos 150 años. En la sección 3 se presenta la relación entre este consumo energético primario y la evolución del PIB –i.e. la intensidad energética– demostrando que la inclusión de las energías pre-modernas tiene un fuerte impacto en las conclusiones que se derivan de la relación entre economía y energía. La última sección torna a analizar las emisiones de CO₂ en el largo plazo. Utilizando los datos de las secciones previas es posible calcular la cantidad de CO₂ por habitante, por unidad de energía consumida y por unidad de output producida. La disociación entre intensidad energética y intensidad contaminante es aplastante en el caso español. Aunque durante siglo y medio España ha conseguido aumentar la producción económica cada vez con menores requerimientos de consumo energético por unidad de output, contradiciendo los estudios a corto plazo, sin embargo lo que es cierto es que produce de manera muy contaminante.

2. Economía y energía en el largo plazo: la inclusión de las energías tradicionales

No es una decisión menor la de incluir las energías pre-modernas. El cambio tecnológico ha proporcionado la oportunidad de usar niveles de energía desconocidos para la humanidad hasta la revolución industrial. Durante siglos la actividad económica se llevó a cabo con un uso energético agregado de niveles despreciables en comparación con los niveles actuales (véanse Figuras 1 y 2 más adelante). Es precisamente la transición de formas tradicionales de energía a la energía fósil la que marca un punto de inflexión que trae consigo el crecimiento económico moderno.

Estas observaciones se encuentran presentes en estudios de historia económica clásicos. En su *Economic History of World Population*, Cipolla (1962) propuso un enfoque de la historia de la humanidad basado en el consumo de energía. En una primera fase, la revolución neolítica, transformó a los cazadores-recolectores de las so-

ciedades primitivas en agricultores y pastores, lo cual, traducido a términos energéticos, habría constituido un «proceso en virtud del cual el hombre llegó a incrementar y controlar la gama de convertidores biológicos», esto es, las plantas y animales. La segunda revolución energética, habría sido la (primera) Revolución Industrial, que Cipolla (1994) define como el proceso que «permitió la explotación a gran escala de nuevas fuentes de energía por medio de convertidores inanimados», con lo cual aquellos agricultores y pastores de las sociedades agrícolas, se transformaron en «operarios de esos “esclavos mecánicos” alimentados con energía inanimada» que eran las máquinas, que caracterizan a la sociedad industrial.

También para Wrigley (1993, 2003), la Revolución Industrial es un proceso de transformación de la industria y de la economía en su conjunto, caracterizado por un aumento amplio y sostenido de los ingresos reales per capita, como consecuencia de las mejoras en la productividad, lo cual vino a significar un tipo de crecimiento económico completamente nuevo. Este hito de la historia económica constituye el paso de lo que Wrigley identifica como la fase de «economía orgánica avanzada», a la «economía basada en la energía de origen mineral».

El elemento clave de este cambio de etapa es la sustitución de las materias primas de origen orgánico (tales como el cuero y las fibras vegetales, pero especialmente de la madera en su doble función, como material y como fuente de energía), por materias primas de origen mineral. Ese cambio fue lo que permitió un nuevo tipo de crecimiento, que escapaba a la ley de rendimientos decrecientes, permitiendo el aumento sostenido de la producción, con mejoras constantes en la productividad que se tradujeron en un incremento progresivo del ingreso real per capita.

Aunque crucial, sabemos relativamente poco de esta transición de economías orgánicas (energías tradicionales) a economías minerales (energías fósiles modernas). Las estadísticas energéticas se han centrado desde siempre en las nuevas formas de energía y nos iluminan sobre el primer alto horno que usó carbón piedra o la introducción y expansión del ferrocarril, el automóvil o la electricidad. De ahí la impresión general de que la economía basada en energías modernas sustituyó de manera fulgurante a la antigua economía orgánica en algún momento del siglo XIX. Nada más lejos de la realidad. Hasta bien entrado el siglo XX España permaneció como economía mayoritariamente orgánica donde las yuntas eran responsables de la mayoría de las tareas agrícolas y el transporte local era mayoritariamente de tiro. En el puerto de Barcelona, por ejemplo, se estima que la tracción animal representaba el 94 por 100 de la fuerza empleada en la descarga de barcos en 1938¹. En los hogares, cocina, calor y luz dependían fundamentalmente de la leña, el carbón vegetal y los candiles de aceite; aún un número indeterminado de tareas industriales se alimentaban de energía humana, animal, hidráulica directa y otras propias de la economía orgánica. Y sin embargo desconocemos la magnitud de éstas formas de energía o si la adquisición de energías modernas cambió la relación establecida entre energía y economía. La imagen de partida de la mayoría de estudios energéticos a

¹ Comunicación personal con ELENA MARTÍNEZ RUIZ, que obtuvo el dato en documento de archivo: AGA Fondo AAEE IDD112 55/12636.

largo plazo supone un consumo energético nulo antes de la introducción del carbón piedra, puesto que no se consideran las energías tradicionales. Incluir energías tradicionales en nuestra investigación no es si no retomar el punto de partida del consumo energético anterior (y paralelo) a la inclusión de las formas de energía modernas. No era ni mucho menos un consumo nulo por más que sea pequeño comparado con el consumo energético actual, pero de igual modo el nivel económico de partida era también muy inferior al actual. Al hacerlo, surge una relación entre economía y energía mucho más interesante y compleja que la que se establece sólo con las energías modernas. Es más, la relación se ajusta más a los procesos de crecimiento económico a largo plazo relatados por historiadores económicos y teorizados por economistas.

3 Los datos: disponibilidad y construcciones necesarias

Conviene aclarar, antes de comenzar con el análisis de los datos, la definición de consumo energético que se va a utilizar en adelante. Se intenta estimar el consumo de energía primaria (o bruta) habido en España entre el año 1850 y el año 2000. Por energía primaria se entiende aquella energía que tiene uso para el ser humano, se aprovecha a cierto coste, y que se convertirá en calor, movimiento u otra forma de energía útil para el sistema productivo. En este sentido, el carbón vegetal es una forma de energía secundaria, que parte de una forma de energía primaria que es la leña. La cantidad de leña usada en primer lugar será la que entre en el cálculo pero no la cantidad de carbón vegetal. De igual modo, la electricidad generada en centrales térmicas es la transformación de carbón, petróleo y/o gas, de modo que aquella debe ser excluida y sólo la energía contenida en las materias primas se contabilizará. Queda claro pues que la eficiencia energética de las transformaciones posteriores queda excluida de los cálculos que aquí se presentan. El valor calorífico de una tonelada de carbón importado es la misma (29 GJ) en el siglo XIX que en el XXI. Otra cosa es que con esa tonelada el cambio tecnológico permita hacer muchas más cosas en el tiempo presente que hace dos siglos y eso se acabe viendo reflejado en el cálculo de intensidad energética².

En este respecto, siempre cabe la duda de cómo transformar la hidroelectricidad para su inclusión en el cálculo. Podría plantearse la transformación en función del coste energético de producir la misma cantidad de electricidad de manera térmica. Es decir, calculando cuánto carbón/petróleo/gas hubiera sido necesario para producir una cantidad dada de kilowatios hora. Alternativamente puede considerarse que la hidro-electricidad producida es, en si misma, una forma de energía primaria y calcular simplemente el contenido calórico de cada kilovatio producido. La opción

² Los factores de conversión utilizados hasta 1973 son: antracita y hulla nacional 22 GJ/tonelada; lignitos nacionales 16 GJ/tonelada; carbones importados 29 GJ/tonelada; petróleo crudo 42 GJ/tonelada; gasolina importada 5,2 GJ/barril; gas natural 4,1868 GJ/Mthermia. Para la hidroelectricidad 3,6 TJ/Gwh. Desde 1973 hasta el presente los factores implícitos son los usados por LEE (2003) que son equivalentes a los citados.

contrafactual, es decir, el coste térmico hipotético tiene algunas desventajas notables. En primer lugar es necesario disponer de los coeficientes técnicos de transformación de cada momento histórico, o lo que es lo mismo, hay que conocer la eficiencia con la que se convertía el mineral fósil en electricidad. Esto supondría una diferencia con el resto de recursos energéticos en los cuales la eficiencia no entra en el cálculo, sólo su valor calorífico contenido. En segundo lugar se da la paradoja de que usando el método contrafactual, cuanto mayor sea el peso de la hidroelectricidad en la producción energética de un país y más ineficientes sean las centrales térmicas del mismo, más alto aparecería su consumo energético bruto, pues el cálculo implicaría que más mineral tendría que haberse quemado para producir la misma cantidad de electricidad. En realidad ese carbón nunca se quemó, por tanto esa energía nunca entró en el sistema productivo, el país sólo hizo uso de la cantidad de kilowatios generados en sus saltos de agua. Del mismo modo, no tendría sentido utilizar esta transformación a la hora de estimar las emisiones de CO₂ del país o la intensidad de contaminante de la energía utilizada en el país, puesto que ese mineral nunca se quemó. Estas razones, entre otras, han hecho que mayoritariamente se imponga el supuesto de transformar la electricidad generada en centrales hidroeléctricas como si se tratara de energía primaria, usando el valor calorífico contenido en la potencia producida. Es el método utilizado por ejemplo en las series publicadas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Secretaría General de Política Energética y Minas, 2004).

Habiendo aclarado los conceptos oportunos podemos ahora centrarnos en la disponibilidad de datos. Como bien hicieron notar, Kander y Lindmark (2004) son muy pocas las series consistentes y fiables de energía que cubran un largo plazo de tiempo de manera continua. Como se dijo más arriba, las series internacionales disponibles se centran fundamentalmente en el periodo posterior a 1950 y son muy pocas las estimaciones que se adentran en el periodo anterior y siempre ofreciendo estimaciones para años puntuales, nunca series anuales completas³. En el ámbito nacional, el tema de la existencia o no de restricciones energéticas al desarrollo industrial español en las primeras décadas de la industrialización empujó a elaborar series históricas de energía, especialmente centradas en la disponibilidad de carbón mineral (Nadal, 1975, 1978; Sudrià, 1987, 1995; Coll y Sudrià, 1987). De modo más reciente contamos con dos recopilaciones de series de datos históricos el Atlas de la Industrialización (AIE) de J. Nadal (dir.) (2003) y la nueva versión de las Estadísticas Históricas de España (EHE) compilado por Carreras y Tafunell (2005), que ahondan en el conocimiento de la historia económica de España y que proporcionan,

³ Por ejemplo, Naciones Unidas publica anualmente las *World Energy Supplies* United Nations. Department of Economic Affairs (1952). Es la más regular y amplia de las publicaciones internacionales dedicadas a series de energía. Usando ediciones sucesivas, es posible reconstruir un conjunto limitado de datos para los años 1929, 1937 y de manera anual desde 1949. Probablemente, el estudio internacional más amplio sea el de DARMSTADTER *et al.* (1971) que incluye datos de producción, comercio y consumo de energías comerciales para unos 100 territorios para los años 1925, 1929, 1933, 1937, 1938, 1950, 1953, 1955, 1957 y de manera anual de 1960-65. El último de los intentos de recopilación de datos históricos de energía a nivel internacional es ETEMAD *et al.* (1991)

entre otros muchos, nuevos y mejores datos sobre la producción, importación y uso de productos energéticos en España. Mientras que en la nueva versión de las EHE, el capítulo de industria de Carreras (2005) ofrece los datos de importación y producción desde 1820 hasta el año 2000, el AIE ofrece además de estos el cálculo del consumo aparente de energía para los periodos 1820-1935, 1940-1973 y desde 1973 hasta el presente hace uso de los datos oficiales publicados en *La Energía en España* (LEE).

Como es de suponer, las tres fuentes –EHE, AIE, LEE– se concentran en las energías modernas (carbón, petróleo, gas, electricidad y energía nuclear), pero no incluyen las energías tradicionales. En lo básico, los nuevos datos son compatibles entre sí y no ofrecen discrepancias que supongan cambios sustantivos a la imagen general que se obtiene del consumo de energías modernas, sea cual sea la fuente que se use.

Efectivamente, no existen para el caso español estimaciones de series para las energías tradicionales, excepto por lo que se refiere a la estimación puntual del uso de energía hidráulica directa que se incluye en el AIE. Existen sin embargo suficientes datos colaterales como para poder realizar una primera aproximación, que aunque burda, nos permita tener una idea suficientemente aproximada de la magnitud del uso energético en el período en que la economía era mayoritariamente orgánica. Inevitablemente, toda investigación sobre energías pre-modernas está sujeta a un alto grado de incertidumbre y supuestos. En todos los casos se han seguido las pautas marcadas por el trabajo pionero de Kander (2002), que se han aplicado a los datos españoles y que son descritas con mayor detenimiento en Rubio (en prensa).

Para la fuerza humana se estima el consumo de alimentos, puesto que esa es la energía bruta que permite realizar esfuerzos. Se ha utilizado las estimaciones de población de hecho de Collantes Gutiérrez y Pinilla Navarro (2002) extrapoladas para construir series anuales y multiplicadas por los consumos calóricos estimados por Cussó (2001) para el periodo 1926-1965, completados con los datos de la FAO (2004) hasta el presente. Para el periodo anterior a 1926, el consumo calórico se estimó a partir de la producción agrícola y las importaciones de alimentos recogidas en Barciela López *et al.* (2005), apoyado en estimaciones puntuales de consumo calórico de Simpson para el siglo XIX. El rango de consumo calórico resultante va desde algo más de las 2000 kcal diarias en el siglo XIX a las más de 3.400 kcal estimadas por la FAO a finales del siglo XX.

Desde una perspectiva energética, los animales de tiro pueden considerarse meramente como convertidores de energía mecánica. Su fuerza se ha aplicado durante siglos a la agricultura, el transporte, la minería, etc. Todo el alimento que necesita un animal de carga para mantenerse vivo y trabajar, es desde esta perspectiva, energía bruta utilizada. Conocemos más o menos bien la cabaña ganadera española gracias a las recopilaciones del Grupo de Estudios de Historia Rural (GEHR) y Pedraja Chaparro, que se incluyen en el capítulo del sector agrario de las EHE. Dada la población adulta de caballos, mulas y burros y dadas sus características zoométricas (tamaño medio en particular) se puede atribuir una determinada cantidad de alimentos anuales. Más complicado es el caso de los bueyes y vacas, muy utilizadas en

algunas regiones en yuntas de tiro tanto en agricultura como en transporte pero cuya función dual (carne y trabajo) no se daba en todos los casos y por tanto no se puede atribuir la energía a toda la cabaña bovina. La única vía de estimación hallada hasta el momento en este caso es de tiempos más recientes: el Anuario de Estadística Agrícola (1974) ofrece el número yuntas de bueyes y vacas por provincias y el total nacional desde 1961. Con estos datos de bueyes y vacas de tiro se observa que en el máximo, que corresponde al año 1965, un 40 por 100 del total de la cabaña bovina adulta conocida para ese año se dedicaba a éste tipo de tareas. Es difícil establecer si en el pasado una proporción mayor o menor de la cabaña bovina estuvo involucrada en el trabajo del campo y el transporte, pero esa cifra, 40 por 100 del total de bovinos adultos es la que se usa para establecer la contribución bovina al total de energía animal en el pasado.

La leña es, de largo, el elemento más difícil de estimar. No sólo por su importancia cuantitativa en los siglos anteriores a la incorporación de los combustibles fósiles, sino por su importancia aún en los siglos XIX y XX y la escasez de estudios dedicados a ella, como se desprende de la *Bibliografía económica del subsector forestal español*, ss. XIX-XX, GEHR (en prensa). Estudios sobre el carbón vegetal y sobre la importante actividad económica desarrollada alrededor del carboneo no están del todo ausentes en de las investigaciones de los siglos XVI a XVIII, véanse por ejemplo los trabajos de Bravo Lozano (1993) y Bernardos (2002), pero desaparecen casi enteramente para los siglos XIX y XX.

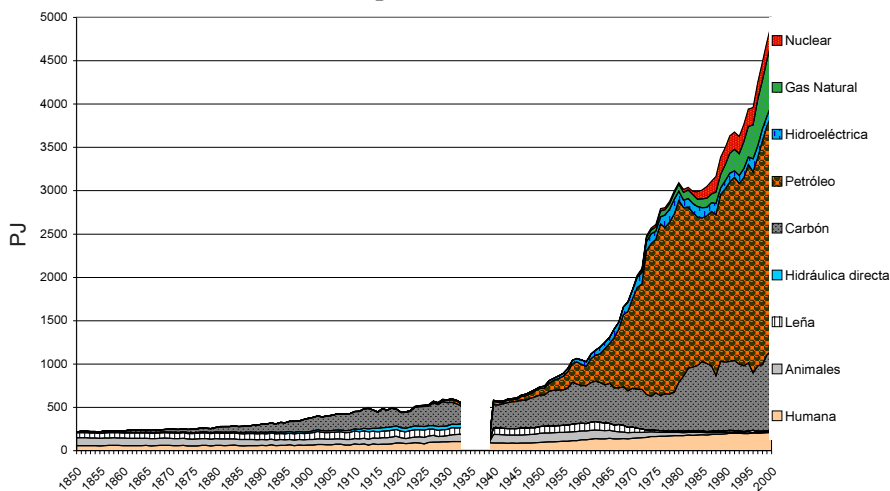
En realidad para los años anteriores a 1940 no existe información relativa al consumo de leña en España. Sólo se tienen los datos de producción de leña de los montes de utilidad pública de 1901 a 1933, recogidos en GEHR (1991), los cuales representaban una pequeñísima parte de todos los montes españoles, entre el 10 y el 15 por 100 probablemente. A partir de 1940 el GEHR recoge los datos de las estadísticas franquistas que tienen el problema de que no se incluían todas las leñas, y cuando incluyen el tojo a partir de 1956, la cantidad de leña se eleva a más del doble con respecto a los años anteriores. Todos los datos hasta el presente se encuentran en Barciela López *et al.* (2005). Para el siglo XIX no existe por tanto estimación alguna. Contamos sin embargo con la aproximación de Malanima (2005, mimeo), que estima para Italia en la segunda mitad del XIX un consumo medio de 1 kg por persona y día.

Con este conjunto de datos de partida puede realizarse una primera aproximación al consumo de leña en España. Si suponemos que los montes de utilidad pública proveían aproximadamente el 10 por 100 de la leña en el país, lo cual implica suponer que contribuían menos a la producción de leña que a la de madera dado que la mayoría de la leña nunca quedó registrada al tratarse de un bien común sin precio en la mayoría de zonas rurales, y lo comparamos con la estimación de Malanima el resultado es bastante bueno. Malanima estima 350 kg por persona y año y haciendo el supuesto expuesto resulta una media de 352 kg por persona y año entre 1901 y 1933, eso si con una clara tendencia a la baja (297 kg en 1933) y con los picos esperables en los años fríos conocidos. Es más, el empalme con la serie siguiente tampoco es malo si se considera que de 1940 a 1956 las series no incluyen el tojo y se

añade al cálculo. La estimación resultante es probablemente muy conservadora. Si se contrasta la energía que se obtendría de esa madera con el total de energía moderna consumida, en 1900 España tendría una composición energética de 35 por 100 leña, 65 por 100 carbón que se acerca más a la de Estados Unidos en esa fecha (20 por 100 leña) que a la de países a los que España se parecía más en esas fechas económica y tecnológicamente. Suecia tiene en 1900 un 55 por 100 de energía proveniente de la leña, se estima que Brasil o Uruguay estarían por encima del 80 por 100 y Argentina (que un país probablemente más moderno que España en 1900) también tendría un nivel de uso de leña de en torno al 60 por 100.

Llegados a este punto de la exposición estamos en condiciones de presentar el consumo bruto de energía primaria en España desde 1850 hasta el año 2000, incluyendo energías tradicionales y modernas, con la excepción de los años de la Guerra Civil cuyos datos son manifiestamente mejorables y no se muestran aquí. Todos los datos energéticos se expresan en Julios (J) o en algún múltiplo del mismo Giga-Julios o Peta-Julios ($GJ = 10^9 J$, $PJ = 10^{15} J$). Para aquellos más familiarizados con otras formas de expresar energía (calorías o toneladas equivalentes de petróleo) decir que los factores de conversión son $1 \text{ tep} = 10 \text{ Gcal} = 42 \text{ GJ}$.

FIGURA 1
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA (PJ)
España 1850-2000

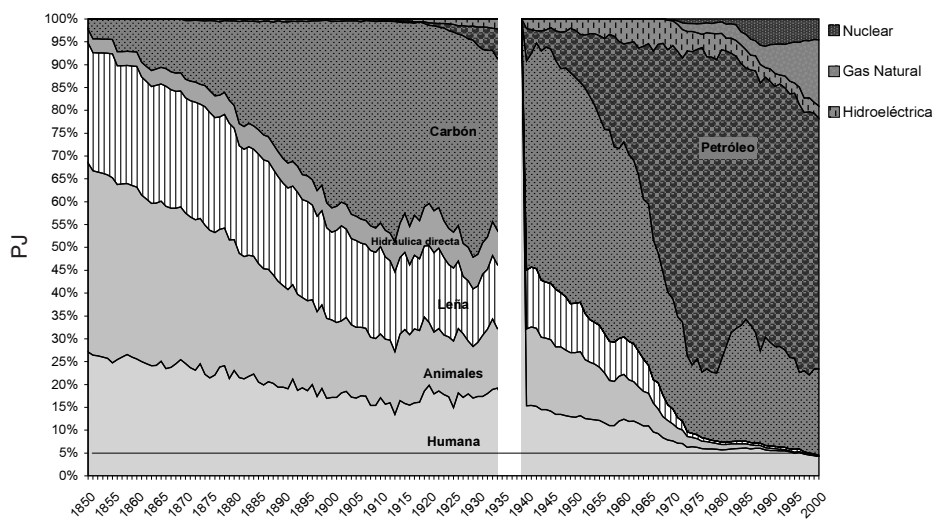


FUENTE: Véase texto.

La Figura 1 muestra el consumo total de energía primaria habido en España entre 1850 y el año 2000. La inclusión de las energías tradicionales sitúa el nivel de partida del consumo total en 1850 en unos 220 PJ, con una pequeña contribución de la energía hidráulica directa y del carbón mineral (7 y 5 PJ respectivamente). Gracias sobre todo al incremento del consumo de carbón mineral, el consumo energético primario se doblaría en los 50 años siguientes, alcanzando el nivel de los 500 PJ

en 1913, nivel que se perderá con la Primera Guerra Mundial y no volverá a alcanzarse hasta diez años más tarde. El consumo energético volverá a doblarse, alcanzando los 1.000 PJ en 1957 a medida que el petróleo se incorporaba al consumo primario español. Es sin embargo a lo largo de las dos décadas siguientes cuando el petróleo toma el papel preponderante que aún hoy mantiene en el consumo energético nacional. El mismo llevará a doblar de nuevo el consumo y alcanzar los 2.000 PJ en 1971. Los efectos de la segunda crisis del petróleo se dejan notar inmediatamente en los años 1980, frenando el crecimiento del consumo de petróleo y dando lugar al incremento del consumo de carbón que dobla su participación en el consumo energético nacional entre 1979 y 1985. El carbón vendría a sustituir al petróleo allí donde fue posible, especialmente en la generación de electricidad en las centrales térmicas. De hecho a finales del siglo xx en torno al 90 por 100 del carbón tuvo como destino la generación de electricidad según los datos de LEE. La ralentización en el crecimiento de consumo energético terminó con la llegada de los noventa, y es este crecimiento espectacular de final de siglo el objeto de las inquietudes de la literatura reflejadas en la introducción de este artículo. En 1997 se alcanzaron los 4.000 PJ, doblándose así el consumo de 1971. El siglo xxi comenzó en niveles cercanos a los 5.000 PJ, de modo que durante el siglo xx España multiplicó por diez su consumo energético primario total.

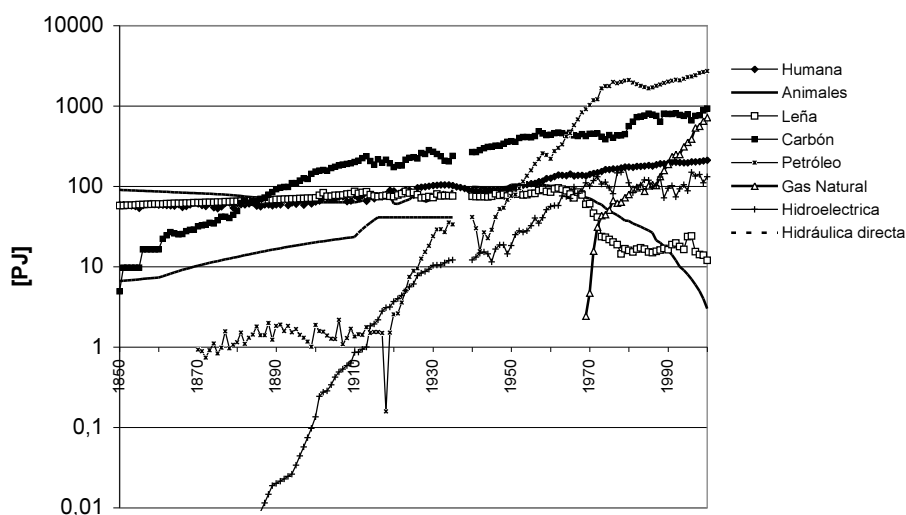
FIGURA 2
CONTRIBUCIÓN DE CADA TIPO DE ENERGÍA AL CONSUMO TOTAL (%)
España 1850-2000



FUENTE: Elaboración propia en base a las fuentes citadas en el texto.

Si bien es cierto que el crecimiento espectacular en el consumo energético producido desde mediados del siglo XX es consecuencia principalmente del consumo de petróleo, no hay que olvidar que España permaneció como economía fundamentalmente de base orgánica hasta pasada la Guerra Civil. La importancia de las energías tradicionales se aprecia de manera determinante en la Figura 2. Más del 80 por 100 de la energía bruta disponible hasta 1880 era de origen orgánico, y aún en los albores del siglo XX era más del 60 por 100. En una fecha tan relativamente reciente como los años 1960, aproximadamente un cuarto de la energía era aún suministrada por fuentes tradicionales. Es a partir de esa fecha cuando la importancia de la economía orgánica mengua hasta prácticamente desaparecer a finales del siglo y dar paso a la economía de base mineral. Se podría pensar que estos porcentajes son exagerados, y sin embargo, es probable que la importancia de las energías tradicionales fuese aún mayor de lo que reflejan estos datos dado que no se incluyen los molinos de viento y la navegación a vela y que no disponemos de estadísticas de energía hidráulica directa para después de la Guerra Civil.

FIGURA 3
CRECIMIENTO DE LAS DISTINTAS FUENTES DE ENERGÍA
España 1850-2001



FUENTE: Véase texto.

El crecimiento y la importancia relativa de cada fuente de energía se aprecian también en la Figura 3. Se observa aquí como la fuerza animal venía descendiendo a lo largo del siglo XIX, mientras la leña y la fuerza humana –que se solapan– se mantuvieron aproximadamente constantes en esta estimación. Es probable que el ferrocarril sustituyera parte del transporte de largo recorrido tirado por animales y las primeras máquinas de vapor sustituyera un número indeterminado de animales en tareas motoras estáticas lo cual venga a justificar este descenso en la fuerza motriz.

animal. El incremento en el uso de carbón mineral es marcado desde 1850 y llevó a que éste sustituyera a la leña como principal fuente de energía calorífica en torno a 1885. La energía hidráulica directa se mantuvo hasta la Guerra Civil como la única alternativa para la máquina de vapor y las fuerzas motrices humanas y animales. La nueva opción surgiría con la electricidad, en especial la generada en saltos de agua. A pesar del crecimiento de la hidroelectricidad en el primer tercio del siglo xx y de su continua expansión hasta el final de los años 70, ésta nunca fue competencia para los combustibles fósiles. El petróleo creció de manera imparable desde los años 1920 hasta convertirse en la principal fuente de energía en los años 1960 como ya se ha mencionado. Al tiempo que la leña y la fuerza animal comenzaban su descenso vertiginoso en el final de la misma década. Por último, la irrupción de dos nuevas formas de energía en estas mismas fechas, el gas natural y la energía nuclear, contribuyeron al crecimiento de la energía bruta disponible, si bien es cierto que mientras el primero mantiene una fuerte tendencia ascendente, la moratoria nuclear se deja sentir en éstas series.

TABLA 1
ENERGÍA BRUTA PER CÁPITA (GJ/HABITANTE)
España 1850-2000

Año	Humana	Animales	Leña	Hidráulica directa	Carbón	Petróleo	Hidroelectricidad	Gas natural	Nuclear	Energías orgánicas	Energías modernas	Total per cápita
1850	4,0	6,1	3,0	0,4	0,3	—	—	—		14,4	0,3	14,7
1860	3,7	5,5	3,9	0,5	1,1	—	—	—		13,6	1,1	14,6
1870	3,8	5,1	3,9	0,6	2,0	0,1	—	—		13,4	2,0	15,5
1880	3,7	4,6	3,9	0,8	3,0	0,1	—	—		13,0	3,0	16,0
1890	3,3	3,8	3,9	0,9	5,2	0,1	0,0	—	—	12,0	5,3	17,2
1900	3,4	3,4	3,9	1,1	8,2	0,1	0,0	—	—	11,8	8,3	20,1
1910	3,9	3,2	4,4	1,2	10,0	0,1	0,0	—	—	12,6	10,1	22,7
1920	4,1	2,9	3,5	1,9	8,2	0,1	0,2	—	—	12,5	8,4	20,9
1930	4,3	2,9	3,1	1,7	11,4	1,0	0,4	—	—	12,1	12,8	25,0
1940	3,4	3,8	2,9	—	10,3	1,6	0,5	—	—	10,1	12,4	22,5
1950	3,4	3,7	2,9	—	13,0	2,7	0,7	—	—	10,0	16,4	26,4
1960	4,2	3,3	2,8	—	14,4	7,2	1,8	—	—	10,3	23,5	33,8
1970	4,2	2,1	1,8	—	13,3	30,5	3,0	0,1	0,1	8,1	47,0	55,1
1980	4,7	1,0	0,4	—	15,0	56,3	3,0	2,1	0,5	6,1	76,9	83,0
1990	5,0	0,4	0,4	—	20,3	51,2	2,4	4,8	5,0	5,8	83,7	89,5
2000	5,2	0,1	0,3	—	22,7	66,2	3,2	17,5	5,5	5,5	115,1	120,6

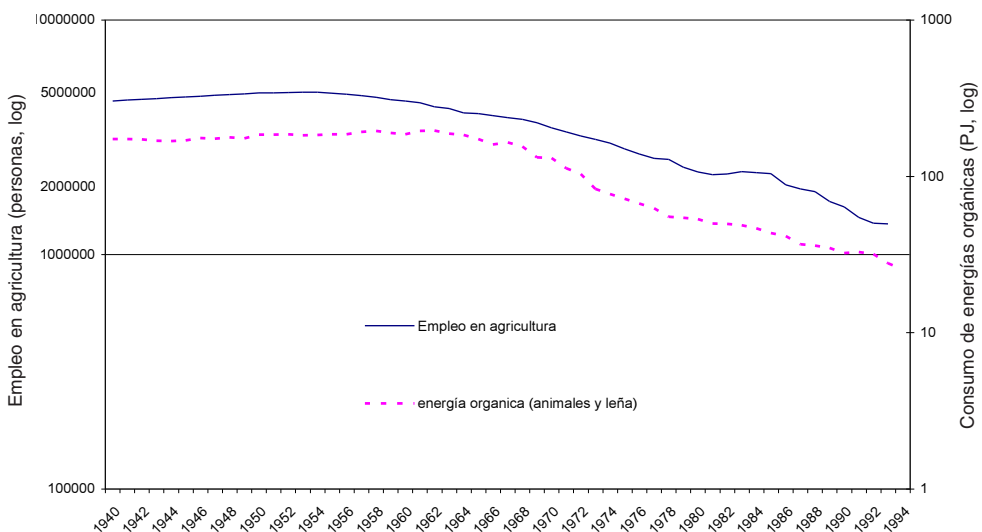
FUENTE: Véase texto.

En términos per cápita el español disponía de unos 14,7 GJ de energía bruta por año en 1850 mayoritariamente generada por sí mismo, sus animales y la leña que era capaz de recoger como se muestra en la Tabla 1. En 1900 había aumentado hasta 20 GJ de energía gracias a la contribución del carbón mineral, pero siendo aún la energía propia, la animal y la vegetal la preponderante. Cincuenta años más tarde, en

1950, el español medio dispuso de 26 GJ, que pasarían a doblarse en 1970 cuando gracias al aumento de suministro de petróleo el consumo aparente de energía bruta pasó a 55 GJ por persona y año. En 1998, y siempre incluyendo las energías tradicionales, los españoles sobrepasamos los 100 GJ por habitante y año, de los cuales algo más de 96 GJ los proporcionaron energías fósiles (petróleo, carbón y gas natural), llegando al año 2000 consumiendo más de 120 GJ por habitante. Obsérvese que las energías orgánicas no pierden su preponderancia hasta la década de 1940 y que a pesar de doblarse la cantidad de energía moderna disponible por habitante en las siguientes décadas, la energía orgánica sólo mostrará claros signos de debilitamiento de 1970 en adelante.

Sin duda, la estructura económica ayuda a explicar el comportamiento de los usos energéticos. Aunque disponemos de poco detalle en cuanto a la composición sectorial del consumo energético en términos históricos, lo que si parece claro es que el aumento de consumo de energías modernas se concentró fundamentalmente en los sectores industriales y de transporte, mientras que las energías orgánicas permanecieron en sectores rurales y agrícolas. La reducción de empleo en el sector agrícola y la modernización de la agricultura explican mejor que nada el comportamiento de las energías orgánicas en la segunda mitad del siglo XX, como se puede observar en la Figura 4 que compara los datos de empleo agrícola de Prados de la Escosura y Rosés (2005) con la estimación de energía orgánica que se acaba de mostrar.

FIGURA 4
EMPLEO EN AGRICULTURA Y ENERGÍAS ORGÁNICAS
España 1940-2000



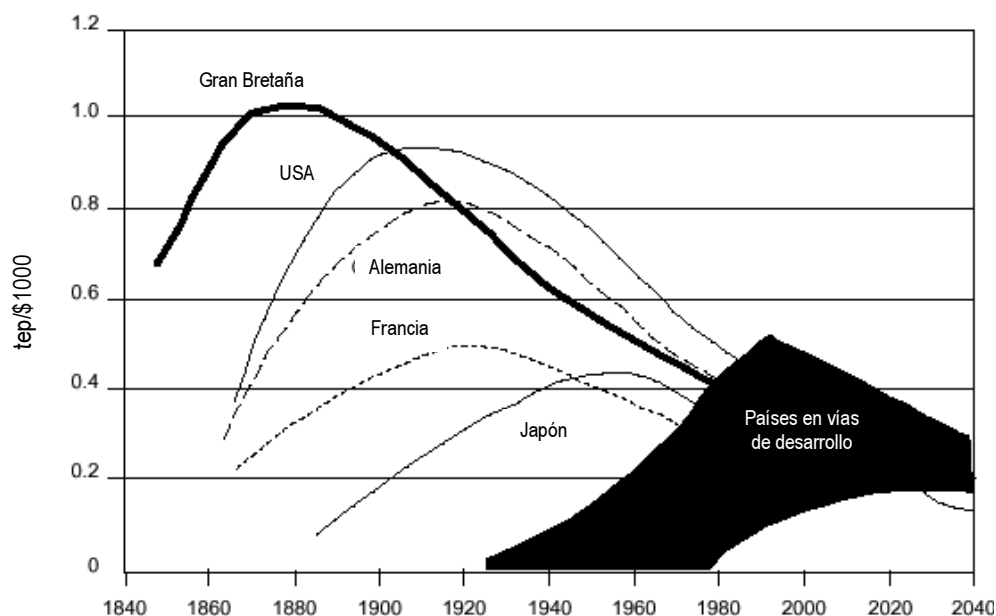
FUENTE: Para energías orgánicas, véase el texto. Empleo en agricultura PRADOS DE LA ESCOSURA y ROSÉS (2005).

En efecto, la reducción del empleo agrícola se ve acompañada del descenso en paralelo del consumo de energías orgánicas (leña y animales de tiro), que caen más rápido que el empleo hacia el final del periodo, cuando las energías modernas sustituyen casi de manera total a las energías tradicionales incluso en las áreas rurales más remotas. Esto es sólo un ejemplo de las estrechas relaciones que se establecen entre la estructura económica y el consumo energético. Las relaciones que se establecen entre el desempeño macroeconómico agregado y el consumo de energía en el largo plazo se analizan en la siguiente sección.

3. Economía y energía: la intensidad energética española 1850-2000

La relación entre economía y energía en el largo plazo ha tendido a pensarse en términos de la llamada Curva Ambiental de Kuznets (EKC en sus siglas inglesas). Tal vez la imagen visual más repetida en este ámbito es la publicada en el número especial que *Scientific American* dedicó a la energía en 1990, que reproduce la Figura 5.

FIGURA 5
LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS (EKC) EN SU VERSIÓN
HABITUAL
(intensidad energética en el largo plazo)



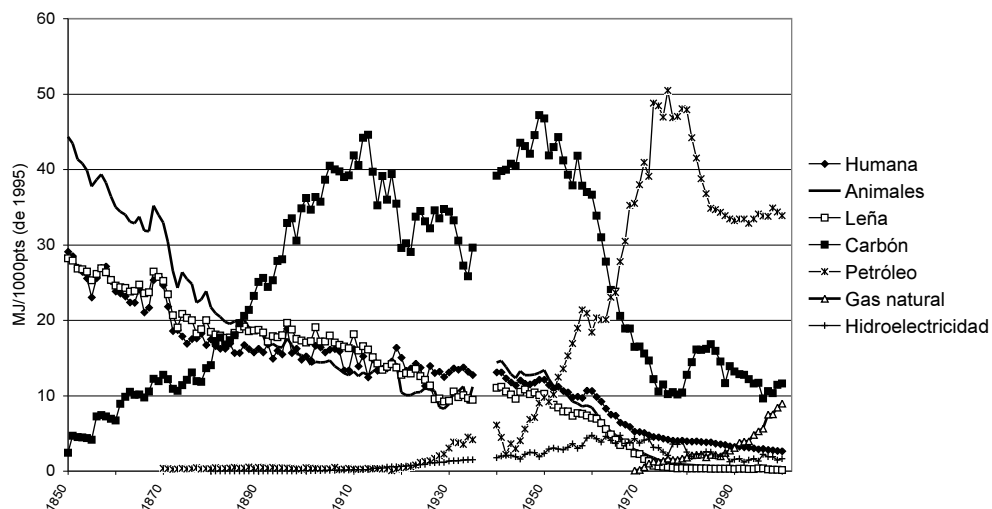
FUENTE: Adaptación de los artículos en *Scientific American* de AMULYA et al. (1990).

La EKC –por analogía con la relación propuesta por Kuznets para el crecimiento y los niveles de desigualdad– establece que a partir de cierto nivel de ingreso el consumo energético por unidad de producto comenzaría a descender. El artículo de Amulya, Reddy, and Goldemberg (1990) que hacía uso de esta imagen, apuntaba que dada la revolución de la ciencia de materiales habida a lo largo del siglo xx, la producción se ha abaratado en términos de energía necesaria para producir un determinado bien, y que por tanto, los países en desarrollo podrían alcanzar niveles de industrialización similares a de los países avanzados a niveles menores de energía por unidad de PIB. Este ratio, el consumo de energía por unidad de PIB es el indicador conocido como intensidad energética.

Como se desprende de su definición, la intensidad energética viene a ser el valor medio de la cantidad de energía necesaria para generar una unidad de riqueza. Esto en principio justifica que una disminución de la intensidad energética a lo largo del tiempo se pueda interpretar como un incremento en la eficiencia energética global del sistema analizado. En la práctica, la intensidad energética refleja muchos otros factores que empañan su uso como indicador de eficiencia energética: la estructura económica (en especial la industrial), el nivel de equipamiento, la evolución económica y de los precios, la disponibilidad de recursos autóctonos, la diversificación energética, el clima, la situación geográfica, etcétera. A pesar de ello, con objeto de no introducir una complejidad excesiva en el estudio, en adelante se empleará intensidad energética como un indicador razonable de las tendencias registradas en la evolución de la eficiencia energética en nuestro país. La Comisión Nacional de Energía (2003) hace esta misma reflexión.

Partamos de la intensidad energética de las principales fuentes de energía. Es decir qué cantidad de cada una de ellas se usó por unidad de PIB, utilizando las estimaciones energéticas de la sección anterior y los datos de PIB de Prados de la Escosura (2003). Se sabe, por lo descrito en la Figura 3, que el consumo de todas las energías modernas aumentó largo de los últimos 150 años a expensas de las energías de tipo orgánico. Este hecho se ve reflejado en la Figura 6 en la pendiente descendiente de las energías orgánicas: cada unidad de PIB se produjo cada vez con menos contribución de energías orgánicas. Hay que observar que al comienzo del periodo había que poner una enorme cantidad de energía bruta animal por unidad de PIB. En términos energéticos era costoso producir en la economía del siglo xix.

FIGURA 6
INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LAS PRINCIPALES FUENTES
DE ENERGÍA
España 1850-2000 (MJ/1.000 pesetas de 1995)



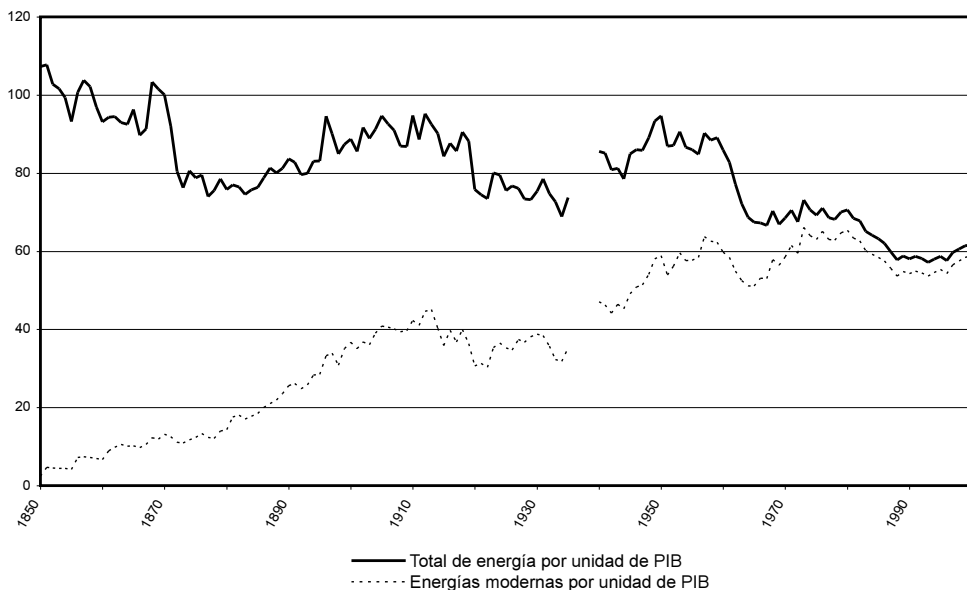
FUENTE: Elaboración propia en base a los datos de energía de la Figura 1 y PIB DE PRADOS DE LA ESCOSURA (2003).

Las energías modernas, primero el carbón y después el petróleo, se emplearon cada vez más en el proceso de producción, pero por lo que refleja la Figura 6, a partir de cierto momento, cada vez se usaron de manera más eficientemente. El carbón hubo de usarse con mayor eficacia durante la Primera Guerra mundial debido a la escasez de carbones de importación. Esas ganancias en la eficiencia se mantuvieron después durante la segunda mitad de los años 1920, a pesar de que se superaron los niveles históricos de consumo. La Guerra Civil terminó con este proceso de descenso de los requerimientos de carbón por unidad de PIB, y sólo después de 1950 se reinicia el proceso de nuevo. Entre 1950 y 1979 el descenso en la intensidad carbonera de la economía española fue extraordinario, pasando de niveles de más de 40 MJ por cada 1.000 pesetas producidas a algo más de 10 MJ de carbón por cada 1.000 pesetas producidas en la economía –sin perder de vista que el consumo total de carbón siguió aumentando–. En esta ocasión el descenso en la intensidad carbonera se ve justificado por el aumento en paralelo de la intensidad petrolera que no se vería frenado hasta la crisis del petróleo. Desde mitad de los años 1970 hasta los primeros 1990 la cantidad de energía proveniente de petróleo por unidad de PIB se redujo, como consecuencia de la necesidad de usar mejor un recurso que se encarecía, pero también en parte a costa de aumentar la intensidad carbonera. Finalmente sólo el gas natural aumenta su importancia relativa en los últimos años del siglo xx, mientras que las necesidades de petróleo y carbón por unidad de output se mantie-

nen estancadas y con cierta tendencia al repunte. Podría decirse en este punto que mientras las energías modernas demuestran un comportamiento que podría enmarcarse dentro de la EKC, las energías orgánicas no describen ningún tipo de curva, solo un descenso permanente, durante el último siglo y medio.

Las intensidades energéticas de las distintas fuentes de energía destilan cierto optimismo en cuanto a la eficiencia energética en el largo plazo. Tanto el uso de carbón como el de petróleo parecen haber mejorado su eficiencia a lo largo del tiempo. Sin embargo, es necesario observar el comportamiento agregado de todas las energías en conjunto, esto es el sistema energético en relación al desempeño económico. Si se toman únicamente las energías modernas (carbón, petróleo, hidroelectricidad, energía nuclear y gas natural), la ratio energía por unidad de output es creciente para prácticamente todo el periodo considerado salvo periodos de escasez energética (la primera post guerra mundial y los años 1970) o de fuerte crecimiento de la economía española (la década del 1960). Dicho de otro modo, el caso español no responde a las predicciones de la EKC en el largo plazo, como se observa en la línea discontinua de la Figura 7.

FIGURA 7
INTENSIDAD ENERGÉTICA TOTAL EN ESPAÑA 1850-2000



FUENTE: Elaboración propia en base a los datos energéticos de la Figura 1 y PIB DE PRADOS DE LA ESCOSURA (2003).

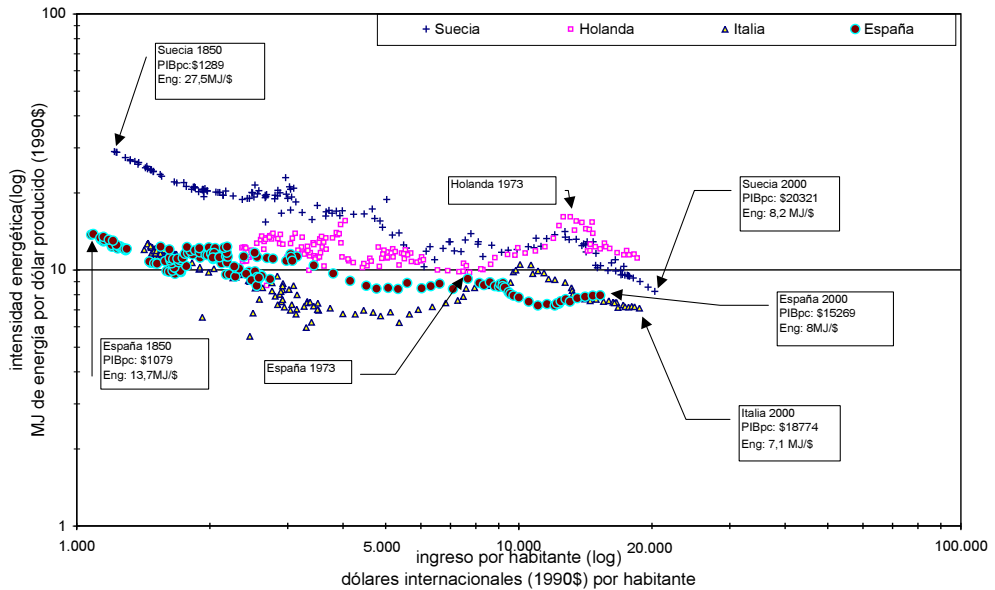
La visión parcial de la intensidad energética moderna indica una economía que cada vez necesita más energía por unidad de output, lo cual implicaría una creciente ineficiencia sostenida a lo largo de 150 años. Pero como se sabe, las energías modernas son sólo una parte de la energía utilizada en el sistema productivo. Se debe incluir las energías orgánicas para tener una visión completa de la relación entre input energético y output económico.

La inclusión de las energías orgánicas tiene un fuerte impacto en las conclusiones que se derivan de la relación entre economía y energía. Como se observa en la línea continua de la Figura 7, si se incluyen todas las formas de energía en el cálculo de la intensidad energética en el largo plazo la tendencia de la curva es descendente. Es decir, la economía española ha tendido a producir con menores requerimientos energéticos en el muy largo plazo. De hecho, de acuerdo a estos cálculos España cerró el siglo xx con los menores requerimientos energéticos por unidad de output del último siglo y medio. Es probable que estos resultados aún desmerezcan el descenso real en la intensidad energética teniendo en cuenta que para la primera parte del periodo no se ha incluido la contribución del viento que empujaba barcos y molinos (que contribuían al PIB) y que vendrían a incrementar la intensidad energética de los primeros 75 años. La relación que se establece incluyendo todas las energías se ajusta más a los procesos de crecimiento económico a largo plazo relatados por historiadores económicos y teorizados por economistas en el sentido de avanzar, no sin altibajos, en el camino de una mayor eficiencia productiva.

Podría ser, de todos modos, que los niveles de energía utilizados por la economía española fueran muy altos en términos comparativos, o que la tendencia decreciente de la intensidad energética española fuera completamente excepcional internacionalmente. Una pequeña comparación con los pocos países que cuentan con datos comparables a los aquí presentados ayuda a resolver este interrogante. Los datos de consumo energético de Gales *et al.* (2005) para Holanda, Italia y Suecia se elaboraron siguiendo los mismos criterios que los presentados aquí para el caso español. Incluyen por tanto los consumos de energías orgánicas como los de energías modernas.

La Figura 8 presenta las intensidades energéticas en el eje vertical y los ingresos por habitante en el eje horizontal para los tres países mencionados y España. Las dudas quedan inmediatamente aclaradas. Primero, la tendencia descendente en la intensidad energética es generalizada. Segundo, la intensidad energética española está dentro de los límites de los países de nuestro entorno inmediato. Aunque la EKC no se encuentre presente en el largo plazo, sin embargo se observa es que es posible alcanzar niveles de renta similares a menores niveles de consumo de energía por unidad de PIB. Por ejemplo, España alcanzó el nivel de los 10.000 dólares por habitante con la menor intensidad energética de los cuatro países considerados.

FIGURA 8
INTENSIDAD ENERGÉTICA TOTAL VERSUS INGRESO POR HABITANTE
EN VARIOS PAÍSES EUROPEOS
(Suecia, Holanda, Italia y España 1850-2000)



FUENTE: Elaborado en base a los datos de energía total de la Figura 1 para España y de GALES *et al.* (2005) para el resto de países, datos macroeconómicos de MADDISON (2001).

Las preocupaciones de los estudios de corto plazo en el caso español, centrados en los últimos 10 o 20 años se fundamentan en el repunte de la intensidad energética que puede observarse en el tramo de renta más alta, que corresponden al periodo más reciente y que efectivamente muestran como la tendencia española es justo la inversa a la de los otros países europeos. Aún así, los niveles españoles siguen siendo los más bajos de su historia y en comparación internacional son coherentes con el nivel de renta alcanzado en el año 2000. Durante siglo y medio que va de 1850 al año 2000, España ha conseguido aumentar la producción económica cada vez con menores requerimientos de consumo energético por unidad de output.

4. Energía y CO₂: la intensidad contaminante española 1850-2000

La última sección torna a analizar las emisiones de CO₂ en el largo plazo. Utilizando los datos de las secciones previas es posible calcular la cantidad de CO₂ por habitante, por unidad de energía consumida y por unidad de output producida. A las emisiones energéticas se le han sumado las emanadas de la producción de cementos

artificiales, gran contribuyente a las emisiones de este gas contaminante debido a las características químicas de su proceso de fabricación. Para calcular las emisiones de CO₂ españolas en el largo plazo se han usado los factores de emisión estándar de cada tipo de energía y del cemento que se recogen en el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2000)⁴.

TABLA 2
EMISIONES DE CO₂ EN ESPAÑA 1850-2000
(porcentajes por fuentes de emisión y emisiones por habitantes, datos decenales)

Año	Emisiones de CO ₂ totales (miles de toneladas)	Carbón (%)	Petróleo y derivados (%)	Gas natural (%)	Cemento (%)	Carbón (kg CO ₂ /cápita)	Petróleo y derivados (kg CO ₂ /cápita)	Gas natural (kg CO ₂ /cápita)	Cemento (kg CO ₂ /cápita)	Total (kg CO ₂ /cápita)
1850	572	100	—	—	—	38	—	—	—	38
1860	2.097	100	—	—	—	134	—	—	—	134
1870	3.779	99,8	0,2	—	—	233	0,4	—	—	233
1880	5.256	99	1	—	—	307	5	—	—	312
1890	9.607	98	2	—	—	532	9	—	—	541
1990	15.747	99	1	—	—	841	7	—	—	848
1910	21.059	99	0,5	—	0,4	1.052	5	—	4	1.060
1920	17.319	98	1	—	1	800	8	—	7	816
1930	27.485	93	5	—	3	1.089	53	—	31	1.172
1940	28.583	90	7	—	2	1.002	82	—	25	1.110
1950	40.779	86	12	—	2	1.255	173	—	35	1.463
1960	64.329	65	31	—	4	1.380	662	—	80	2.123
1970	148.089	31	64	—	5	1.341	2.803	—	228	4.371
1980	222.981	25	67	2	6	1.487	3.973	134	348	5.942
1990	253.725	30	60	5	5	1.956	3.934	304	337	6.531
2000	330.456	27	54	14	5	2.295	4.481	1.147	450	8.373

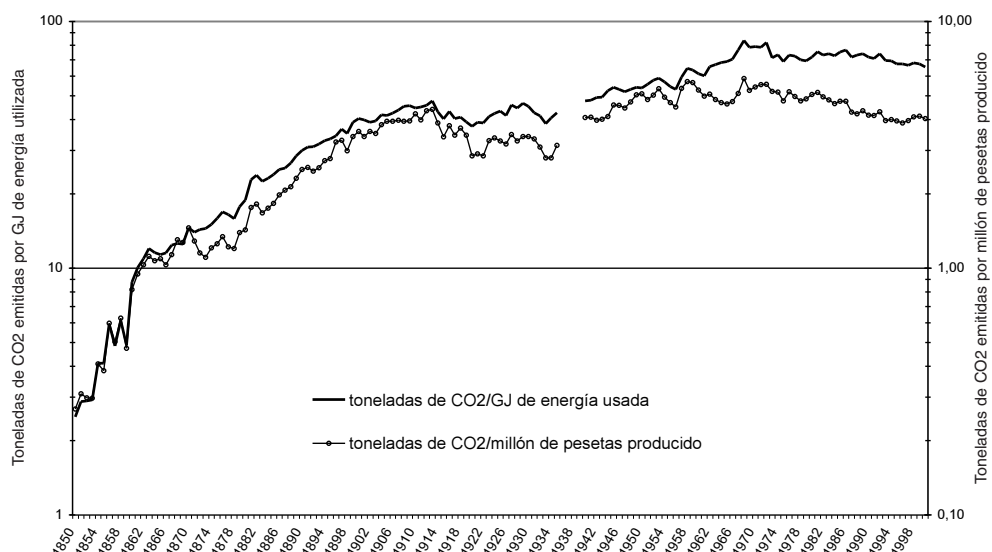
FUENTE: Elaboración propia en base a las fuentes de energía modernas de la Figura 1, producción de cemento de EHE y factores de emisión de CO₂ de IPPC (2000).

⁴ Los factores de emisión de las fuentes de energía utilizados son, siempre expresadas en miles de toneladas de CO₂ por PJ de energía: hulla y antracita nacional 95; lignitos 94; carbones importados 104; petróleo crudo 73; gasolina 69; gas natural 63. En el caso de las emisiones por producción de cemento existen dos alternativas. Si se conoce la producción de clinker se estiman unas emisiones de 0,507 toneladas de CO₂ por tonelada de clinker. Sólo se dispone de estos datos entre 1945 y 1981. Sin embargo, se conoce que cada tonelada de cemento artificial contiene aproximadamente 0,92 por 100 de clinker pudiendo así estimar las emisiones cementeras partiendo de los datos de producción de cemento artificial de las EHE.

Debido a la naturaleza meramente contaminante de las energías modernas (a excepción de la hidroelectricidad) las emisiones de CO₂ han crecido más deprisa que la disponibilidad de energía y el output económico. La Tabla 2 recoge las emisiones de CO₂ totales, los porcentajes por fuente de emisión y las emisiones por habitante en España en cortes decenales desde 1850 al año 2000. Mientras que la energía bruta disponible, como se veía más arriba, tardaba en doblarse más de 50 años al comienzo del periodo en cuestión, las emisiones de CO₂ del año 1860 prácticamente cuadruplicaban las de diez años antes. Hasta 1940 más del 90 por 100 de las emisiones corresponden al carbón, con contribuciones similares de petróleo y cemento en las primeras décadas del siglo xx. El carbón mantendría su puesto como principal fuente de contaminación hasta 1965. Con el avance del consumo de petróleo, el crecimiento en las emisiones de CO₂ fue exponencial entre 1940 y 1970. En ésta última fecha las emisiones petroleras ya representaban el 64 por 100 del total, el carbón un 25 por 100 y un nada despreciable 5 por 100 de las emisiones correspondía a la producción de cementos artificiales. La crisis energética de los 1970 sirvió para frenar el crecimiento de las emisiones, a pesar de lo cual las emisiones tanto totales como por habitante del año 2000 son el doble de las del año 1970. El gas natural aparece como cuarta fuente emisora de CO₂ en el último tercio del siglo, lo cual no implicó ni descenso, ni siquiera estabilización, de las emisiones petroleras ni carboneras. Así pues, mientras el consumo energético primario en España se multiplicó por diez a lo largo del siglo xx, las emisiones totales de CO₂ se multiplicaron por algo más de 20 veces. En términos per cápita, la energía bruta disponible total se multiplicó por 6 entre 1900 y el año 2000 mientras que las emisiones de CO₂ por habitante se multiplicaron por 10 en ese mismo periodo.

El resultado de comparar la energía bruta consumida y el desempeño económico con las emisiones de CO₂ nos permite estimar la intensidad contaminante tanto de la energía utilizada y como de la producción económica. La Figura 9 muestra las respectivas ratios de toneladas de CO₂ por GJ de energía utilizada y toneladas de CO₂ por millón de pesetas producido. Ambas crecen aproximadamente en paralelo durante la mayor parte del periodo. Sólo en los últimos treinta años se puede apreciar una divergencia creciente entre la intensidad contaminante de la actividad económica y del uso energético. Mientras que en el último periodo la economía ha conseguido producir más emitiendo menos CO₂ por millón de pesetas producido, la intensidad contaminante de la energía utilizada se ha quedado prácticamente estancada en los niveles de los años 1970. La explicación a esto recae en que la composición de la cesta energética española, es decir el conjunto de fuentes energéticas utilizadas, no ha variado mucho en los últimos años, prevaleciendo en ella fuentes altamente contaminantes como el carbón y el petróleo. Se podrían alcanzar niveles similares de consumo energético con un nivel de contaminación menor, si por ejemplo, se sustituyera carbón por gas natural. Un PJ de carbón produce, de media, 95.000 toneladas de CO₂ mientras que la misma cantidad de energía obtenida de gas natural produciría unas 63 mil toneladas de CO₂. Es más, si como se ha dicho más arriba el 90 por 100 del carbón se usa en la generación eléctrica, habría maneras completamente limpias de producir esa electricidad ahorrando miles de millones de toneladas de emisiones al año.

FIGURA 9
INTENSIDAD CONTAMINANTE DE LA ENERGÍA (eje izquierdo)
Y LA PRODUCCIÓN ECONÓMICA (eje derecho)
ESPAÑA 1850-2000



FUENTE: Elaboración propia en base a datos de energía de la Figura 1, emisiones como en Tabla 2 y PIB de PRADOS DE LA ESCOSURA (2003).

La sección anterior demostraba que la intensidad energética española estaba dentro de los márgenes de los países de nuestro entorno. Sin embargo, la intensidad contaminante de nuestra economía y de nuestra cesta energética está por encima de la de países que consumen más energía per cápita y por unidad de output que nosotros. Comparemos con Suecia. En la Figura 8 puede apreciarse que Suecia ha tenido históricamente una intensidad energética muy superior a la española (también consume mucha más energía por habitante). Si nos preguntamos por su intensidad contaminante nos encontraríamos que ya desde los años 1960 sus niveles de emisiones de CO₂ por GJ de energía consumida se encontraban muy por debajo de los nuestros, y que los niveles españoles del año 2000 (65 toneladas de CO₂/GJ) duplican los niveles suecos para el mismo año. Aunque una unidad de output cueste producirla algo más de energía en Suecia que en España, la misma unidad de output producirá el doble de CO₂ si se produce en España que si se produce en Suecia.⁵ En el marco de los acuerdos internacionales sobre emisión de gases de efecto invernadero esta situación se hace todavía más preocupante. La conclusión que se deriva de estos ejercicios es que la producción y la cesta energética española permanecen excesivamente contaminantes.

⁵ Comunicación personal con A. KANDER.

5. Conclusiones

A diferencia de la mayoría de la literatura al uso, los ejercicios del presente artículo aprovechan el inmenso trabajo realizado por los historiadores económicos para recopilar datos de productos energéticos desde la segunda mitad del siglo XIX y los trabajos de contabilidad nacional histórica. De este modo es posible extender más de un siglo los análisis actuales de la relación entre economía, energía y CO₂, y cubrir todo el periodo 1850-2000. Además, aquí se incluyen por primera vez todas las formas de energía que han sido útiles al hombre en el proceso de producción. Esto es, se incluyen todas las energías de base orgánica (fuerza humana, fuerza animal, leña y fuerza hidráulica directa). Además de las series, este artículo demuestra que aunque durante siglo y medio España ha conseguido aumentar la producción económica cada vez con menores requerimientos de consumo energético por unidad de output, contradiciendo los estudios a corto plazo, sin embargo lo que es cierto es que produce de manera muy contaminante. La regulación destinada a la protección del medio ambiente a nivel internacional, en particular, las relativas a las emisiones de gases de efecto invernadero, está teniendo una importancia creciente en las actividades energéticas de los primeros años del siglo XXI. Este aparece como el principal reto de la política energética española inmediata. Se ha conseguido el primer objetivo de aumentar la eficiencia energética, aunque hay aún mucho camino por hacer. El objetivo de la eficiencia medioambiental permanece pendiente de resolver.

Referencias bibliográficas

- [1] AMULYA, K.; REDDY, N. y GOLDEMBERG, J. (1990): Energy for the Developing World. *Scientific American* 263 (3):111-118.
- [2] BARCIELA LÓPEZ, C. y GIRÁLDEZ RIVERO, J.; GRUPO DE ESTUDIOS DE HISTORIA RURAL y LÓPEZ ORTIZ, I. (2005): Sector agrario y pesca. En *Estadísticas Históricas de España (ss. XIX-XX)*, A. Carreras y X. Tafunell (eds. y comp.), Madrid: Fundación BBVA.
- [3] BERNARDOS, J. U. (2002): Combustible para Madrid en la Edad Moderna. El difícil equilibrio entre las necesidades urbanas y los recursos del territorio. Paper read at Ciclo Seminario «Città Capitali»: Città e ambiente (secoli XVI-XX), Roma.
- [4] BRAVO LOZANO, J. (1993): *Montes para Madrid. El abastecimiento de carbón vegetal a la Villa y Corte entre los siglos XVII y XVIII*. Madrid: Fundación Caja de Madrid.
- [5] CARPINTERO, Ó. (2002): La sostenibilidad ambiental de la economía española: Flujos de energía, materiales y huella ecológica, 1955-1995. Paper read at IX Simposio de Historia Económica: Condiciones medioambientales, desarrollo humano y crecimiento económico, at Bellaterra, UAB.
- [6] CARPINTERO, Ó. (2005): *El metabolismo de la economía española: Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*. Fundación César Manrique.
- [7] CARRERAS, A. (2005): La Industria. En *Estadísticas históricas de España (siglos XIX-XX)*, A. Carreras y X. Tafunell (comps.), Madrid: Fundación BBVA.
- [8] CARRERAS, A. y TAFUNELL, X. (comps.) (2005): *Estadísticas históricas de España (siglos XIX-XX)*. Madrid: Fundación BBVA.

- [9] CIPOLLA, C. M. (1962): *The Economic History of World Population*. Harmondsworth: Penguin. Edición original, 1962.
- [10] CIPOLLA, C. M. (1994): *Historia económica de la población mundial*, Barcelona: Crítica.
- [11] COLL, S. y SUDRIÀ, C. (1987): *El carbón en España, 1770-1961. Una historia económica*, Madrid: Turner.
- [12] COLLANTES GUTIÉRREZ, F. y PINILLA NAVARRO, V. (2002): La dinámica territorial de la población Española: una exploración preliminar. *Centro de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo de Áreas Rurales* DT 2002-3.
- [13] CUSSÓ, X. (2001): Alimentació, mortalitat i desenvolupament. Evolució i disparitats regionals a Espanya des de 1860. Doctoral Thesis, Facultat de Ciències Econòmiques i Empresarials, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- [14] DARMSTADTER, J. et al. (1971): *Energy in the World Economy, A Statistical Review of Trends in Output, Trade and Consumption since 1925*. Londres.
- [15] ETEMAD, B.; LUCIANI, J.; BAIROCH, P. y TOUTAIN, J. C. (1991). *World Energy Production 1800-1985*. Ginebra: Librairie DROZ.
- [16] FAO. FAOSTAT., Feb 2004 2004 [cited]. Disponible en <http://faostat.fao.org/faostat>.
- [17] GALES, B.; KANDER, A.; MALANIMA, P. y RUBIO, M. d. MAR (2005): Energy consumption in Europe over the long run. A comparative approach. Paper read at First Workshop of the Economic History RTN on «Europe's Growth and Development Experience», Universidad de Warwick.
- [18] GEHR (1991): *Estadísticas históricas de la producción agraria española, 1850-1935*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- [19] GEHR (en prensa): *Bibliografía económica del subsector forestal español, siglos XIX-XX*. Madrid.
- [20] KANDER, A. (2002): *Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in Sweden: 1800-2000*. Vol. 19, *Lund Studies in Economic History*. Södertälje: Almqvist & Maksell International.
- [21] KANDER, A. y LINDMARK, M. (2004): Energy consumption, pollutant emissions and growth in the long run -Sweden through 200 years. *European Review of Economic History* 8 (3).
- [22] MALANIMA, P. (2005): *Energy Consumption in Italy. The Last Two Centuries*. Nápoles. Mimeo.
- [23] MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO-Secretaría General de Política Energética y Minas (2004): *La energía en España 2003*. Madrid: Centro de Publicaciones.
- [24] MURILLO-ZAMORANO, L. (2005): The role of energy in productivity growth: a controversial issue? *Energy Journal* 26 (2):69-88.
- [25] NADAL, J. (1975): *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913*. Barcelona: Ariel.
- [26] NADAL, J. (dir.) (2003): *Atlas de la industrialización de España, 1750-2000*. Barcelona: Crítica/Fundación BBVA.
- [27] NADAL, J. (1978): *La industrialización y el desarrollo económico de España*. Vol. 2. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- [28] OECD/IEA (2003): *Energy Balances of OECD Countries*. IEA Statistics. Paris.
- [29] PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (2003): *El progreso económico de España, 1850-200*. Madrid: Fundación BBVA.
- [30] PRADOS DE LA ESCOSURA, L. y ROSÉS, J. R. (2005): The Sources of Growth in Spain, 1850-2000. Paper read at EHES conference, en Istanbul.
- [31] RAMOS-MARTÍN, J. (2001): Historical Analysis of Energy Intensity of Spain: From a «Conventional View» to an «Integrated Assessment». *Population and Environment* 22 (3): 281-313.

- [32] RUBIO, M. d. Mar (en prensa): *Series for the Energy History of Spain*. Nápoles: ISSM-CNR.
- [33] SUDRIÀ, C. (1987): Un factor determinante: la energía, en *La economía española en el siglo xx. Una perspectiva histórica*, editado por J. Nadal, A. Carreras y C. Sudrià. Barcelona: Ariel.
- [34] SUDRIÀ, C. (1995): Energy as a Limiting Factor to Growth, en *The Economic Development of Spain since 1870*, editado por P. Martín Aceña y J. Simpson. Aldershot: Edward Elgar.
- [35] UNITED NATIONS (1952): *World Energy Supplies in Selected years 1925-1950. Statistical Papers*, Series J. No. 1, Nueva York.
- [36] WRIGLEY, E. A. (1993): *Cambio, continuidad y azar: carácter de la revolución industrial inglesa*. Barcelona: Critica.
- [37] WRIGLEY, E. A. (2003): The Industrial Revolution, Document prepared for a meeting of the Energy, Pollution and Growth Network.