



¿Existe una curva Kuznets para las emisiones de CO2 en el caso de España?

INFORME ESTRATÉGICO DE LA FUNDACIÓN PARA LA
SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL

Realizado por Cecilio Tamarit, Universitat de València.

FUNSEAM- FUNDACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL

C\Baldiri Reixac 4, torre I, planta 7, 08028, Barcelona

Tel. 34 - 93 403 37 66

NOTA DE AUTOR. *El contenido y las conclusiones del informe reflejan exclusivamente las opiniones del autor y no vinculan a las Empresas Patronas de la Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental, FUNSEAM.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción: actividad económica y medioambiente	4
2. ¿Qué es la Curva de Kuznets Medioambiental?	5
3. ¿Cuál es la evidencia empírica sobre la existencia de la Curva de Kuznets Medioambiental?	7
4. Conclusiones	15
5. Referencias	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trayectorias de la Curva de Kuznets Medioambiental.	6
Figura 2. Diagrama de dispersión (scatter plat) de la renta per cápita y el CO2 per cápita en la economía española. 1857-2007.	9
Figura 3. Evolución de la renta per cápita y del CO2 per cápita en la economía española. 1857-2007.	10
Figura 4. Ratio de CO2 per cápita sobre la renta per cápita.	13
Figura 5. Ajuste de los mecanismos de corrección de erros en los dos regímenes.	14

¿Existe una curva Kuznets para las emisiones de CO2 en el caso de España?

1. Introducción: actividad económica y medioambiente

El impacto de la actividad productiva sobre el medioambiente está recibiendo en las últimas décadas una atención creciente por parte de políticos, investigadores, empresas y por la sociedad en su conjunto. El reconocimiento del medioambiente como un bien público en los países industrializados ha estimulado, asimismo, una amplia legislación dirigida a alcanzar determinados estándares de calidad ambiental.

En este informe se presentan los resultados de un programa de investigación iniciado en 2008 sobre la estimación de la Curva de Kuznets Medioambiental para el caso de España que he desarrollado conjuntamente con Vicente Esteve, catedrático de la Universidad de Valencia, dando lugar a dos publicaciones (Esteve y Tamarit, 2012a 2012b) y a una réplica y ampliación publicada recientemente por Sephton y Mann (2013). El objetivo del presente Informe es difundir los principales resultados obtenidos en los mismos, remitiéndose al lector interesado a las publicaciones originales para los detalles más técnicos.

La visión tradicional del crecimiento económico centrada exclusivamente en el aumento de la cantidad de bienes y servicios disponibles para satisfacer las necesidades humanas, ha dado paso a un concepto de crecimiento basado en el *desarrollo sostenible*, entendido como un desarrollo que permite la provisión de los bienes necesarios en el presente sin comprometer la capacidad de las nuevas generaciones para alcanzar sus necesidades futuras. La sostenibilidad es intrínsecamente un concepto con múltiples facetas que incluye, al menos, dos dimensiones estrechamente relacionadas entre sí, la dimensión económica y la dimensión medioambiental. El medioambiente contribuye a la obtención de bienes y servicios, y éste, a su vez, está directamente afectado por la actividad económica. Los procesos de producción influyen en la calidad del medioambiente tanto por el uso que hacen de recursos naturales como por los residuos que generan. Igualmente, la disponibilidad de

recursos naturales y las restricciones a las emisiones impuestas por las regulaciones medioambientales afectan a aspectos económicos fundamentales, tales como los beneficios empresariales.

2. ¿Qué es la Curva de Kuznets Medioambiental?

La literatura en el área de la economía ecológica ha reconocido desde hace tiempo la necesidad de desarrollar herramientas para evaluar el impacto de la actividad productiva sobre el medioambiente como condición necesaria para que las políticas medioambientales encaminadas a lograr un desarrollo sostenible sean eficaces. En este contexto, cobra especial relevancia el concepto de la Curva de Kuznets Medioambiental (EKC por sus siglas en inglés de ahora en adelante). La EKC fue definida por primera vez a comienzos de los años 90 de forma simultánea por Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Panayotou (1993) estableciendo la hipótesis de una relación con forma de “U” invertida entre los niveles de la renta per cápita y de algún tipo de contaminante. La idea básica de los modelos explicativos de esta relación es que cuando se sobrepasa un determinado umbral de renta per cápita, la economía pasa a otro régimen de equilibrio, con una relación entre emisiones-renta distinta. En los modelos con forma de “U” invertida, el régimen de renta baja (estadios de desarrollo más reducidos) se corresponde con una relación con pendiente positiva (creciente) entre ambas variables, mientras que el régimen tras el umbral se corresponde con una relación decreciente. La Figura 1 ayuda a establecer las diferentes hipótesis sobre el perfil de la relación funcional entre ambas variables. Así, el caso típico sería el que viene definido como la curva EKC1. Sin embargo, las explicaciones teóricas que proporciona la literatura para explicar la evolución temporal de la relación entre crecimiento y contaminación medioambiental son múltiples, que de forma individual o combinándose pueden dar lugar a distintas formas funcionales: los *efectos de escala*, los de composición y los *técnicos*.

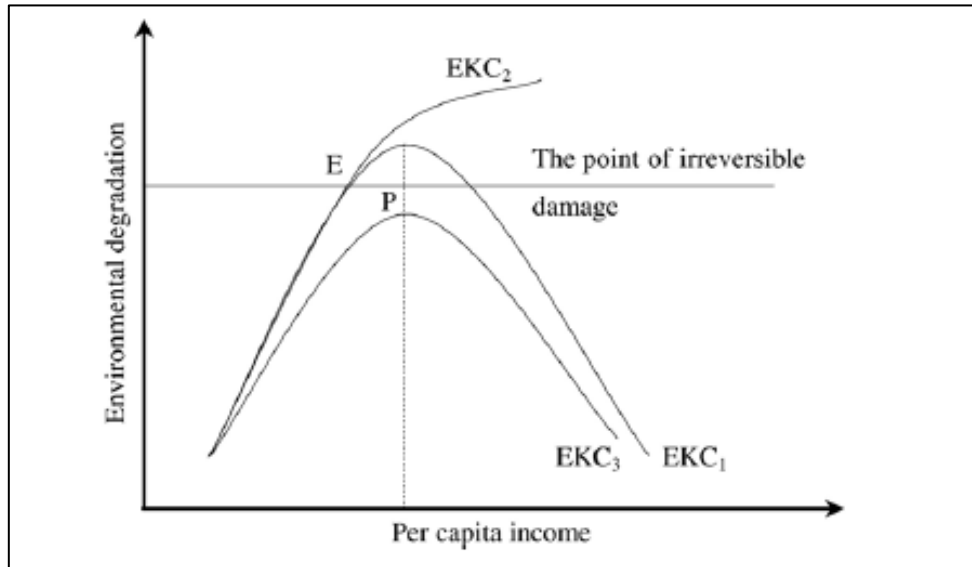


Figura 1. Trayectorias de la Curva de Kuznets Medioambiental.

Así, bajo el supuesto de una composición fija de la producción y una tecnología también fija, las emisiones aumentan de forma proporcional al incremento de la escala de actividad económica; de forma paralela, para una escala y una técnica dadas, las emisiones aumentarán o se reducirán en función de las variaciones en la composición de la producción hacia bienes más o menos intensivos en la producción de contaminantes; por último, las emisiones por unidad producida, es decir, la *intensidad de las emisiones*, puede reducirse por mejoras en la tecnología. Por tanto, dependiendo de la importancia relativa de estos tres elementos, puede darse cualquier patrón de comportamiento entre renta per cápita y emisiones per cápita. Esta cuestión tiene una gran relevancia desde un punto de vista de la política económica, pues presenta la posibilidad de hacer compatible el crecimiento económico con una mejora del medioambiente. Esto se ejemplifica en la Figura 1 con el gráfico EKC3 en el que la relación entre ambas variables se daría a un nivel más bajo que en el EKC1 una vez tomadas medidas legislativas de carácter medioambiental.

3. ¿Cuál es la evidencia empírica sobre la existencia de la Curva de Kuznets Medioambiental?

La evidencia empírica hasta la fecha es muy *variada* y *poco concluyente*. Las principales razones que se aducen para ello son de una doble naturaleza:

- En primer lugar, es que *no todos los contaminantes parecen seguir esta regularidad empírica*. Así, mientras que existen numerosos estudios que la apoyan en el caso de *contaminantes de carácter local o regional* (NOx, SO2, y metales pesados), no ocurre lo mismo en el caso de *contaminantes globales*, donde los niveles de contaminación crecen de forma continua con la renta o los puntos de inflexión son muy altos o inciertos. Un caso extremo es el de aquellos contaminantes que no parecen tener un punto de inflexión y que encajan en el escenario planteado por el Club de Roma en el sentido de ser emisiones que aumentan sin límite conforme lo hace la renta o en las que el punto de giro sólo se alcanza con niveles de renta muy elevados. Entre estos contaminantes globales que tienden aumentar de forma monótonica con la renta (desechos sólidos municipales, volúmenes de tráfico, consumo de energía....) destaca por su importancia el CO2, que constituye el factor de mayor riesgo para el calentamiento global. La razón de este comportamiento es que si los efectos externos negativos que generan estos contaminantes son globales, entonces existirá una mayor dificultad para el establecimiento de incentivos¹. Más aún, algunos contaminantes que parecen seguir una EKC convencional pueden presentar formas más sofisticadas, retornando a una pendiente positiva tras el primer punto de inflexión y dando lugar a relaciones funcionales en forma de N.

- El segundo gran motivo que explica lo variado de la evidencia encontrada son las *diferentes técnicas estadístico-económicas* utilizadas para su cálculo, basadas en muchas ocasiones en datos de corte transversal (“cross-section”) en lugar de paneles o de serie temporales. Con el fin de hacer frente a esta crítica, los investigadores han optado por refinar las técnicas utilizadas desde las formas funcionales cúbicas o cuadráticas

¹ Ver Figura 1, gráfico EKC2.

tradicionales, donde se imponía la relación, hacia métodos de estimación que permiten captar los puntos de corte de forma endógena a través de técnicas de cointegración en datos de panel (Wagner, 2008) o con series temporales individuales (He and Richard, 2010).

Dado que la teoría establece que para el caso del CO2, así como para el de otros contaminantes globales, la relación entre emisiones y crecimiento económico tiene una naturaleza de largo plazo y dado que para este contaminante existen series históricas, la literatura empírica más reciente se ha centrado en el análisis de la relación secular entre ambas variables utilizando técnicas econométricas de cointegración de series temporales. Ejemplos de ello son los estudios realizados para Estados Unidos por Tol y otros (2009); para Inglaterra por Fouquet y Pearson (2006); para Italia por Bartoletto y Rubio (2008) o para Suecia por Kander y Lindmark (2004).

- Evidencia para el caso de la Economía Española.

En el caso de España para el periodo 1950-2000, Alcántara y Roca (1995), Roca y Alcántara (2001) y Roca y otros (2001) no alcanzan a encontrar una evidencia sobre la existencia de la EKC. Con datos históricos, cubriendo el periodo 1850-2000, Rubio (2005) tampoco encuentra evidencia robusta para el caso español. Desde nuestro punto de vista, las razones que pueden servir para justificar la ausencia de esta evidencia son básicamente tres:

1. La existencia de *discontinuidades o rupturas* en las series debido a perturbaciones por causas externas (exógenas) o por medidas de política económica o medioambiental tomadas por el gobierno.
2. Los métodos econométricos utilizados parten del supuesto de relaciones de largo plazo lineales entre las variables implicadas. Sin embargo, tanto los modelos teóricos como la formulación de la propia hipótesis de la EKC establecen la existencia de una *relación no lineal* entre las variables de forma que cuando se sobrepasa un cierto umbral de renta o *threshold*, la economía se traslada a otro régimen o relación de equilibrio entre el crecimiento de la renta y de la contaminación.
3. La existencia de *asimetrías en el ajuste* hacia el equilibrio a largo plazo, ya que un perfil con forma de “U” invertida implica un primer régimen con una relación creciente (positiva) entre emisiones y renta y otro segundo decreciente a partir de un umbral de renta. Ambos regímenes no tienen por qué ser simétricos.

- Resultados recientes.

Nuestro proyecto de investigación ha intentado dar una respuesta a estos problemas utilizando las nuevas series históricas disponibles para la economía española sobre combustible fósil, en concreto toneladas métricas de CO2, a partir del trabajo de Boden y otros (2010), así como de las ya conocidas series históricas de población entre 1857-1990 y de PIB real entre 1857-2000 de Carreras y Tafunell (2005)² completadas con datos del INE (2010) para el período 1991-2007³ en el primer caso y con los datos proporcionados por el Banco de España (2010) para el periodo 2001-2007, en el segundo.

La observación de la Figura 2, donde aparece un diagrama de dispersión de las series de renta per cápita y de emisiones de CO2 per cápita para la economía Española, permite observar una clara tendencia positiva aunque con una pendiente que se va reduciendo; lo que nos hace intuir la existencia de una EKC a pesar de los resultados obtenidos en investigaciones anteriores.

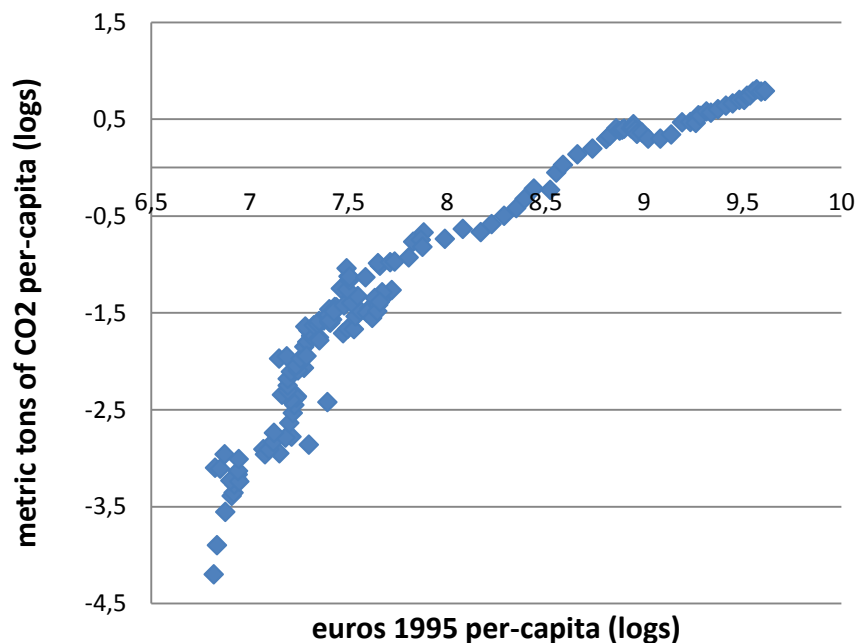


Figura 2. Diagrama de dispersión (scatter plot) de la renta per cápita y el CO2 per cápita en la economía española. 1857-2007.

² Véase Tabla 2.5 y Tabla 17.6, respectivamente.

³ Idem Tabla 2.1.8 y Tabla 1.3.

Nuestra línea de investigación contribuye al análisis de la EKC en el caso de España extendiendo los estudios previos por diferentes vías mediante el uso de técnicas estadístico-econométricas especialmente adecuadas para el análisis de series temporales en muestras históricas. Este es precisamente nuestro caso, ya que el periodo analizado comprende desde 1857 a 2007.

En primer lugar, en Esteve y Tamarit (2012a) aplicamos el procedimiento secuencial propuesto por Kejriwal y Perron (2008, 2010) para contrastar la existencia de múltiples cambios estructurales en una relación de equilibrio a largo plazo. En segundo lugar, usamos el contraste de cointegración propuesto por Arai y Kurozumi (2007) para cuando hay una sola ruptura y el de Kejriwal (2008) para cuando hay varias. En tercer lugar, si existen varios cambios estructurales, ello puede ser síntoma de una relación no lineal, por lo que analizamos de nuevo la relación de largo plazo en un segundo trabajo, en este caso aplicando la metodología de Hansen y Seo (2002) para contrastar la existencia de cointegración no lineal y con un umbral. Por último, en Septhon y Mann (2013) se ha ampliado nuestro trabajo utilizando la misma base de datos pero considerando la posibilidad de que existan varios umbrales de cointegración y, por tanto, más de dos regímenes.

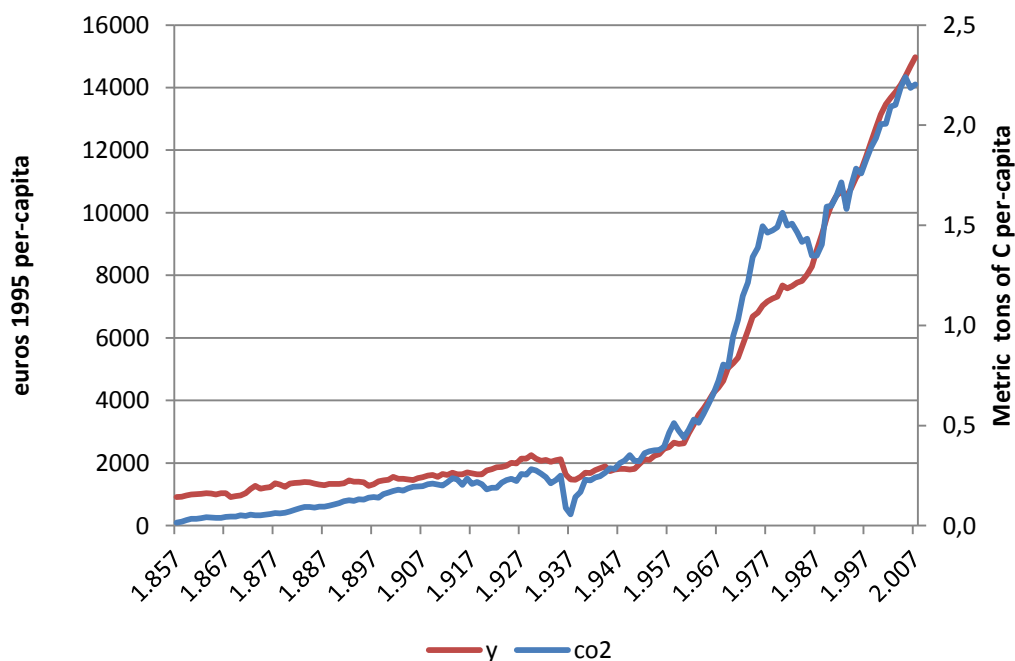


Figura 3. Evolución de la renta per cápita y del CO2 per cápita en la economía española. 1857-2007.

Tal y como puede apreciarse en la Figura 3, existe un estrecho movimiento común entre las dos series que puede haberse visto alterado a lo largo del tiempo. Nuestros resultados empíricos apuntan a la existencia de dos cambios estructurales estimados para 1941 y 1967, dando lugar a tres regímenes: 1877-1940, 1941-1966 y 1967-2007. Existen factores que pueden explicar satisfactoriamente dichas fechas para los cambios estructurales de la relación a largo plazo entre renta y emisiones de CO2 que encajan con distintas etapas en la senda secular de crecimiento de la economía española. Así, según las estimaciones de Prados de la Escosura (2007) los resultados de la economía española en términos de crecimiento fueron escasos en el periodo considerado hasta 1950 debido, en primer lugar, a una caída a consecuencia de la Guerra Civil de 1936-1939, fecha que coincide con la primera ruptura encontrada en nuestro trabajo y, en segundo término, a que nuestro estudio se centra en la relación entre CO2 per cápita y renta per cápita, lo que justifica un cierto retraso en el comportamiento de dichas variables respecto al crecimiento. En segundo lugar, tanto en España como en otros países de la periferia europea durante la “Golden Age” (1950-1973), el principal impulso al crecimiento se retrasó hasta los años 60, lo que podría explicar el segundo cambio estructural encontrado a mediados de los 60, tras el Plan de Estabilización de 1957. Por último, tanto los mayores niveles de desarrollo, el cambio estructural productivo, la mejor tecnología, así como los niveles de gasto en protección medioambiental más elevados en este último periodo parecen apuntar a la existencia de un nuevo régimen de equilibrio compatible con una reducción gradual de la degradación medioambiental.

Este último elemento es de gran importancia, pues si bien las estimaciones de la elasticidad a largo plazo para todo el periodo analizado coinciden con los resultados obtenidos en trabajos anteriores en torno a un valor de 1.37, como el de Rubio (2005), si se hacen estimaciones por subperiodos, los de la última etapa tienden a decrecer notablemente. Así, la elasticidad a largo plazo en el primer subperiodo es de 2.67; en el segundo ya se reduce a 1.10, mientras que en el tercero se amplía dicha reducción a 0.56, es decir, menor que la unidad. Todo apuntaría a la existencia de una EKC para la economía española, si bien la naturaleza lineal de la metodología utilizada en Esteve y Tamarit (2012a) no permitía captarla de forma adecuada. Por eso, en Esteve y Tamarit (2012b) se pasa a utilizar una técnica capaz de modelizar relaciones no lineales.

Este punto no es en absoluto trivial, pues la teoría, bien por razones de demanda o de oferta, da soporte a la existencia de un punto de inflexión a partir de un cierto nivel de renta.

Recuérdese que la EKC implica que en las primeras etapas del desarrollo económico la degradación medioambiental aumenta (elasticidad mayor que la unidad), pero que a partir de un determinado nivel de renta, la elasticidad-renta de las emisiones de CO2 da un giro o, al menos, se suaviza notablemente, pasando a ser menor que uno. Desde un punto de vista teórico, ello puede deberse a razones de demanda o de oferta. Por el lado de la demanda de calidad medioambiental, ésta tiende a aumentar con la renta más que la de otros bienes y servicios, dando lugar a un umbral. Cuando dicho umbral se sobrepasa, la población es más proclive a sacrificar parte de su consumo para proteger el medioambiente. Desde el lado de la oferta, si la contaminación afecta a la producción como un input no deseado (por ej. emisiones de SO2 que generan lluvia ácida que afecta a los bosques, la agricultura y la pesca) o si la propia tecnología que permite reducir la contaminación mejora con el tiempo, es posible establecer un marco teórico en un modelo de crecimiento óptimo donde al aumentar la renta, también lo hacen los beneficios y los costes marginales de controlar la contaminación, aunque los primeros en mayor proporción, hasta encontrar un punto de giro (Brock y Taylor, 2010).

Nuestra investigación inicial, por tanto, proporcionó evidencia robusta de variaciones e inestabilidad funcional en la relación entre renta y contaminación de CO2 para el caso español, bien por cambios derivados de las fuerzas de mercado tales como las variaciones en la estructura de la economía (por cambios en las preferencias o en la tecnología) o bien por reformas de las regulaciones medioambientales, de tal forma que podemos afirmar que para el caso de España, cualquier estudio que no tenga en cuenta esta inestabilidad no dará lugar a resultados robustos. Sin embargo, la inestabilidad y la no linealidad son difíciles de distinguir en la práctica y, en muchos casos son compatibles. De hecho, la inestabilidad funcional puede dar lugar a no linealidad y, viceversa, ya que si se dan varios cambios estructurales, estos pueden ser aproximaciones locales de un comportamiento no lineal. Por ello, en Esteve y Tamarit (2012b) analizamos, en primer lugar, la presencia de un umbral en la relación de largo plazo entre las dos variables objeto de estudio como resultado de un proceso de optimización endógeno y, en segundo término, la existencia de movimientos asimétricos entre las dos variables en su proceso de ajuste hacia el largo plazo. Una ventaja añadida de nuestra metodología frente a trabajos anteriores es que nosotros no imponemos ningún forma funcional a priori (no lineal, cuadrática o cúbica) usando polinomios paramétricos y dejamos hablar a los datos.

Los resultados encontrados con esta técnica nos permiten completar los previos. Así, con esta nueva técnica el punto de giro se encuentra para un umbral de renta elevado (8.266€) de tal forma que por debajo del mismo están el 85% de las observaciones, correspondiendo al periodo comprendido entre 1857 y 1985, que se constituye como el “régimen típico”, frente a un segundo periodo que va desde 1986 a 2007, o “régimen especial”. Nótese que el valor de la elasticidad a largo plazo es de 0.88, es decir, positivo pero menor que uno y que el punto de giro se corresponde con la entrada de España en la Unión Europea y el proceso de adaptación legislativa medioambiental que ello suponía junto a la modernización del aparato productivo para hacer frente a un mercado más amplio y competitivo. Los valores de renta de este punto de giro están en línea con los encontrados para otras economías avanzadas. Así, en el caso de EE.UU. dicho umbral de encuentra en los 10.000\$ (Tol y otros, 2009) y en valores algo más reducidos para GB (Fouquet y Pearson, 2006) y Suecia (Kander y Lindmark, 2004), alcanzándose durante la década de los años 70.

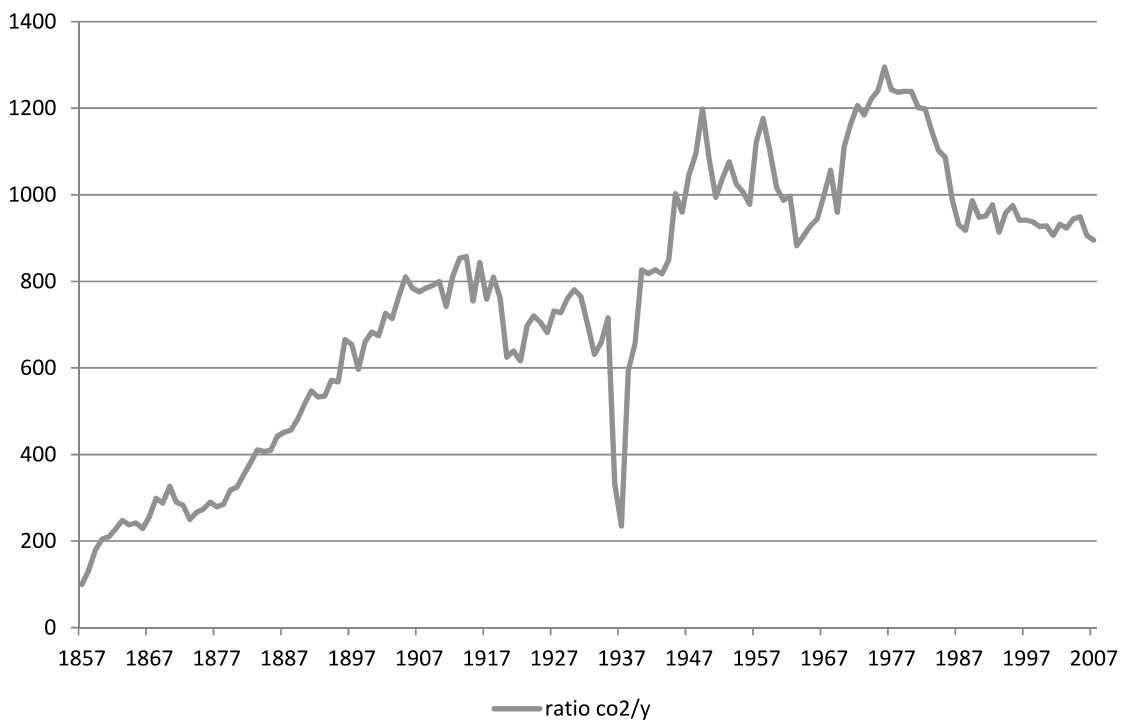


Figura 4. Ratio de CO2 per cápita sobre la renta per cápita.

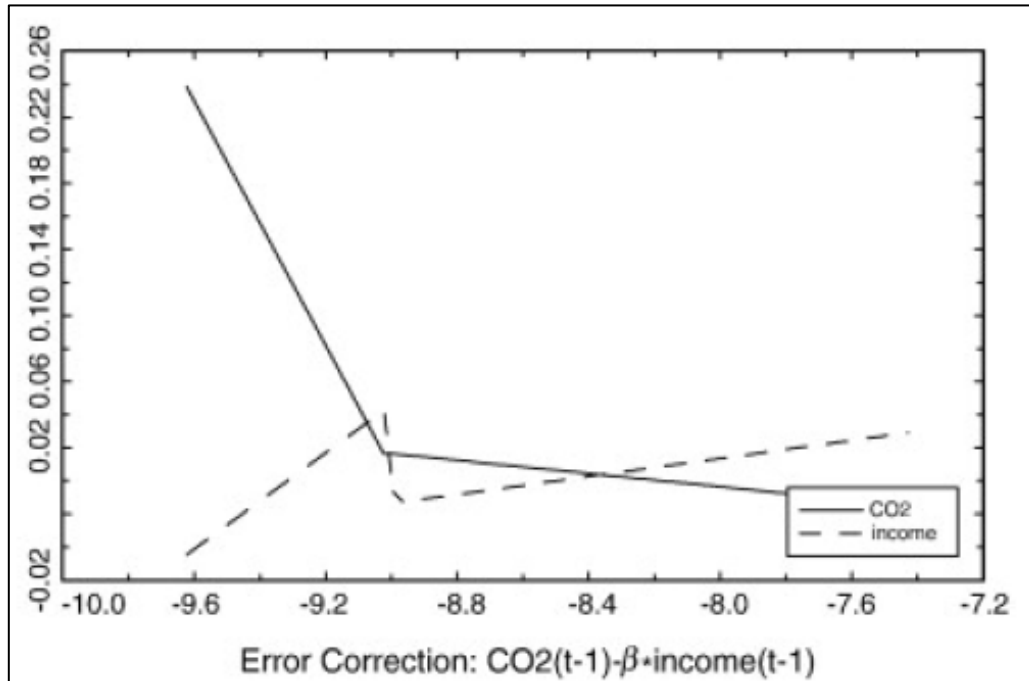


Figura 5. Ajuste de los mecanismos de corrección de error en los dos regímenes.

Asimismo, la inspección visual de la Figura 4, donde aparece dibujada la ratio del CO2 per cápita sobre la renta per cápita o *intensidad de las emisiones de CO2*, nos muestra de forma intuitiva la existencia de una tendencia creciente hasta 1986, año que señala un punto de giro y el comienzo de una lenta tendencia decreciente en la ratio. El análisis se puede completar analizando la Figura 5, que nos permite una interpretación visual de los resultados del ajuste a corto plazo hacia el equilibrio. En esta Figura podemos ver que existen dos regímenes de cointegración con mecanismos de ajuste respecto al largo plazo claramente asimétricos. En el primero, desde 1957 a 1985 (a la derecha del punto de giro en la Figura 5), la relación es positiva pero el ajuste es lento, mientras que en el segundo, de 1986 a 2007, hay un elevado modelo de corrección de error en la parte izquierda del umbral estimado (que se corresponde con una renta superior a los 8.266€). Nuestro análisis ha sido ampliado recientemente por Sephton y Mann (2013) para considerar la existencia de múltiples umbrales de cointegración en lugar de tan sólo uno. Sus resultados, globalmente considerados, respaldan los nuestros en el sentido de encontrar también una relación no lineal y asimétrica entre equilibrios a largo plazo, dando respaldo a la existencia de una ECK para España que, como en nuestro caso, presenta una forma funcional que no se corresponde con una “U” invertida de forma exacta.

4. Conclusiones

La existencia de datos históricos de renta y emisiones de CO2 para el caso de España permiten la aplicación de técnicas estadístico-econométricas robustas para determinar la existencia y naturaleza de la relación entre ambas variables a largo plazo. Los resultados obtenidos permiten establecer la existencia de una relación a largo plazo positiva con una elasticidad en las emisiones respecto a la renta decreciente en el tiempo y, por tanto, favorable a la validación de la existencia de una curva de Kuznets Medioambiental para el caso de España. Asimismo, se ha encontrado la existencia de una relación no lineal y asimétrica entre ambas variables, estando situado el punto de giro en un nivel de renta de 8.266€, que se corresponde con el año 1986.

Dado que las emisiones de CO2 tienen como determinantes principales el nivel de uso energético y de combustibles fósiles de forma particular, los resultados obtenidos parecen señalar hacia una variación en el mix energético hacia las energías renovables y la energía nuclear para explicar la reducción en las emisiones per cápita. Por una parte, la primera y segunda crisis del petróleo en 1973 y 1979 condujeron, respectivamente, a importantes cambios en la estructura de la energía primaria en España (si bien, con un cierto retraso respecto a otros países de la OCDE, debido al proceso de transición política) dando lugar a un importante crecimiento en la generación de energía nuclear y también a un incremento en el uso del carbón a mediados de la década de los años 80 (Climent y Pardo, 2007). El papel que ha jugado la energía nuclear en la reducción de las emisiones de CO2 en el caso de España ha sido puesto de manifiesto recientemente por Gales y otros (2007) así como por Iwata y otros (2012)

5. Referencias

- Alcántara, V., Roca, J., 1995. Energy and CO-2 emissions in Spain. *Energy Economics* 17, 221–230.
- Arai, Y., Kurozumi, E., 2007. Testing for the null hypothesis of cointegration with a structural break. *Econometric Reviews* 26, 705–739.
- Banco de España, 2010. *Cuentas Financieras de la Economía Española, 1980–2009*, Madrid.
- Bartolotto, S., Rubio, M., 2008. Energy transition and CO-2 emissions in Southern Europe: Italy and Spain (1861–2000). *Global Environment* 2, 46–81.

- Boden, T.A., Marland, G., Andres, R.J., 2010. Global, Regional, and National Fossil-fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. <http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre-spa.html>.
- Brock, W.A., Taylor, M.S., 2010. The Green Solow model. *J. Econ. Growth* 15 (2), 127–153.
- Carreras, A., Tafunell, X. (Eds.), 2005. Estadísticas históricas de España: Siglos XIX y XX, 2nd edition. Fundación BBVA, Bilbao.
- Climent, F., Pardo, A., 2007. Decoupling factors on the energy-output linkage: the Spanish case. *Energy Policy* 35, 522–528.
- Esteve, V. y Tamarit, C., 2012a. Is there an environmental Kuznets curve for Spain? Fresh evidence from old data. *Economic Modelling* 29, 2696–2703.
- Esteve, V., Tamarit, C., 2012b. Threshold cointegration and nonlinear adjustment between CO₂ and income: the environmental Kuznets curve in Spain, 1857–2007, *Energy Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2012.03.001>.
- Fouquet, R., Pearson, Peter J.G., 2006. Seven centuries of energy services: the price and use of light in the United Kingdom (1300–2000). *The Energy Journal* 27 (1), 138–178.
- Gales, B., Kander, A., Malanima, P., Rubio, M., 2007. North versus south: energy transition and energy intensity in Europe over 200 years. *Eur. Rev. Econ. Hist.* 11 (2), 219–253
- Hansen, B.E., Seo, B., 2002. Testing for two-regime threshold cointegration in vector error-correction models. *J. Econ.* 110, 293–318.
- He, J., Richard, P., 2010. Environmental Kuznets curve for CO₂ in Canada. *Ecological Economics* 69, 1083–1093.
- INE, 2010. Anuario Estadístico de España 2010, Madrid.
- Iwata, H., Okada, K., Samreth, S., 2012. Empirical study on the determinants of CO₂ emissions: evidences from OECD countries. *Appl. Econ.* 44, 3513–3519
- Kander, A., Lindmark, M., 2004. Energy consumption, pollutant emissions and growth in the long run — Sweden through 200 years. *Eur. Rev. Econ. Hist.* 8 (3), 297–335.
- Kejriwal, M., 2008. Cointegration with structural breaks: an application to the Feldstein–Horioka puzzle. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics* 12 (1), 1–37.
- Kejriwal, M., Perron, P., 2008. The limit distribution of the estimates in cointegrated regression models with multiple structural changes. *Journal of Econometrics* 146, 59–73.
- Kejriwal, M., Perron, P., 2010. Testing for multiple structural changes in cointegrated regression models. *Journal of Business and Economic Statistics* 28, 503–522.
- Panayotou, Th., 1993. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, World Employment Programme Working Paper Number WP238. International Labor Office, Geneva.
- Prados de la Escosura, L., 2007. Growth and structural change in Spain, 1850–2000: a European perspective. *Revista de Historia Económica/Journal of Iberian and Latin American Economic History* 25 (1), 147–181.
- Roca, J., Alcántara, V., 2001. Energy intensity, CO₂ emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case. *Energy Policy* 29 (7), 553–556.

- Roca, J., Padilla, E., Farré, M., Galletto, V., 2001. Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets hypothesis. *Ecological Economics* 39, 85–99.
- Rubio, M., 2005. Economía, energía y CO2: España 1850–2000. *Cuadernos Económicos de ICE* 70, 51–71.
- Shafik, N., Bandyopadhyay, S., 1992. Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence. Background Paper for the World Development Report 1992. World Bank, Washington D.C.
- Sephton, P. y Mann, J. , 2013. Further evidence of an Environmental Kuznets curve in Spain. *Energy Economics*. 36, 177 -181.
- Tol, R.S.J., Pacala, S.W., Socolow, R.H., 2009. Understanding long-term energy use and carbon dioxide emissions in the USA. *Journal of Policy Modeling* 31 (3), 425–445.
- Wagner, M., 2008. The carbon Kuznets curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics? *Resource and Energy Economics* 30 (3), 388–408.

FUNSEAM

FUNDACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL 2013.