

CRECIMIENTO Y MEDIO AMBIENTE: UNA APROXIMACIÓN A LOS PLANTEAMIENTOS RECIENTES

María de la Palma Gómez-Calero Valdés

María del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado

Universidad de Sevilla

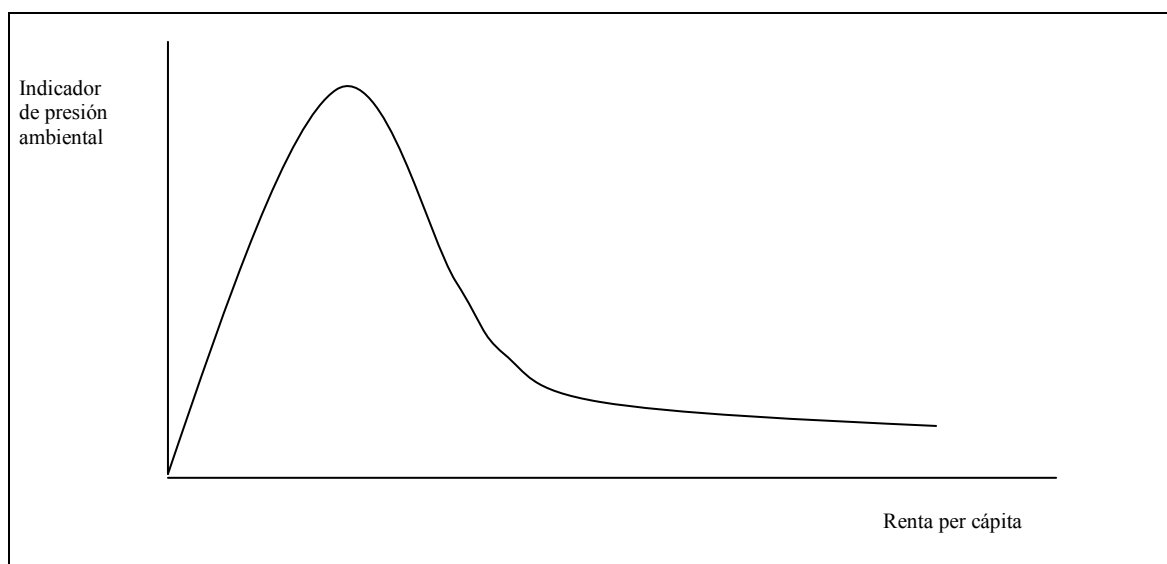
1. Introducción

En el año 1972 tuvo lugar en Estocolmo la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente que destacaba la necesidad de incluir entre los objetivos de la política económica el ambiental. A partir de ese momento la relación entre crecimiento y medio ambiente ha centrado la atención de un buen número de investigadores e incluso ha llegado a convertirse en una cuestión clave de la política económica y de las instituciones económicas internacionales. A esta primera conferencia le han sucedido estudios en los que se relaciona el crecimiento económico con el medio ambiente y en los que se proponen medidas para compatibilizarlos. Entre estos cabe destacar el informe del Club de Roma sobre Los límites al crecimiento (Meadows et al., 1972) que ha prestado un interés notable sobre el modo en que el crecimiento económico genera daños medioambientales, y sobre la necesidad de reducir esos impactos llegando incluso a desencadenar un debate sobre la necesidad de frenar el crecimiento económico a fin de reducir el daño medioambiental. De esta forma, el “Informe Meadows” representa el extremo de la vertiente más pesimista del análisis de la relación entre crecimiento económico y medio ambiente. Esta vertiente pesimista destaca el crecimiento acelerado que está experimentando la explotación de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente desde la revolución industrial y añade que el crecimiento de la población agrava este proceso. Si bien el progreso tecnológico puede contribuir a paliarlo algo, los datos muestran que crecimiento económico y conservación del medio ambiente no son compatibles.

Frente a esta visión pesimista, a partir de la década de los noventa surge una vertiente optimista que aboga por la acumulación de conocimientos y las mejoras en la eficiencia de los procesos agrícolas e industriales como vía para contrarrestar la escasez de alimentos y el agotamiento de los recursos naturales. Ese proceso de desarrollo da lugar a una relación positiva entre crecimiento económico y calidad ambiental. Quienes primero observaron esa relación positiva fueron Grossman y Krueger (1991), al analizar

los posibles impactos ambientales del Tratado de Libre Comercio (NAFTA). Esta vertiente optimista se ha desarrollado con los trabajos de Grossman y Krueger (1995), Shafik y Bandyopadhyay (1992), Beckerman (1992) y el Banco Mundial (1992), dando lugar a amplia literatura acerca de lo que se ha denominado Curva Ambiental de Kuznets (CKA) (Figura 1). La hipótesis de la curva de Kuznets es que, si bien en estadios de desarrollo bajos el crecimiento genera daño ambiental y este es creciente, a partir de un determinado nivel de desarrollo, el crecimiento empieza a disminuir esos daños medioambientales¹, por lo que mayor crecimiento resultaría ser beneficioso para el medioambiente (Pearson, 1994). Desde entonces, esta hipótesis se ha convertido en un punto de referencia a la hora de analizar la relación entre el medio ambiente y el crecimiento económico y de encontrar políticas que traten de reducir el deterioro medioambiental y el uso adecuado de los recursos naturales.

Figura 1
Curva de Kuznets Ambiental



Entre los principales motivos por los que esta hipótesis ha tenido tanta repercusión cabe señalar los siguientes. En primer lugar esta asociada a un Premio Nobel de economía, Simon Kuznets (1901-1985). Además, para algunos economistas representaba la demostración de que el crecimiento económico genera efectos beneficiosos y no perjudiciales sobre el medioambiente, llegando a defender incluso el

¹ Fue Panayotou (1993) quien introdujo en la literatura esta relación en forma de U invertida con el nombre de hipótesis de la “Curva de Kuznets Ambiental” (CKA) por la similitud que guarda con la relación que Kuznets (1955) sugirió con muchas cautelas, que podría existir entre niveles de desigualdad y renta per cápita.

argumento, un tanto optimista, de que la mejor – y probablemente la única- vía para lograr un mejor medioambiente es que la mayoría de los países se hagan ricos (Beckerman, 1992). En tercer lugar, la hipótesis ofrecía una perspectiva tranquilizadora a los responsables de la política económica, pues como la CKA muestra que en economías desarrolladas los mayores ingresos están correlacionados con un menor nivel de degradación ambiental, las recomendaciones de la política económica deben consistir en impulsar el crecimiento económico, lo que reduciría la contaminación. Así pues, la hipótesis parecía permitir conciliar las preocupaciones por la sostenibilidad con la búsqueda del crecimiento económico. También contribuyó a la difusión de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental el estudio empírico de Grossman y Krueger (1991), que fueron los primeros en evidenciar la relación en forma U invertida entre desarrollo económico y concentraciones urbanas de distintos contaminantes. Este estudio formaba parte de otro más amplio sobre las implicaciones medioambientales del Tratado de Libre Comercio de América del Norte y una de las conclusiones a las que llegaba, para el caso de la economía mexicana, – si un mayor comercio internacional conducía a un mayor crecimiento económico, también supondría menos degradación ambiental-, era muy favorable al pensamiento económico del momento. Por último, influyó a la difusión de la hipótesis el estudio empírico de Shafik y Bandyopadhyay (1992), en el que se mostraba una relación en forma de U entre la renta per cápita de un país y su nivel de calidad medioambiental. Este trabajo sirvió de base para el Informe Sobre el Desarrollo Mundial publicado por el Banco Mundial en 1992, en el que este organismo internacional avalaba la hipótesis de la CKA al afirmar que “a medida que los ingresos aumentan, la capacidad para invertir en mejores condiciones ambientales y la disposición a hacerlo aumentan también”².

2. Aspectos empíricos

Los estudios empíricos que analizan la relación entre crecimiento económico y medio ambiente se centran en contrastar la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental (EKC), la cual sugiere que la relación entre renta per cápita y degradación medio ambiental es positiva en las primeras fases de crecimiento económico y más tarde, a partir de un cierto nivel de renta, esa tendencia se invierte. Como se ha indicado anteriormente, los primeros en evidenciar esa relación en forma de U invertida, entre determinados contaminantes como dióxido de azufre y partículas en suspensión, y

² Banco Mundial, 1992, pp. 43.

desarrollo económico, fueron Grossman y Krueger (1991). A partir de ese momento surgen numerosos trabajos empíricos tratando de aportar evidencias sobre esa hipótesis (Stern et al., 1996; Ekins, 1997; Stern, 1997; Ansuategui et al., 1997; y Panayotou, 2003)

Aunque todos los trabajos presentan similitudes en cuanto a los datos utilizados - generalmente un panel de observaciones para distintos países en diferentes periodos de tiempo- y la metodología, sin embargo en general no existe consenso sobre cómo evoluciona la relación entre los diferentes contaminantes y el crecimiento económico. De hecho, la mayoría de los contaminantes que se han considerado en la literatura no siguen de forma inequívoca la relación en forma de U invertida que sugiere la hipótesis de la CKA (Ekins, 1997; De Bruyn y Heintz, 1999 y De Bruyn, 1999). Por su parte, Capó (2008) y De Bruyn (1999) realizan una síntesis de los resultados obtenidos en diferentes estudios empíricos para estimar la relación entre PIB per cápita y diversos indicadores ambientales como la polución atmosférica, indicadores de la calidad del agua, la deforestación y la protección del territorio, entre otros. Si bien la evidencia más sólida a favor de la curva de Kuznets parece encontrarse al analizar el patrón que sigue la relación entre la renta per cápita y la polución atmosférica, ese resultado no es concluyente al ser contradicho por otros trabajos. Algunos de esos resultados empíricos aparecen recogidos en la Tabla 1.

Tabla 1
Relaciones entre diversos indicadores ambientales y PIB per cápita

Autores	Año	Polución Atmosférica	Calidad del agua	Deforestación	Protección del territorio
Antweiler et al.	2001	Forma de U			
Bradford et al.	2000	Forma de U			
Cole et al.	1997	Forma de U			
Grossman	1993	Forma de U	Forma de N		
Holtz-Eaking y Selden	1995	Forma de U			
Selden y Song	1994	Forma de U			
Shafik	1994	Forma de U		Perfil plano	

Panayotou	1993	Forma de U		Forma de U	
Torras y Boyce	1998	Perfil plano			
Vicent	1997	Contradic e CKA			
Carson et al.	1997	Contradic e CKA			
Grossman y Krueger	1991	Forma de U			
Grossman y Krueger	1993	Contradic e CKA			
Grossman y Krueger	1995		Forma de N		
Shafik	1994		Forma de N		
Shafik y Bandyopadhyay	1992		Forma de N	Perfil plano	
Antle y Heidbrink	1995			Forma de U	
Bimonte	2001				Forma de U

Fuente: Elaboración propia

Esta amplia variedad de comportamientos de la relación entre contaminantes y renta per cápita hace dudar sobre la validez de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental y no la hace generalizable a la relación global entre economía y medioambiente. Entre las causas que pueden explicar esta diversidad de los resultados empíricos se encuentran las que hacen referencia a la utilización de emisiones o concentraciones como medida (*proxy*) de los indicadores de presión ambiental, ya que según se use una u otra medida el resultado de la estimación del punto umbral de la CKA será diferente; más bajo en aquellos trabajos empíricos que utilizan concentraciones de contaminantes (Correa, 2004). También se ha señalado que el uso de diferentes técnicas econométricas explica la diversidad en los resultados de los estudios empíricos (Selden y Song, 1994, Stern y Common, 2001). Otro factor que puede influir en los resultados de los estudios es la muestra de países que se utiliza. Así, cuando se utilizan bases de datos con distintas selecciones de países los resultados pueden ser contradictorios (Correa, 2004, Grossman y Krueger, 1995, Shafik y Bandyopadhyay, 1992). Por último, los datos del PIB que se utilicen para cada país, así como las variables adicionales que se incluyan en la regresión, como densidad de población (Selden y Song,

1994), el ingreso rezagado (Grossman y Krueger, 1995), indicadores de comercio (Shafik y Bandyopadhyay 1992), de estructura económica (Lucas et al., 1992, Suri y Chapman, 1998, Kaufmann et al., 1998), de derechos políticos (Torra y Boyce, 1998, Shafik y Bandyopadhyay 1992), etc..., también pueden ser causantes de esa diversidad de resultados (Correa, 2004, Suri y Chapman, 1998).

La diversidad de resultados que muestra la literatura empírica ha motivado que surjan diversas explicaciones teóricas que tratan de justificar la existencia de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental.

3. Aspectos teóricos

La dificultad para justificar teóricamente la relación que la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental sugiere que se da entre crecimiento económico y presión ambiental, se encuentra en el hecho de que sea el propio crecimiento de la renta per cápita el que explique que la degradación ambiental disminuya (Roca y Padilla, 2003). De ser así, esta hipótesis debería justificarse por algún tipo de cambio endógeno vinculado al propio crecimiento de la renta per cápita.

En este sentido, han sido varias las explicaciones teóricas que se han dado para justificar la existencia de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental. La más reiterada es la que se basa en la elasticidad-renta de la demanda ambiental. Parte de la consideración de que el medio ambiente es un bien de lujo, es decir, un bien con elasticidad de la demanda respecto a la renta mayor que la unidad., por lo que al aumentar la renta la demanda aumenta más que proporcionalmente. Esto significa que a medida que aumenta el nivel de renta per cápita de un país sus ciudadanos están más dispuestos a destinar una mayor proporción de sus recursos en calidad ambiental. Ello se ve confirmado, de un lado, por la creciente preferencia de los individuos por pautas de consumo más sostenibles y, de otro, por el respaldo social a políticas tendentes a proteger el medio ambiente ya sea dedicando una mayor dotación del presupuesto o mediante reglamentaciones más estrictas. (McConnell, 1997; Selden y Song 1995; López, 1994; Baldwin, 1995; Jaeger, 1998, Selden y Song, 1994 y De la Calle, 1999). No obstante, la validez de los modelos utilizados en esos trabajos ha sido cuestionada por diversos motivos, entre los que cabe destacar que la calidad ambiental es por lo general un bien público (Roca y Padilla, 2003); y que en muchos países la elasticidad-renta de la demanda ambiental es inferior a la unidad (Flores y Carson, 1995, Pereyra y Rossi, 1996; Stagl, 1999 y Costa, 1997).

Otra explicación teórica de la hipótesis se basa en el efecto composición desde sistemas económicos basados en la agricultura hacia economías basadas en el sector servicios (Gitli y Hernández, 2002), que adquiere más peso conforme el nivel de industrialización de una economía se acelera y es característico del patrón de crecimiento que han venido mostrando las economías desarrolladas. Quienes defienden este argumento señalan que las economías pasan desde una fase agrícola de baja contaminación a otra industrial de elevada contaminación y más tarde se desplazan desde el sector industrial hacia el sector servicios, con la consiguiente disminución de las emisiones de contaminantes, al ser las actividades industriales las intensivas por excelencia en consumo de energía y emisiones tóxicas (Hettige et al., 1998; Rothman, 1998; Arrow et al., 1995 y Baldwin, 1995). Frente a este argumento, se ha señalado que si bien ese ha sido el patrón de crecimiento predominante en muchas economías hoy desarrolladas, eso no implica que necesariamente tenga que seguir siéndolo para las economías que aun se encuentran en vías de desarrollo, sobre todo, porque en algunas de ellas el principal componente del PIB lo representa el sector servicios, como sucede en el caso de Nueva Zelanda con el sector turístico.

Una explicación adicional de la relación entre crecimiento económico y calidad ambiental planteada por la hipótesis de la CKA señala que el progreso tecnológico tiene efectos positivos sobre el medio ambiente (Stokey, 1998). Por un lado, al aumentar la eficiencia de los procesos productivos reduce la cantidad necesaria de factores para producir la misma cantidad de producto. Por otro lado, es posible que el progreso tecnológico aumente la posibilidad de sustitución de recursos altamente contaminantes por otros menos perjudiciales para el medioambiente. Por último, el hecho de que los países en vías de desarrollo importen tecnología provoca que sus patrones de crecimiento tengan efectos menos perjudiciales sobre el medio ambiente. En relación a estos argumentos sobre la menor degradación medioambiental que genera el cambio tecnológico, se ha señalado que en muchas ocasiones éste también comporta nuevos procesos y productos con presiones ambientales asociadas que no tienen por qué ser menos preocupantes que la anterior tecnología, así como que sus efectos finales no siempre son fácilmente previsibles (Schipper, 2000; Giampietro, 1999).

Otra de las explicaciones que se ha dado para apoyar la hipótesis de la curva de Kuznets hace referencia a los cambios institucionales (De Castro, 2009; Capó, 2008 y Jones y Manuelli, 1995). En este caso se señala que el desarrollo económico de los

países pasa por una primera etapa caracterizada por políticas distorsionadas, como subsidios al consumo energético, y fallos de mercado como una incorrecta definición de los derechos de propiedad de los recursos naturales o la falta de pago por externalidades ambientales (Panayotou, 1993 y De Bruyn y Heintz, 1999). Seguidamente, en una segunda etapa se corrigen esas distorsiones y esos fallos de mercado. El proceso de desarrollo continúa con la implementación de determinadas actuaciones cuya finalidad es contribuir a mejorar la calidad del medio ambiente, tales como las políticas medioambientales estrictas y las de educación ciudadana, destinadas a crear mayor conciencia ambiental.

Todas estas explicaciones teóricas comparten la necesidad de conciliar el crecimiento económico y el medio ambiente con políticas ambientales por considerar, a diferencia de la hipótesis de la curva de Kuznets, que el crecimiento económico por sí solo no resuelve el problema de la degradación medioambiental.

4. Cuestiones econométricas

Las hipótesis sobre las relaciones entre producción y polución, y en concreto sobre si se verifica o no la hipótesis de Kuznets, se han materializado en la realización de contrastes de carácter econométrico sobre determinadas funciones, mediante técnicas paramétricas. No obstante, estas estimaciones y contrastes econométricos no han estado exentos de críticas tanto por los datos utilizados o por cuestiones econométricas asociadas a las estimaciones. Esto ha dado lugar a una evolución en el método utilizado para contrastar las hipótesis iniciales que nos conducen hasta las estimaciones recientes basadas en análisis no paramétricos o las frecuentemente utilizadas estimaciones semiparamétricas.

Harbaugh, Levinson, and Wilson (2002), son los primeros economistas que ponen en tela de juicio los resultados que se habían obtenido hasta entonces. Mostraron que pequeñas variaciones en los datos observados, o especificaciones econométricas distintas hacía que los puntos de inflexión de la curva de Kuznets cambiaran.

Por otro lado, como mucho de los estudios que se han llevado a cabo se han basado en muestras de datos de panel, también participa del debate sobre la conveniencia de este

tipo de análisis para sacar conclusiones a largo plazo. Por lo que las conclusiones utilizando datos de panel tendrían un valor limitado.

Las primeras críticas se centraron en los datos utilizados y en saber si eran comparables los datos de países desarrollados y no desarrollados. Con el fin de hacer comparables los datos entre sí, en las estimaciones empíricas realizadas tomando datos de panel se han elegido aquellos países que presentan ciertas similitudes, con lo que sus resultados no son después trasladables a otro tipo de países. Es decir no permiten trasladar resultados desde aquellos obtenidos con países desarrollados sobre lo que pueda ocurrir en aquellos en vías en desarrollo Stern (2004)

Algunos de estos problemas de contaminantes se entendieron que se podían eliminar utilizando las emisiones de CO₂ o SO₂ como indicadores de polución.. Sin embargo tienen el inconveniente de que el desarrollo tecnológico per se ha conducido a que las emisiones de este tipo disminuyan. Es decir que las tecnologías más modernas emiten menos SO₂, y tienen pocos efectos negativos sobre la salud, por lo que las estimaciones que utilizan este indicador tienden a mostrar la existencia de la curva de Kuznets, pero no porque exista, sino por el avance tecnológico en sí mismo.

Además de la calidad de los datos utilizados, otro punto de discusión se ha venido centrando en la propia función utilizada para analizar la relación entre renta y polución. Es este sentido es necesario ir especificando que se encuentra detrás de una relación simple entre las dos variables. ¿Hay otras que influyen?, ¿Cuál es el sentido de la causalidad?...

Lo primero que se hizo fue introducir nuevas variables en la función que mostraba la relación entre renta y polución, como la densidad de población u otras, generalizándose el uso de una variables que a partir de entonces se ha considerado fundamental, “la calidad de las instituciones relacionadas con el cumplimiento de las normas medioambientales” Lo que se hizo por primera vez en el trabajo de Panayotou (1997)

Desde entonces se sucede un buen número de trabajo que tienden a mostrar que a medida que aumenta el ingreso se tiene una mayor provisión de bienes medioambientales. Si bien como afirma McConnell (1997) desde el punto de vista teórico, aunque eso sea cierto no por ello se tiene que cumplir la curva de Kuznets

Otras dos cuestiones de importancia son el sentido de la causalidad y la estacionariedad de la serie.

Los estudios iniciales no fueron demasiado formales en este punto, por lo que a menudo sus resultados no son consistentes, en el sentido de que las series utilizadas, sobre todo de renta, no eran estacionarias.

Por otro lado, la causalidad tampoco ha estado siempre bien definida. En este sentido no está claro que el aumento de renta conduzca a una disminución de polución. Es decir este sentido de la causalidad no está claro en muchos estudios. O bien porque no se hicieron, o porque los datos de panel eran temporalmente muy cortos o por otras razones. Pero lo cierto es que supone un problema que hay que tener en cuenta.

De esta manera, muchos de los resultados obtenidos dependen de las técnicas econométricas que se han empleado hasta ahora, y de los problemas que se han ido resolviendo, llegando a la conclusión que hay tanto estudios empíricos que muestran la existencia de esta curva y otros tantos que muestran lo contrario, dependiendo de las técnicas econométricas utilizadas.

5. Algunos estudios recientes

5.1. Energy consumption and income: a semiparametric panel data análisis

En este trabajo de Nguyen-Van (2010) la energía constituye un importante elemento explicativo de la curva de Kuznets, puesto que se entiende que para conseguir más renta es necesaria más energía, que es la mayor fuente de contaminación, por lo que sería el nexo entre polución y renta.

La mayoría de los estudios que muestran la relación entre renta y energía son de carácter paramétrico, y se construyen a partir de datos de panel. En ellos se muestra la existencia o no de estas relaciones entre energía y renta. Por otro lado, también hay numerosos estudios realizados en series temporales. En ellos se estudia el sentido de la causalidad, la estacionariedad de las series y la endogeneidad de las variables y siguen encontrándose todo tipo de causalidad.

Este estudio moderno introduce una forma nueva de estimar la relación entre renta y energía a través del análisis semiparamétrico aplicado a datos de panel. Si bien

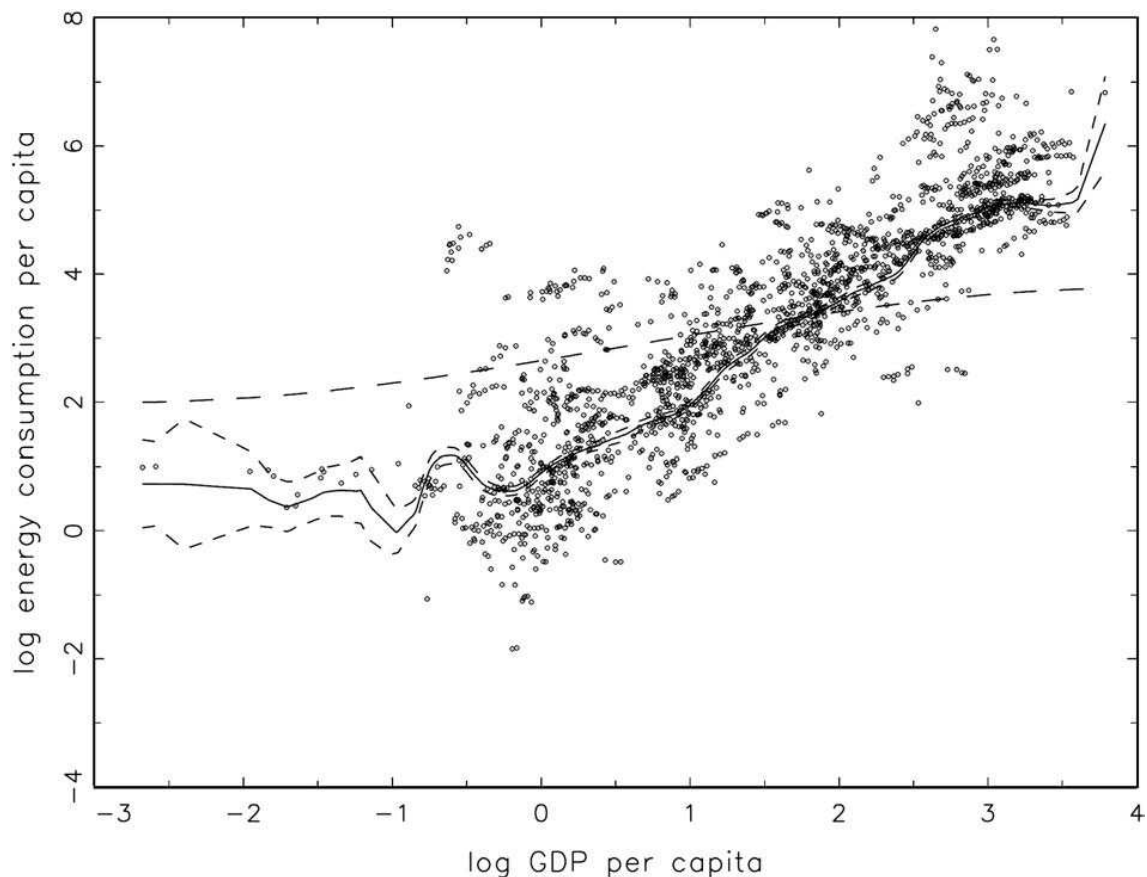
no puede analizar todavía la relación de causalidad entre renta y energía, pero si avanzar en la robustez de los resultados.

La función que estima es la siguiente:

$$y_{it} = m(x_{it}) + \alpha Z_{it} + u_{it}$$

donde y es el consumo de energía, x es el nivel de renta, m la función desconocida que hay que calcular y z son un conjunto de otras variables que afectan de forma lineal al consumo energético. Los datos se refieren a una muestra de 158 países o zonas territoriales en el periodo de 1980-2004.

Lo adecuado de esta función es que no especifica a priori que forma tiene la relación entre renta y consumo energético. La imagen refleja esta estimación no paramétrica.



La línea continua refleja la estimación semiparamétrica frente a una estimación tradicional que es la discontinua. El resultado es que cuando aumenta la renta aumenta significativamente el consumo energético, pero si los valores de renta son elevados se observa que tienden a aplanarse (entre 3 y 3,5) lo que puede ser un reflejo de políticas de ahorro energético o de carácter medioambiental.

La hipótesis de Kuznets no se cumple entonces. Incluso, el crecimiento del consumo energético cuando aumenta la renta es mayor de lo que esperan o resulta de los análisis tradicionales paramétricos, lo que implica que los países de gran crecimiento económico van a tener un gran consumo energético y por tanto van a ser fuente de una gran contaminación. Cuando los niveles de renta son muy elevados, se aplican políticas de ahorro energético tradicional y se reduce el consumo de energía y por ende el daño medioambiental. Por tanto si se quiere que disminuya el daño medioambiental, hay que proponer medidas de ahorro energético y de uso de fuentes alternativas.

5.2. The contribution of pollution to productivity growth

En este otro trabajo, realizado por Kalaitzidakis, Mamuneas y Stengos (2008) se analiza la relación entre la polución y el crecimiento económico a través de un análisis no paramétrico que permite observar las no linealidades de los datos. No se trata de ver como el aumento de la renta conlleva más o menos polución sino de ver como el aumento de la polución genera crecimiento económico, entendiendo que es necesario usar los bienes ambientales para producir y la polución es el coste del uso de esos bienes. Por esta razón, se entiende que la polución, medida en términos de emisiones de CO₂ genera crecimiento económico. En este trabajo se estima empíricamente esa relación a través de los datos de panel de una muestra de 18 países de la OCDE y para el periodo comprendido entre 1980 y 1998.

La función a estimar es la siguiente:

$$Y = A + \varepsilon_k K + \varepsilon_L L + \varepsilon_E E$$

Siendo Y la producción, K el capital físico, L el empleo y E el nivel de polución, y los valores ε las respectivas elasticidades.

A partir de ella se puede deducir el valor de TFP

$$TFP = Y - \varepsilon_k K - \varepsilon_L L = A + \varepsilon_E E$$

A la hora de estimar no establece ninguna relación funcional específica entre TFP y la E, sino que la estima de forma no paramétrica, a fin de no establecer a priori ninguna relación específica entre las variables. Por lo que la función anterior econométricamente la establece como la siguiente.

$$TFP_{it} = A_{it} + \theta(E_{it})E_{it} .$$

La estimación de la $\theta(E_{it})$ es la siguiente:

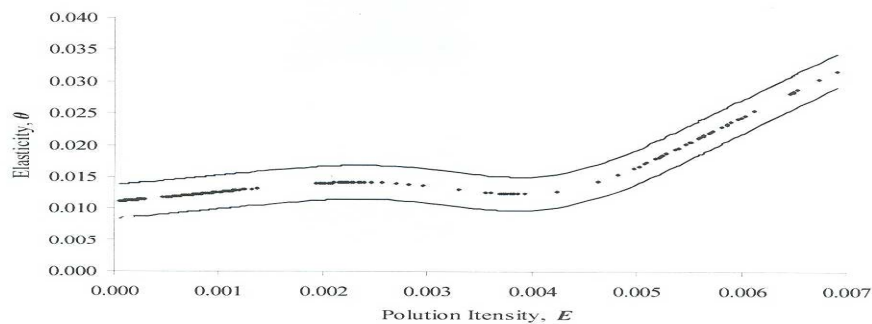


Figure 1: POLLUTION ELASTICITIES

A medida que aumenta la polución, la TFP crece, si bien la relación no es lineal. Cuando la intensidad de polución es baja la relación se mantiene prácticamente constante, pero cuando aumenta la intensidad de polución, la TFP crece muy rápidamente. Por lo que en cierta manera verifica la hipótesis de la curva de Kuznets. Ya que para alcanzar niveles más elevados de renta no es necesaria tanta polución. Es decir a partir de un punto, cuando crece la polución el crecimiento de la PTF es más intenso.

El estudio también halla los valores promedio de la elasticidad, de modo que esta es equivalente a 0,014. Esto significa que un aumento del 1 por ciento de la polución genera un aumento del 0,014 por ciento de la PTF. La contribución al crecimiento de la PTF es de 1,21 por ciento.

5.3. Growth and the pollution convergence hypothesis: a nonparametric approach

Al igual que los métodos anteriores, este estudio de Criado, Valente y Stengos (2009) se basan en estimaciones semiparamétricas. En este caso, la ecuación a estimar es la siguiente:

$$GPI_{i,t} = \alpha_1 + \alpha_2 D_i + \alpha_3 D_t + \sum f_j(x_{cj}) + \epsilon_{i,t}$$

Donde,

$GPI_{i,t}$ tasa de crecimiento de la polución del país i en el tiempo t

D_i = dummy que refleja que el país pertenece a la UE25

D_t = dummy que refleja que el país no pertenece a la UE25

$F(x)$ = son las funciones no lineales, que recogen el efecto sobre el crecimiento de la polución de 3 variables, nivel inicial de PIB per capita, nivel inicial de Polución y crecimiento del PIB

La primera gráfica ofrece los resultados de la estimación semiparamétrica utilizando como contaminante las emisiones de NO₂. Se observa una relación negativa entre el nivel inicial de contaminación y el crecimiento de la misma, de modo que a medida que el nivel de contaminación es mayor el crecimiento del mismo tiende a disminuir.

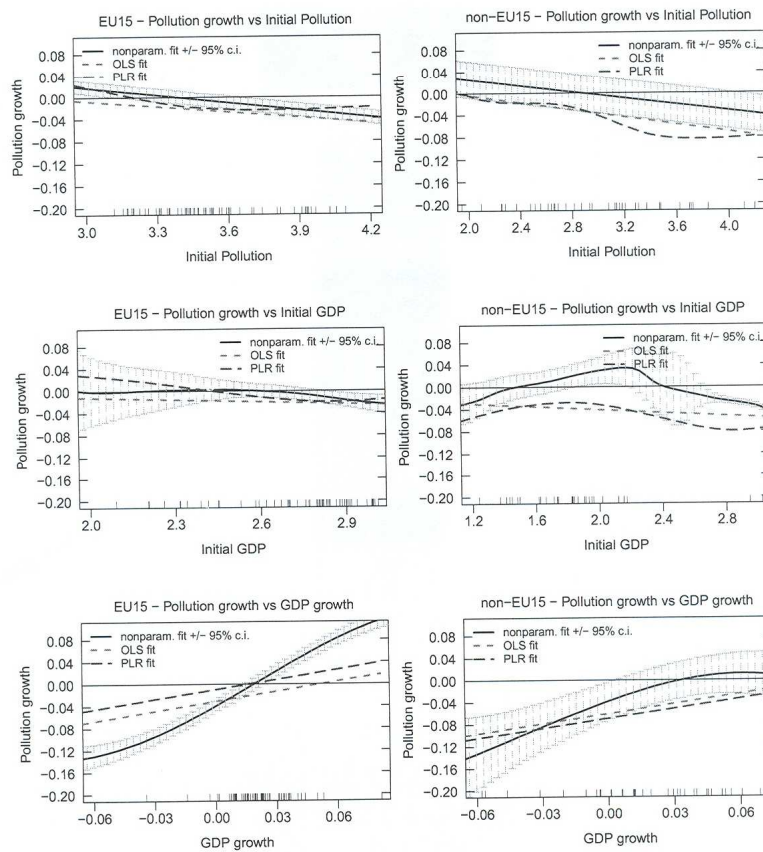
Por otro lado, la relación entre el nivel inicial de PIB per capita y crecimiento de la polución no parece ser muy claro, y además los intervalos de comienzo son amplios e irregulares. Por último, los últimos gráficos muestran la relación entre el crecimiento del PIB per cápita y el crecimiento de la polución. Los valores de la elasticidad son positivos, sin embargo parece que el crecimiento de la polución se atenúa conforme aumenta el crecimiento productivo. Esta observación es más clara en el caso de los países que no pertenecen a la UE15.

Al utilizar como indicador de la polución las emisiones de SO₂, observamos que los gráficos difieren frente a las estimaciones anteriores.

En primer lugar, a excepción del último caso, las estimaciones no paramétricas reflejan relaciones lineales. Los niveles iniciales de polución tienen un claro efecto negativo sobre el crecimiento de la misma. Con mayor efecto lineal en el caso de los países de la UE. Por otro lado, también hay una relación negativa clara entre el nivel inicial de PIB per capita y crecimiento de la polución. Así, conforme el nivel inicial de PIB per capita es mayor, inferior el crecimiento de la polución. Por último, hay una clara diferencia entre los países de la UE y los que no son, cuando se muestra la relación entre

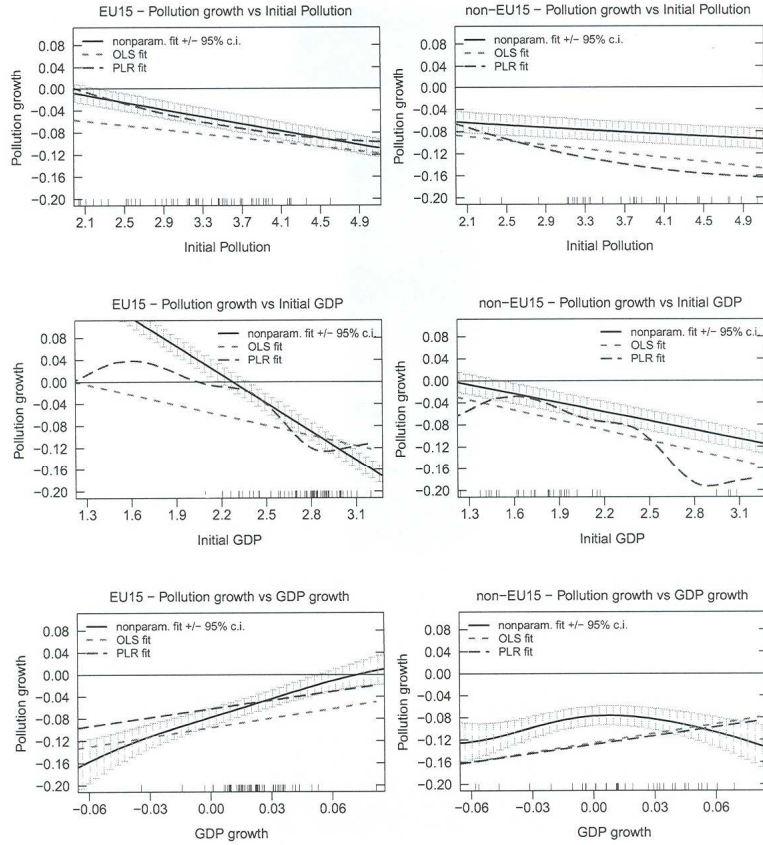
crecimiento del PIB per capita y el crecimiento de la polución. En los países que no pertenecen a la UE hay una clara relación de U invertida, que no se observa en los países de la UE.

Figure 3: Nonparametric partial regressions by EU15 status : NOX pollution growth vs. initial pollution levels and GDP.



Notes: Nonparametric regressions based on Racine and Li (2004). Partial regression estimates computed with the function `npregbw` from library `np`, v.0.30-0 with `bmethod="ls.cv"`, `regtype="U"`, `ukertype="lracine"`, `nmulti=50`. Confidence intervals are based on asymptotic standard errors.

Figure 6: Nonparametric partial regressions by EU15 status : SOX pollution growth *vs.* initial pollution levels and GDP.



Notes: Nonparametric regressions based on Racine and Li (2004). Partial regression estimates computed with the function `npregbw` from library `np`, v.0.30-0 with `bwmethod="ls.cv"`, `regtype="ll"`, `akertype="lracine"`, `nmulti=50`. Confidence intervals are based on asymptotic standard errors.

5.4. Investigating the energy-environmental kuznets curve

Por último, vamos a presentar el trabajo realizado por Luzzati y Orsini (2009) en el que investigan sobre la existencia o no de la curva de Kuznets, a partir del análisis de la relación entre energía y de la renta per cápita. A diferencia de otros análisis la medida de la presión ambiental está tomada en términos absoluto y no en términos per cápita. Por lo que la relación se establece entre consumo energético y renta per cápita. El análisis es realizado sobre 113 países desde 1971 a 2004. Realiza en primer lugar estimaciones semiparamétricas y después análisis paramétricos tradicionales. La ecuación a estimar en los análisis semiparamétricos es la siguiente:

$$E_{it} = \alpha_i + \beta t + g(\text{GDP}/\text{Pit}) + \epsilon_{it}$$

Que incluye una dummy temporal y por individuos, y $g(\cdot)$ es la función no paramétrica a calcular, que depende de la renta per capita.

Mientras que esa misma ecuación en términos paramétricos, la estima de la forma tradicionalmente utilizada. Para ello utiliza el método de mínimo cuadrados generalizados en presencia de heterocedasticidad y autocorrelación, con efectos fijos y tendencia temporal. La ecuación estimada se expresa de la siguiente forma:

$$\ln E_{it} = \alpha_i + \beta_0 t + \beta_1 \ln \text{GDP}/\text{Pit} + \beta_2 (\ln \text{GDP}/\text{Pit})^2 + \beta_3 (\ln \text{GDP}/\text{Pit})^3 + \epsilon_{it}$$

Los resultados semiparamétricos para el conjunto de la muestra incluyen un punto de inflexión que tiende a confirmar la hipótesis de Kuznets. No obstante el estudio advierte que eliminando de la muestra los países productores de petróleo, ese punto de inflexión desaparece cuando no se incluye la tendencia temporal, y aparece cuando esta se incluye, si bien en este caso, el consumo de energía sigue creciendo en base a la tendencia temporal, por lo que no se puede concluir que exista la curva de Kuznets.

Además el estudio incluye la representación de los datos de los países más significativos, con el fin de poder ver las claras diferencias que se observan entre los distintos países. Si bien es cierto, que en general se aprecia que a medida que aumenta el PIB per cápita se produce un aumento del consumo energético, con elasticidades también parecidas. No obstante, cabe la excepción de algunos países que puede observarse como un mismo nivel de PIB per cápita tienen distintos niveles de consumo energético, como Arabia Saudí, u otros como Alemania que a pesar de que crece el PIB per cápita tiene bastante estancado su consumo energético.

Las estimaciones paramétricas del estudio muestran que se produce un punto de inflexión, pero para un nivel de renta muy elevado, que actualmente no ha sido alcanzado por ningún país.

En términos generales, por tanto, no se evidencia que el crecimiento de la producción per capita conlleve a una menor polución, mostrando los datos que un aumento de la renta per capita aumenta la presión medioambiental global.

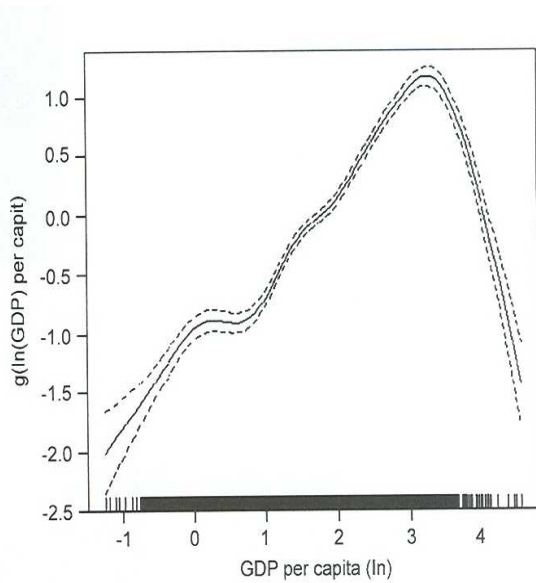


Fig. A.2. Semi-parametric regression of energy on GDP p.c. All countries.

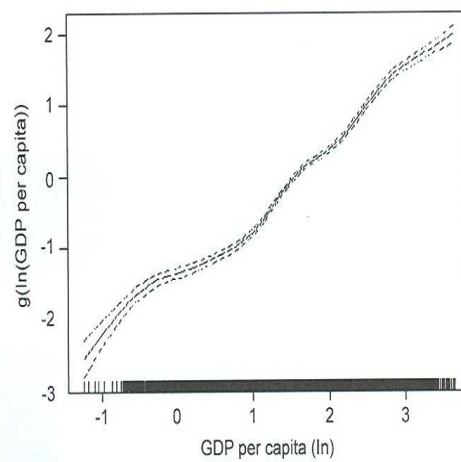


Fig. 1. Semi-parametric regression of energy on GDP p.c. (99 countries).

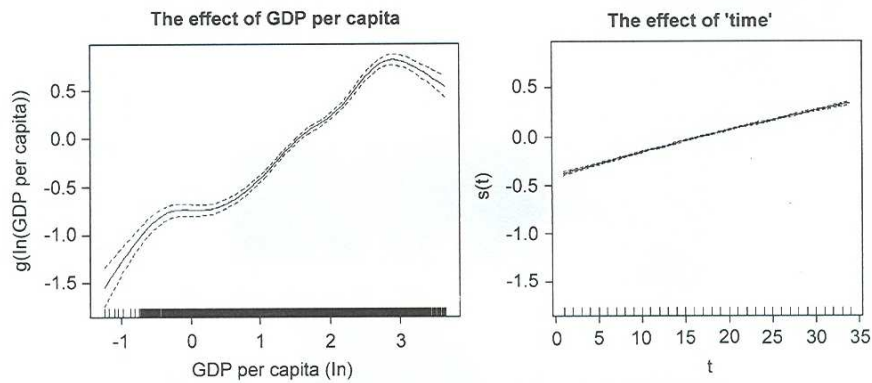


Fig. 2. The semi-parametric energy EKC with a deterministic time trend (99 countries).

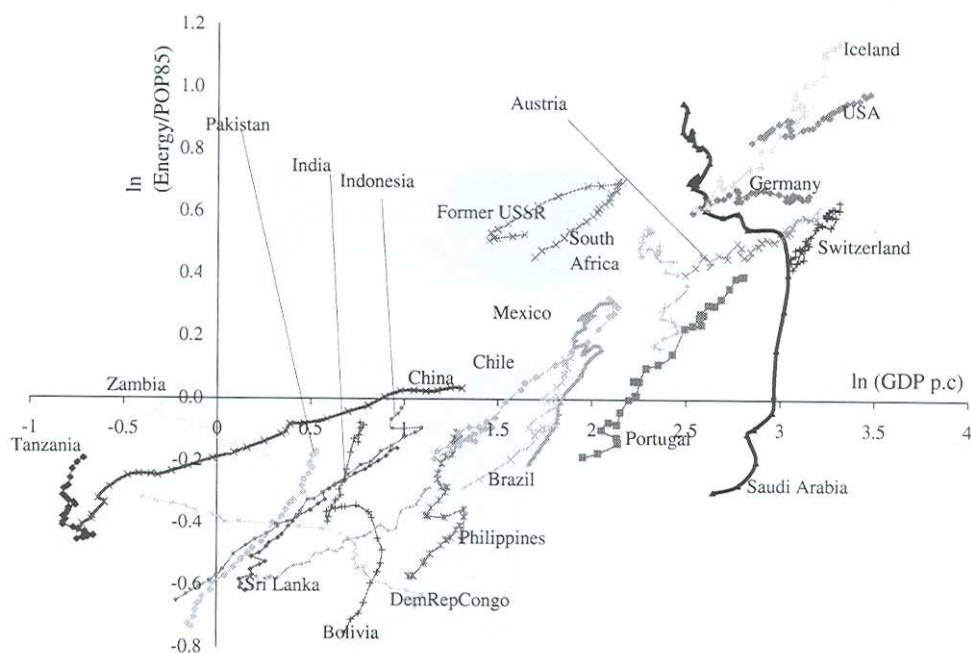


Fig. A.3. A sample of patterns.

Referencias

- Ansuetegui, A.; Barbier, E. y Perrings, C. (1997): “The environmental Kuznets curve”, en J.C.J.M. van den Bergh y M. Hofkes (eds.), *Theory and Implementation of Sustainable Development Modelling*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Antle, J. M. y Heidebrink, G. (1999): “Environment and Development: Theory and International Evidence”, *Environmental Economics and Development*.
- Antweiler, W.; Copeland, B. y Taylor, S. (2001): “Is Trade Good for the Environmental?” *American Economic Review*, 91, pp. 877-908.
- Arrow, K.; Bolin, B.; Costanza, R.; Dasgupta, P.; Folke, C.; Holling, C.S.; Jansson, B.O.; Levin, S.; Maler.; K.G. Perrings, C. y Pimental, D. (1995): “Economic growth, carrying capacity and the environment” *Ecological Economics*, 15 (2), pp. 91-95.
- Banco Mundial (1992) *Informe sobre el desarrollo mundial 1992: desarrollo y medio ambiente*. Oxford University Press. Primera Edición. USA.
- Baldwin, R. (1995): “Does sustainability require growth?” en I. Goldin y L. A. Winters (eds.), *The economics of sustainable development*, Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, pp. 19-45.
- Beckerman, W. (1992): “Growth and the environment: whose growth? whose environment?” *World Development* 20, pp. 481-496.
- Bimonte, S. (2001): “ Model of Growth and Environmental Quality. A New Evidence of the Environmental Kuznets Curve”, *Quaderni n. 321. Dipartimento di Economia Politica. Università degli Studi di Siena*.
- Bradford, D., Schlieckert, R. y Shore, S. (2000): “The Rnvironmental Kuznets Curve: Exploring a Fresh specification”, *NBER Working Paper*, 6739.

- Capó, J. (2008): “Crecimiento económico y contaminación atmosférica: nueva evidencia a favor de la Curva de Kuznets Ambiental”. III Congreso de la Asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales. Palma de Mallorca, 2008. pp. 1-19.
- Carson, R. T., Leon, Y. y McCubbin, D. R. (1997): “The relationship between air pollution emissions and income: US data”, *Environment and Development Economics*, vol. 2, pp. 433-450.
- Cole, M. A., Rayner, A. J. y Bates, J. M. (1997): The Environmental Kuznets Curve: an Empirical Análisis” *Environment and Development Economics*, vol. 2, pp. 401-416.
- Correa, F. (2004) “Crecimiento económico, desigualdad social y medioambiente: evidencia empírica para América Latina”, *Revista de Ingenieros Universidad de Medellín*, v.6, 010, pp. 11-30.
- Costa, D. (1997) *Less of a luxury: the rise of recreation since 1888*. National Bureau of Economic Research Working Paper 6054.
- Criado, Valente y Stengos (2009) Growth and the pollution convergence hypothesis: a nonparametric approach. WP 0908 Department of Economics. University of Guelph
- De Bruyn, S.M. (1999) *Economic growth and the environment: an empirical analysis*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-98.
- De Bruyn, S. M. y Heintz, R. J. (1999): “The environmental Kuznets curve hipótesis”, en Van Den Bergh, J. (ed.), *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edgard Elgar, Cheltenham, Reino Unido, pp. 656-677.
- De Castro, L. M. (2009): “Crecimiento económico y medioambiente”, *Economía Y Medio Ambiente. ICE*, 847, pp. 93-110.
- De la Calle, L. (1999) *Linkages between trade and environment policies*. WTO high level symposium on trade and environment. Marzo.
- Ekins, P. (1997) “The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence” *Environment and Planning A*, 29, pp. 805-830.
- Flores, N. E. y Carson, R. T. (1995): “The relationship between income elasticities of demand and willingness to pay”, *Discusión Paper 95-3*. University of California, San Diego.
- Giampietro, M. (1999) “Economic growth, human disturbance to ecological systems, and sustainability” en WALKER, L. R. (ed.), *Ecosystems of Disturbed Ground*, Elsevier, Amsterdam.
- Gitli, E. y Hernández, G. (2002) “La existencia de la curva de Kuznets ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales”. Serie Doc. de Trabajo 009-2002, CINPE (Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible), Costa Rica.
- Grossman, G.M. (1993): “Pollution and growth: what do we know?” CEPR Discussion Paper No. 848, October, Center for Economic Policy Research, London.
- Grossman, G. M. y Krueger, A. B. (1995): “Economic growth and the environment”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, pp. 353-378.

- Grossman, G.M. y Krueger, A.B. (1991) *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*, National Bureau of Economic Research, November. Working Paper N° 3914.
- Harbaugh W. T., Levinson A., Wilson D. M. (2002) Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve. *Review of Economics and Statistics* 84:541–51.
- Hettige, H. Mani, M. y Wheeler, D. (1998) *Industrial pollution in economic development*. The World Bank Development Research Group. Policy Research Working Paper 1876. Junio.
- Holtz-Eakin, D. y Selden, T. M. (1995): “Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth” *Journal of Public Economics*, vol. 57, pp. 85-101.
- Jaeger, W. (1998): “A Theoretical Basis for the Environmental Inverted-U and Implications for International Trade”, *Department of Economics, Williams College*. Presentado en The NBER Universities-Research Conference on “Trade, the Environment, and Natural Resources”.
- Kalaitzidakis P., Mamuneas T.P. y Stengos, T (2008) The contribution of pollution to productivity growth. WP 06-08. The Rimini Centre for Economic Analysis.
- Kauffman, J.B., Cummings, D.L. y Ward, D. E. (1998) “Fire in the Brazilian Amazon. 2. Biomass, Nutrient Pools and Losses in Cattle Pastures”, *Oecologia*, 113, pp. 415-427.
- Kuznets, S. (1955) “Economic growth and income inequality”, *American Economic Review*, 45, pp. 1-28.
- Lucas, R., Wheeler, D. y Hettige, H. (1992) “Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution: 1960-88”. In P. Low (Ed.), *International trade and the environment*. Washington D.C.: World Bank.
- Luzzati, T y Orsini, M. (2009) Investigating the energy-environmental Kuznets curve. *Energy* 34:291-300.
- McConnell, K. (1997) “Income and demand for environmental quality”, *Environment and Development Economics*, vol. 2. pp. 383-399.
- Meadows, D.H., Meadows, D. L., Randers, J. y Behrens III, W. (1972): *The Limits to Growth*, New York, Universe Books.
- Nguyen-Van (2010) Energy consumption and income: A semiparametric panel data analysis *Energy Economics* 32 (3): 557-563
- Panayotou, T. (1993): “Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development”, *Working Paper WP238*, Technology and Employment Programme, International Labor Office. Geneva.
- Panayotou T. (1997) Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a *black box* into a policy tool. *Environment and Development Economics* 2:465–84.
- Panayotou, T. (2003): “Economic Growth and the Environmental”, Paper prepared for and presented at the Spring Seminar of the United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, March 3, 2003.
- Pearson, P. (1994): “Energy, externalities and environmental quality: will development cure the ills it creates?” *Energy Studies Review*, 6 (3), pp.: 199-215.

- Pereyra, A. y Rossi, M. (1996) *Los bienes ambientales, ¿constituyen un bien de lujo?*, Universidad de la República, Uruguay.
- Roca, J. y Padilla, E. (2003) “Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el protocolo de Kyoto”, *Economía industrial* 351, pp. 73-86.
- Rothman, D.S. (1998) “Environmental Kuznets curve-real progress or passing the buck?” *Ecological Economics*, Vol. 25, N°2.
- Selden, T. M. y Song, D. (1994): “Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?” *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, pp. 147-162.
- Selden, T. M. y Song, D. (1995) “Neoclassical Growth, the Curve for Abatement and the Inverted U curve for Pollution”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, pp. 147-162.
- Shafik, N. (1994): “Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis” *Oxford Economic Papers*, 46, pp. 757-773.
- Shafik, N. y Bandyopadhyay, S. (1992) *Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence*. Washington D.C.: World Bank.
- Schipper L. (2000) “On the rebound: the interaction of energy efficiency, energy use and economic activity. An introduction”, *Energy Policy*, 28, pp. 351-353.
- Stagl, S. (1999) *Delinking economic growth from environmental degradation? A literature survey on the environmental Kuznets curve hypothesis*. Wirtschaftsuniversitat Wien. Working Paper Series.
- Stern, D. I. (1997): “Progress on the environmental Kuznets curve?”, *Working Paper in Ecological Economics*, 9601, CRES, Australian National University, Canberra.
- Stern, D. I.; Common, M. S.; y Barbier, E. B. (1997): “Economic growth and environmental degradation: a critique of the environmental Kuznets curve”, *World Development*, vol. 24, pp. 1151-1160.
- Stern, D. y Common, M. (2001) “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?” *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, pp. 162-178.
- Stern D. (2004) The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development* 32:1419–39.
- Stokey, N. L. (1889): “Are There Limits to Growth?” *International Economic Review*, 39, pp. 1-31.
- Suri, V. y Chapman, D. (1998) “Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve”. *Ecological Economics*, 25, 2.
- Torras, M. y Boyce, J. K. (1998): “Income, inequality and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve”, *Ecological Economics*, vol. 25, pp. 147-160.
- Vincent, J. R. (1997): “Testing for environmental Kuznets curves within a developing country” *Environment and Development Economics*, vol. 2, pp. 417-431.