

# CRECIMIENTO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTE: UNA REVISIÓN ANALÍTICA DE LA HIPÓTESIS DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS<sup>1</sup>



Grupo de Economía Ambiental (GEA)

Francisco Correa Restrepo



## ■ RESUMEN

La hipótesis de la Curva Medio Ambiental de Kuznets explora la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental, intentando demostrar que a corto plazo el crecimiento económico genera un mayor deterioro medio ambiental, pero en el largo plazo, en la medida que las economías son más ricas, se plantea que el crecimiento económico es beneficioso para el medio ambiente, esto es, la calidad del medio ambiente mejora con el incremento en el ingreso. Sin embargo, tal evidencia se ha encontrado sólo en países desarrollados. Ahora, basados en una evidencia empírica, este estudio explora la validez de la hipótesis de la Curva Medio Ambiental de Kuznets para Colombia, analizando adicionalmente el impacto que variables como la distribución del ingreso, los derechos civiles y las libertades políticas y la densidad de población generan sobre el medio ambiente. Finalmente, se concluye que Colombia, a diferencia de los países desarrollados, se encuentra en la fase creciente de la curva medio ambiental de Kuznets, es decir que todo crecimiento económico se está traduciendo en un mayor deterioro ambiental.

**Palabras clave:** PIB per cápita, contaminación, distribución del ingreso, sistemas políticos, impactos ambientales, crecimiento económico, política ambiental.

## ■ ABSTRACT

The hypothesis of Kuznets' Environmental Curve explores the existing relationship between the economical growth and the environmental quality, in an attempt to show that on the short run, the economical growth generates a greater environmental deterioration while on the long run, the richer the economies get, the more beneficial the economical growth becomes for the environment, that is, the quality of the environment improves with the increase of income. Nevertheless, such evidence has only been found in developed countries. Now based upon an empirical evidence, this study explores the validity of the hypothesis of Kuznets' Environmental Curve for Colombia, furthermore analyzing the impact generated on the environment by some variables such as the income distribution, civil rights, political liberties and population density. Finally, it is concluded that Colombia, contrary to developed countries, is in the growing phase on Kuznets' Environmental Curve, that is, every economical growth is being translated into a greater environmental deterioration.

## INTRODUCCIÓN

El medio ambiente se convirtió en una cuestión de importancia internacional en 1972, cuando se celebró en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. En los años subsiguientes, las actividades encaminadas a integrar el medio ambiente en los planes de desarrollo y en los procesos de adopción de decisiones en el plano na-

cional no llegaron muy lejos. Aunque se avanzó algo respecto de cuestiones científicas y técnicas, se siguió soslayando la cuestión del medio ambiente en el plano político y se fueron agravando, entre otros problemas ambientales, el agotamiento del ozono, el calentamiento de la Tierra y la degradación de los bosques.

Cuando las Naciones Unidas establecieron la Comisión Mundial sobre el Medio

Ambiente y el Desarrollo en 1983, era evidente que la protección del medio ambiente iba a convertirse en una cuestión de supervivencia para todos. La Comisión presidida por Gro Harlem Brundtland (Noruega) llegó a la conclusión de que para satisfacer «las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias» la protección del medio ambiente y el crecimiento económico habrían de abordarse como una sola cuestión.

Sin embargo, la relación entre crecimiento económico y medio ambiente ha sido polémica durante mucho tiempo, por los diversos planteamientos existentes en torno a tal relación. Algunos economistas y muchos científicos no economistas han argumentado que un incremento del Producto Interno Bruto (PIB) dañará el ambiente natural sin duda alguna. De hecho, durante las últimas décadas, el crecimiento económico se ha dado, gracias a un incremento en el uso de energía y a una mayor utilización de los recursos naturales. Otros economistas han sostenido que la economía puede crecer por siempre sin dañar la calidad del medio ambiente. Así, el progreso técnico es considerado como un factor crítico para la reconciliación entre crecimiento y medio ambiente. Esta última perspectiva establece que la relación medio ambiente-creci-

miento económico se puede plantear como una curva en forma de U invertida<sup>2</sup>. En efecto, algunos estudios, como Grossman y Krueger (1995), Harbaugh *et al* (1995) y Selden y Song (1994), han mostrado que para el caso de algunos indicadores ambientales la relación entre ellos y el crecimiento económico (medido a partir del ingreso per cápita) se comporta en forma de U invertida. Sin embargo, esta hipótesis ha sido criticada por considerar que el crecimiento económico por sí mismo no puede llevar a una mejor calidad ambiental (De Bruyn, 2000). Al respecto Magnani (2000) afirma que los estudios acerca de la relación entre niveles de ingreso per cápita y presión ambiental, particularmente emisiones de contaminación, han revelado comportamientos claros: los niveles de emisión generalmente declinan para niveles más altos de ingreso per cápita. Sin embargo, plantea que el poder explicatorio de un polinomio en el PIB per cápita en las regresiones econométricas para la calidad ambiental cae significativamente cuando nos movemos desde los países pobres hasta los países de más altos ingresos.

A partir de lo anterior, este estudio tiene como objetivo realizar un análisis del debate medio ambiente *vs* crecimiento económico y establecer un estado del arte de los estudios realizados en torno a la

hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. De esta manera, este trabajo en su primera sección establece los antecedentes del debate de la relación crecimiento económico y medio ambiente. A continuación, la segunda sección plantea uno de los modelos teóricos en el que se sustenta la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. En la sección tercera se realiza un estado del arte de la literatura económica en torno a la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, en donde se establecen las explicaciones propuestas desde la literatura de la economía ambiental para la hipótesis de la EKC. Además, en esta sección se aborda una revisión analítica de los diversos estudios empíricos, realizados en el mundo, de la relación medio ambiente-crecimiento, se describen los aspectos metodológicos de esos estudios y se explican los diversos resultados empíricos encontrados.

La primera ola de conciencia ambiental, la cual comenzó en la década de 1960, fue iniciada por los científicos preocupados quienes advirtieron acerca del surgimiento de catástrofes ecológicas.



Ahora, la sección cuatro establece la relevancia de los resultados empíricos de la hipótesis de la EKC. Por último, la sección cinco establece las principales conclusiones de este trabajo.

## **1. REVISIÓN DE LOS ENFOQUES DE ESTUDIO DE LA RELACIÓN MEDIO AMBIENTE-CRECIMIENTO ECONÓMICO**

Durante las últimas tres décadas los efectos del crecimiento económico sobre la calidad ambiental han sido debatidos intensamente en los círculos científicos y políticos. En especial, el debate científico se ha desarrollado rápidamente durante este periodo y sólo puede ser entendido en conexión con los desarrollos de la sociedad. La primera ola de conciencia ambiental, la cual comenzó en la década de 1960, fue iniciada por los científicos preocupados quienes advirtieron acerca del surgimiento de catástrofes ecológicas. La atención pública y científica fue atraída a los orígenes del deterioro ambiental. Frente a este deterioro, el crecimiento económico fue el primer sospechoso. Lo anterior, dio lugar a varias contribuciones científicas que trataron las cuestiones del crecimiento económico y su relación con el medio ambiente, las cuales fueron abordadas desde diversas perspectivas teóricas (Boulding, 1966, Mishan, 1967,

Georgescu-Roegen, 1971, Beckerman, 1972 y Daly, 1977). Las conclusiones de esas investigaciones teóricas variaron ampliamente y retomaron las distintas posiciones planteadas en el debate crecimiento económico *versus* medio ambiente. Las interpretaciones de tales conclusiones son obstaculizadas por el hecho de que éstas no ofrecen más que respuestas axiomatizadas a la cuestión de si el crecimiento económico es perjudicial o beneficioso para la calidad ambiental. En este sentido, se plantea que los diferentes conjuntos de supuestos subyacentes a las perspectivas teóricas no pueden ser verificados empíricamente<sup>3</sup>. Las diversas perspectivas teóricas sólo han ilustrado los mecanismos importantes que forjan la relación entre crecimiento y medio ambiente, pero no han resuelto las controversias en el debate.

Con la invención y difusión de la tecnología del computador, la argumentación científica en el debate en cuestión entró en una nueva fase: el pronóstico de la calidad ambiental usando modelos basados en los computadores (por ejemplo, Meadows *et al*, 1972 y Barney *et al*, 1980). Ahora, en respuesta al gran impacto de los modelos computables, los economistas empezaron a incorporar los aspectos ambientales en sus modelos micro y macroeconómicos (por ejemplo, Solow

1974, Dasgupta y Heal, 1979). Sin embargo, ninguno de esos modelos resolvió las controversias en el debate crecimiento económico *versus* medio ambiente. Stokey (1998), revisando los distintos enfoques de modelación, argumenta que la influencia del crecimiento económico sobre el medio ambiente parece un asunto de las matemáticas: en algunos modelos el crecimiento económico es incompatible con un nivel estable de calidad ambiental, mientras que en otros modelos el crecimiento económico y un medio ambiente limpio pueden ser logrados conjuntamente. Así, la validación empírica de esos modelos ha seguido siendo un tema desconocido hasta ahora (Rotmans, 1998).

Desde principios de la década de 1990, un amplio rango de datos ambientales ha estado disponible a través de diversas estaciones de monitoreo y de diferentes compilaciones de datos construidas en las oficinas nacionales de estadística. Esto condujo a una nueva y desafiante fase en el debate crecimiento económico *versus* medio ambiente: la validación empírica de la influencia del crecimiento económico sobre la calidad ambiental. Los estudios de Grossman y Krueger (1991, 1995), Shafik y Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993) y Selden y Song (1994) mostraron que hay una relación en forma de U invertida entre diversos tipos de contaminan-

tes y niveles de ingreso. Este planteamiento sugiere que la calidad ambiental inicialmente se deteriora pero, una vez que los países han alcanzado un nivel suficiente de riqueza, la contaminación empieza a declinar.

Según esta visión neoclásica, no hay ningún mecanismo automático y, por tanto, no hay una relación inevitable entre niveles de ingreso y problemas ambientales particulares. El comportamiento de cada problema ambiental particular probablemente se reflejará por las fuerzas del mercado y por los cambios en las políticas y regulaciones medio ambientales (Lim, 1997).

Panayotou (1993) ha llamado a esta curva en forma de U invertida «la curva ambiental de Kuznets» (EKC, en sus siglas en inglés, Environmental Kuznets Curve), la cual, desde entonces, se convirtió en el término base en la literatura<sup>4</sup>. La EKC ha dado crédito a la sugerencia de que sería posible "desvincular" la presión ambiental del crecimiento económico (World Bank, 1992)<sup>5</sup>. Sin embargo, la evidencia empírica obtenida hasta ahora tampoco ha sido capaz de resolver las controversias en el debate crecimiento *versus* medio ambiente. Algunos economistas han afirmado que la EKC respalda la idea de que el crecimiento económico mejora la calidad ambiental. Como la curva

ambiental de Kuznets muestra que en economías desarrolladas los mayores ingresos están correlacionados con menores niveles de contaminación, la recomendación de política pública sería estimular el crecimiento económico ya que esto podría resultar en más baja contaminación (Beckerman, 1992). Grossman y Krueger (1995) han interpretado la EKC como una señal de que la política ambiental es dirigida más eficazmente en una economía que está creciendo, ya que el crecimiento económico estimula la demanda –desde el punto de vista político– por recursos ambientales y provee los recursos para llevar a cabo medidas de protección ambiental. Otros, como Opschoor (1992), han argumentado que las reducciones eventuales en la presión ambiental son sólo fenómeno temporal que cesará una vez que han sido agotadas las oportunidades tecnológicas para mayores reducciones o cuando estas tecnologías resulten demasiado costosas. Por otra parte, Arrow *et al* (1995) han planteado que nada ha sido probado todavía: aunque la EKC puede mostrar que la política ambiental es efectiva en la reducción de algunos tipos de contaminación, esto no está asociado con las características fundamentales de la calidad ambiental, tales como la resiliencia de los ecosistemas y las capacidades de carga de la tierra.

La evidencia empírica obtenida hasta ahora ha sido analizada de diferentes formas. Ahora, estas diversas interpretaciones han sido posibles debido a que la EKC, como resultado empírico, sólo describe la relación histórica entre ingreso y alguno tipos de contaminación, pero no ofrece una explicación. En este sentido, De Bruyn (2000) plantea que una simple descripción no facilita la percepción de cuál ha sido la principal causa de las reducciones observadas en los niveles de contaminación, ¿Será el crecimiento económico o la política ambiental? o más bien serán otros factores, como la población, el nivel de conciencia ambiental o la desigualdad económica y política? En la ausencia de un conocimiento de por qué la EKC existe, poco es lo que puede decirse acerca de sus implicaciones. Para De Bruyn (2000), la literatura empírica establecida hasta ahora sobre la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets no permite analizar si las reducciones en contaminación son temporales o no, y si el crecimiento económico ha contribuido a la disminución en la contaminación o no<sup>6</sup>.

No obstante, la EKC ha ganado importancia en la investigación económica, debido la creciente necesidad de abordar la problemática del deterioro ambiental del mundo. Así, la curva ambiental de Kuznets se convierte en un punto de referencia

para profundizar en el estudio de la relación medio ambiente-crecimiento económico y, consecuentemente, para avanzar en el diseño de políticas públicas que busquen mitigar el deterioro del medio ambiente y la sobre utilización de los recursos naturales. Ante lo anterior, es necesario analizar el marco teórico sobre el cual se ha desarrollado la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets ya que dicha hipótesis se ha convertido en un referente obligado para abordar el debate en torno a la relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente. Es importante también establecer el estado del arte en torno a la evidencia empírica de la hipótesis mencionada, así como las críticas establecidas y los diversos planteamientos alternativos que se han propuesto. Los siguientes capítulos abordan estos temas.

## **2. EL MODELO TEÓRICO PARA LA HIPÓTESIS DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS**

El modelo propuesto por Andreoni y Levinson (1998) para la justificación teórica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets parte del supuesto simplificador de una economía de un sólo individuo. Para estos autores este supuesto es útil por dos razones. La primera es su simplicidad. La segunda razón, y más importante, es que en el modelo de una perso-

na no hay externalidades, así cualquier solución puede ser interpretada como una solución pareto-eficiente. En primer lugar, supóngase que el único agente obtiene utilidad del consumo de un bien privado, denotado por  $C$ , y de un mal público llamado contaminación,  $P$ . Así, las preferencias pueden ser descritas como:

$$U = U(C, P), \quad (1)$$

Donde  $U_C > 0$  y  $U_P < 0$ , y  $U$  es cuasicóncava en  $C$  y en  $-P$ . Con una sola persona, la distinción entre  $P$  como un mal público o privado es irrelevante.

A continuación, se discute la tecnología que genera a  $C$  y a  $P$ . Para Andreoni y Levinson (1998), parece natural asumir que la contaminación es un subproducto del consumo. Ahora, supóngase, adicionalmente, que el consumidor tiene un medio por el cual puede mitigar la contaminación a través del gasto en recursos en descontaminación o, equivalentemente, en prevenir contaminación en diversos sectores. Estos recursos se denominarán esfuerzo ambiental,  $E$ . Así, la contaminación depende positivamente del consumo y negativamente del esfuerzo ambiental:  $P = P(C, E)$  (2). Donde  $P_C > 0$  y  $P_E < 0$ . Finalmente, se supone que una dotación limitada de recursos,  $M$ , puede ser gastada en  $C$  y  $E$ . Por simplicidad se normalizarán los costos relativos de  $C$  y  $E$  para

ser 1. Por tanto, la restricción de recursos es simplemente:  $C + E = M$ . Para ilustrar lo anterior, considérese el siguiente ejemplo:

$$U = C - zP \quad (3)$$

$$P = C - C^\alpha E^\beta \quad (4)$$

La utilidad en (3) es lineal y aditiva en  $C$  y  $P$ , y  $Z > 0$  es la desutilidad marginal constante de la contaminación. Ahora, en (4) la contaminación tiene dos componentes. El primero,  $C$ , es la contaminación bruta antes de la reducción de la contaminación y es directamente proporcional al consumo. El segundo término de (4),  $C^\alpha E^\beta$ , representa "la reducción en contaminación". De esta manera, la ecuación (4) indica que el consumo causa contaminación en una proporción uno a uno, pero que los recursos gastados en esfuerzo ambiental reducen esa contaminación mediante una función de producción clásica cóncava<sup>7</sup>. Ahora, se iniciará con el caso donde  $z = 1$ . Sustituir (4) en (3) implica que el individuo está maximizando  $C^\alpha E^\beta$  sujeto a  $C + E = M$ . Por tanto, el consumo y el esfuerzo ambiental tienen soluciones tipo Cobb-Douglas:

$$C^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M \quad \text{y} \quad E^* = \frac{\beta}{\alpha + \beta} M \quad (5)$$

La cantidad óptima de contaminación es entonces:



$$P^*(M) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M - \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^\alpha \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^\beta M^{\alpha + \beta} \quad (6)$$

La derivada de la ecuación (6) representa la pendiente de la curva ambiental de Kuznets,

$$\frac{\delta P^*}{\delta M} = \alpha - (\alpha + \beta) \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^\alpha \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^\beta M^{\alpha + \beta - 1} \quad (7)$$

El signo de esta derivada depende de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ .

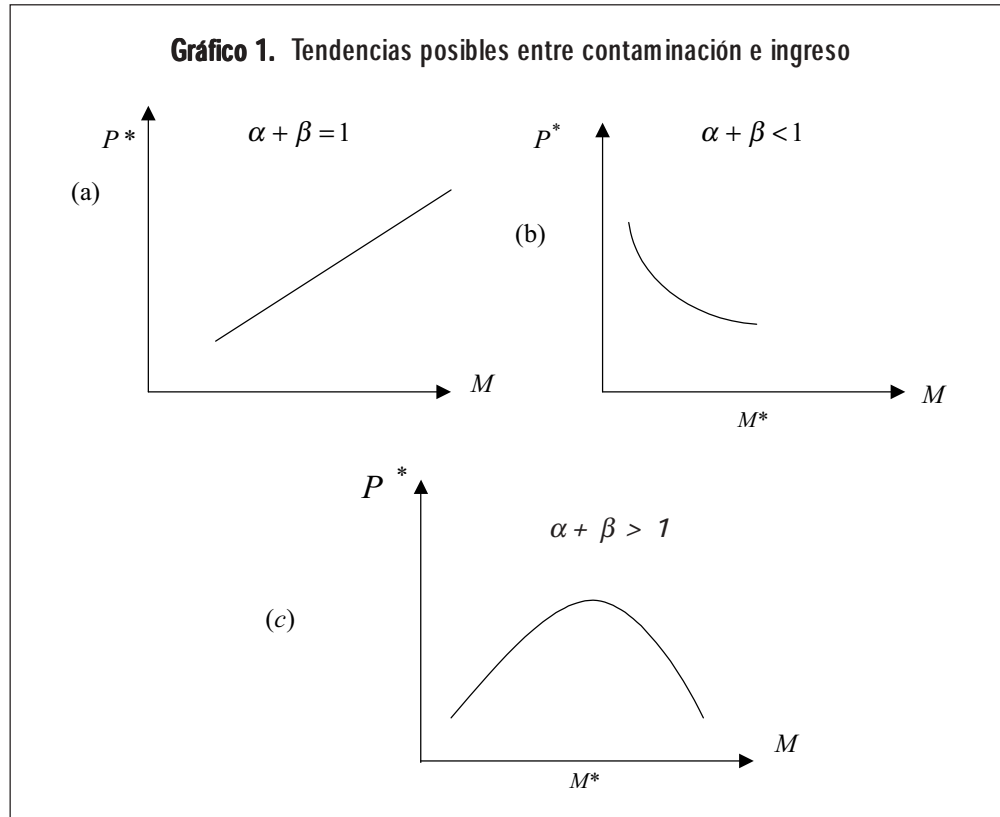
Ahora, cuando  $\alpha + \beta = 1$ , el esfuerzo gastado en reducción de la contaminación tiene retornos constantes a escala, y por tanto  $\frac{\delta P^*}{\delta M}$  es constante. Por otra parte, como  $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ , entonces  $P^*$  aumenta con  $M$  y, por tanto, no hay una proporción de la curva contaminación-ingreso con pendiente decreciente, como lo indica el gráfico 1 (a).

Cuando  $\alpha + \beta \neq 1$ , la segunda derivada de la ecuación (6) es:

$$\frac{\delta^2 P^*}{\delta M^2} = -(\alpha + \beta - 1)(\alpha + \beta) \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^\alpha \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^\beta M^{\alpha + \beta - 2} \quad (8)$$

Así, si  $\alpha + \beta < 1$ , de modo que la tecnología de reducción de contaminación exhibe retornos decrecientes a escala, por lo que  $P^*(M)$  es convexa, tal como se muestra en el gráfico 1(b). Así mismo, si  $\alpha + \beta > 1$ , de forma tal que la tecnología en reducción de contaminación presenta retornos crecientes a escala, entonces  $P^*(M)$  es cóncava, como se observa en el gráfico 1(c). Esta última situación es la descrita por la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.

Ahora, se va a considerar qué sucede cuando  $z \neq 1$ . En esta situación el álgebra es un poco más compleja. Sin embargo, el resultado se mantiene: la curva óptima ingreso-contaminación es una curva en forma de U invertida si y sólo si la tecnología de reducción de contaminación tiene retornos crecientes a escala (para el ejemplo, si y sólo si  $\alpha + \beta > 1$ ). Así, resolviendo por la condición de primer orden y reordenado términos se obtiene:



$$C^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M + \frac{(1-z)}{z(\alpha + \beta)C^{\alpha-1}(M-C)^{\beta-1}} \quad (9)$$

$$C^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M + B \frac{(1-z)}{z}, \text{ Donde } B > 0.$$

Si  $z < 1$ , entonces  $C^*$  es más grande en (9) que en (5) y la contaminación es, correspondientemente, más grande a cada nivel de ingreso. Si  $z > 1$ , la gente tiene una alta desutilidad de la contaminación y, de esta manera,  $C^*$  y  $P^*$  son más pequeños. Aunque los valores absolutos de  $C^*$  y  $P^*$  cambian en respuesta a cambios en  $z$ , las implicaciones para la senda ingreso-contaminación en formas de U invertida siguen siendo las mismas.

Hasta ahora, el modelo se ha mantenido con preferencias simples con el fin de centrar la atención en los efectos de la tecnología. La curva en forma de U invertida, en este modelo, no depende de que el consumo o la carencia de contaminación sean bienes inferiores, ni depende de que las preferencias cambien con los cambios en el ingreso. Más que esto, depende de la articulación tecnológica entre un bien (consumo) y un mal (la contaminación). La articulación crítica es que el consumo del bien genera contaminación, y que el gasto en recursos en tecnologías limpias aminora dicha contaminación. Para Andreoni y Levinson (1998) los individuos con altos

ingresos demandan más consumo y menos contaminación. Ahora, en este modelo, cuando la reducción es posible con retornos crecientes a escala, los individuos con altos ingresos pueden lograr más fácilmente ambas metas.

Para finalizar, se describen a continuación las condiciones generales suficientes para la existencia de la relación ingreso contaminación en forma de U Invertida. Para ello considérese una versión general del modelo presentado anteriormente:

$$U = U(C, P) \quad (10)$$

$$P = C - A(C, E)$$

$$P = C - A(C, M - C)$$

Donde  $A(\cdot)$  es la función de producción de reducción de contaminación, la cual es una función creciente con respecto al esfuerzo ambiental y a la contaminación existente generada por el consumo. En este caso general, se pueden definir condiciones suficientes relativamente débiles para que la relación óptima ingreso-contaminación tenga forma de U invertida. Para lo anterior, Andreoni y Levinson (1998) plantean el siguiente teorema:

**Teorema:** Asúmase que la función de utilidad  $U = (C, P)$  es cuasi cóncava en  $C$  y en  $-P$ , y que éstos son bienes normales. Entonces si existe un valor  $\theta$  tal que:

$$\lim_{C \rightarrow M} R(c) = \frac{\delta U(C, 0) / \delta C}{\delta U(C, 0) / \delta P} \geq \theta > -\infty \quad (11)$$

y además se tiene que la función de reducción de contaminación  $A(C, M - C)$ , planteada en (10), es cóncava y homogénea de grado  $k > 1$ , donde  $A(0, x) = A(x, 0)$  para todo  $x$ , entonces para alguna combinación de niveles de utilidad y tecnología de reducción de contaminación que produzca niveles positivos de contaminación, para algún nivel de ingreso, la contaminación óptima eventualmente declinará de nuevo a cero para algún nivel de ingreso suficientemente alto.

Nótese que esta afirmación equivale a una descripción de una curva ambiental de Kuznets. Cuando  $M = 0$ , el consumo y la contaminación son cero, por definición. La declaración anterior establece que para algún  $M$  grande, la contaminación óptima también será cero. Por tanto, para cualquier parametrización de la utilidad y de la tecnología de reducción de contaminación que lleve a una contaminación positiva para algún nivel de ingreso, la senda de contaminación óptima debe incrementarse desde cero hasta cierto punto máximo, pero luego disminuirá de nuevo a cero, que es exactamente, según Andreoni y Levinson (1998), el comportamiento observado empíricamente en la

Una de las explicaciones para la existencia de la curva ambiental de Kuznets es que el medio ambiente puede ser pensado como un bien de lujo.



relación entre diversos indicadores de la calidad ambiental y el crecimiento económico<sup>8</sup>.

Ahora, al considerar un modelo de agente representativo, se ha ignorado el hecho de que muchos problemas ambientales involucran externalidades. Sin embargo, según Andreoni y Levinson (1998) este modelo puede fácilmente ser generalizado para incorporar externalidades. En este sentido, los autores afirman que el creciente número de consumidores no cambia las implicaciones con respecto a la forma de la trayectoria de la relación ingreso-contaminación. Para estos economistas, la forma de esta relación depende, principalmente, de la tecnología de reducción de la contaminación y no del número de contaminadores ni de las utilidades marginales relativas del consumo y la calidad ambiental, ni tampoco de las externalidades<sup>9</sup>. Para Andreoni y Levinson (1998) otras variables explicativas pueden ser suficientes pero innecesarias para ex-

plicar los comportamientos observados empíricamente.

No obstante, Andreoni y Levinson (1998) plantean que este modelo no respalda el argumento de que las sendas contaminación-ingreso justifican las actitudes de *laissez-faire* hacia la contaminación, o que el crecimiento económico por sí sólo resolverá los problemas de contaminación. Más que eso, ellos afirman que, en ausencia de regulaciones ambientales, la trayectoria ingreso-contaminación puede bien tener una forma de U invertida, sin embargo la cantidad de contaminación a cada nivel de ingreso aún será ineficientemente alta. Estos autores subrayan, además, que aunque puede ser razonable deducir que a niveles de ingreso suficientemente altos la contaminación óptima será cero, el modelo no establece límites sobre el nivel de ingreso necesario para generar ese retorno<sup>10</sup>.

¿Qué señalan estos resultados acerca del pensamiento futuro sobre la curva ambiental de Kuznets? Para Andreoni y Levinson (1998) tales resultados indican, en primer lugar, que las explicaciones que consideran las tecnologías de limpieza de contaminación pueden ser centrales para entender este fenómeno planteado por la hipótesis de la EKC. Segundo, sugieren que, basados en tecnologías de reducción de contaminación, la relación ingreso-

contaminación puede asumir cualquier forma, y es de esperar que para diferentes contaminantes, con diferentes tecnologías de limpieza de contaminación, las curvas pueden o no parecerse a las curvas planteadas por la hipótesis de la EKC. Finalmente, los resultados de Andreoni y Levinson (1998) resaltan la observación de que "se necesita entender la estructura y las causas de la relación ingreso-contaminación antes de incorporar esa relación en los análisis de la política ambiental".

### **3. LA HIPÓTESIS DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS: ESTADO DEL ARTE**

¿Es el crecimiento parte de la solución más que la causa de los problemas ambientales? En recientes años esta cuestión ha sido establecida frecuentemente como evidencia empírica para apoyar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. Como ya se planteó anteriormente, la EKC describe la relación entre la calidad ambiental y el ingreso como una U invertida, esto es, en el curso del crecimiento económico y el desarrollo, la calidad ambiental inicialmente empeora pero finalmente mejora con los aumentos en los niveles de ingreso. Por ejemplo, Torras y Boyce (1998) muestran que el nivel de contaminantes del aire (Dióxido de sulfuro y humo) alcanza un punto máximo a un ni-

vel de ingreso per cápita cercano a los cuatro mil dólares, después del cual dichos niveles de contaminación empiezan a disminuir. En general, se han propuesto cuatro explicaciones para la existencia de la EKC. A continuación se esbozan estos planteamientos.

#### **1.1. Explicaciones propuestas para la hipótesis de la EKC**

Una de las explicaciones para la existencia de la curva ambiental de Kuznets es que el medio ambiente puede ser pensado como un bien de lujo<sup>11</sup>. En los primeros estados del desarrollo económico, un país puede estar poco dispuesto a cambiar consumo por inversión en regulación ambiental, por tanto la calidad ambiental declina. Ahora, una vez que el país alcanza un nivel umbral de ingreso, sus ciudadanos empiezan a demandar mejoramientos en la calidad ambiental y esto conduce a la implementación de políticas para protección ambiental y, eventualmente, a reducciones en la contaminación. Así, los niveles crecientes de contaminación están fuertemente asociados con economías pobres y en desarrollo, mientras niveles declinantes de población son más frecuentemente observados para países desarrollados (Selden y Song, 1994).

Una segunda explicación de la hipótesis de la EKC es que los países pasan a tra-

vés de ciclos de vida tecnológicos, cuando ellos se mueven desde economías basadas en la agricultura a sistemas económicos basadas en el sector servicios. Como el sector servicios está asociado con impactos ambientales menores, esta transición desde tecnologías más altamente contaminantes a tecnologías más limpias conduce a menos presión ambiental. De esta manera, se espera que en el largo plazo los niveles de contaminación disminuyan<sup>12</sup>.

En tercer lugar, se ha invocado la relocalización internacional de industrias «sucias». Así, Arrow *et al.* (1995), Stern *et al.* (1996), Ekins (1997) y Rothman (1998), entre otros, autores, han vinculado el presunto surgimiento del cambio estructural en la producción con el consumo y el comercio internacional. Si los cambios en la estructura de producción en economías desarrolladas no están acompañados por cambios equivalentes en la estructura de consumo, la hipótesis de la EKC puede, simplemente, registrar el desplazamiento de las industrias «sucias» hacia economías menos desarrolladas<sup>13</sup>. Un rasgo atrayente de esta "hipótesis del desplazamiento" es que la relocalización de industrias "sucias" puede efectivamente explicar la curva en forma de U invertida: disminuciones de contaminantes en países desarrollados y aumentos de emisio-

nes de contaminantes en economías en desarrollo.

La evidencia empírica del desplazamiento no está eventualmente disponible debido a que los indicadores de emisiones y concentraciones de contaminantes del agua y del aire relacionan el lado de la producción de la economía y no hay información sobre la intensidad de contaminación del comercio internacional. Entre las pocas excepciones está Rothman (1998), quien investigó el papel del consumo en la determinación de la curva ambiental de Kuznets. Los resultados de este estudio sugieren que el desplazamiento puede proveer una explicación importante para la reducción de contaminantes en las economías desarrolladas. Otros, como Shafik y Pandyopadhyay (1992) y Suri y Chapman (1998), han investigado el rol del comercio internacional en los comportamientos de las emisiones y han encontrado variada evidencia para los efectos del comercio sobre diversos indicadores de presión ambiental. De estos estudios se ha concluido que los países que exportan más bienes manufacturados tienden a tener más alto consumo de energía, lo cual puede ser visto como evidencia para la hipótesis de desplazamiento».

Por último, algunos autores como Andreoni y Levinson (1998) plantean que, aún consi-

derando el medio ambiente como un bien normal y asumiendo que los individuos son maximizadores de la utilidad, la relación entre calidad ambiental y crecimiento económico planteada por la hipótesis de la EKC es perfectamente razonable. Para estos autores, la curva ambiental de Kuznets puede resultar de rasgos naturales de las tecnologías de reducción de contaminación. En este sentido afirman que la curva ambiental de Kuznets depende principalmente de la tecnología más que de las externalidades ambientales inherentes al crecimiento económico. Así, Andreoni y Levinson (1998), argumentan que la EKC puede ser derivada directamente de la articulación tecnológica entre el consumo de un bien y la reducción del subproducto contaminante generado a partir de éste<sup>14</sup>.

### 3.2 La evidencia empírica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets

#### 3.2.1. Descripción de los aspectos metodológicos

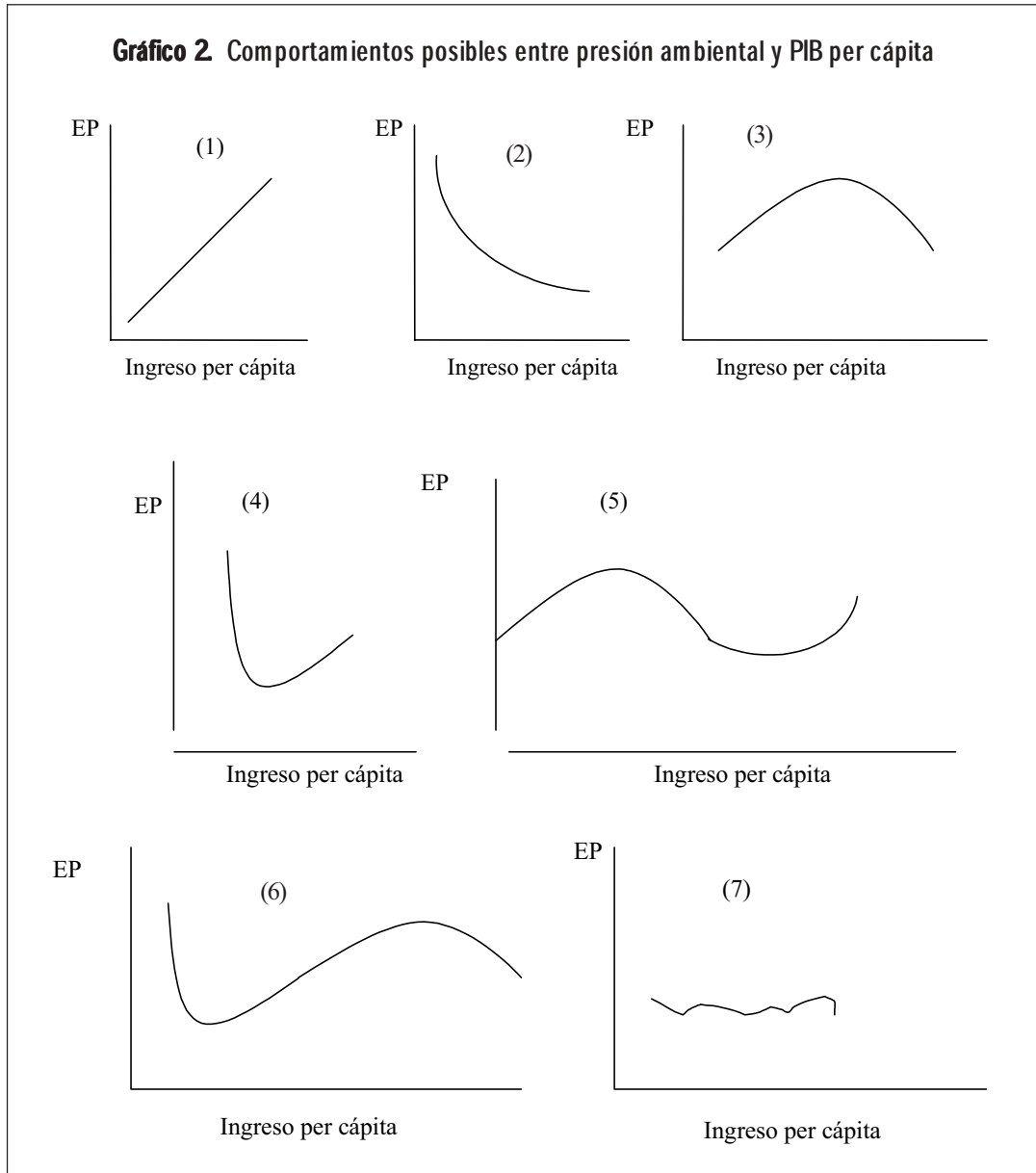
La evidencia empírica para la existencia de una curva en forma de U invertida en la relación entre presión ambiental e ingreso se ha reunido en un gran número de estudios que comparten características comunes con respecto a los datos y los métodos empleados. Los datos usados en esta clase de estudios son, generalmente, un panel de observaciones en

diversos países para algunos períodos en el tiempo. El método común para examinar la posible relación entre presión ambiental, e ingreso, es estimar el siguiente modelo en forma reducida para el panel disponible de datos:

$$EP_{i,t} = \alpha_{i,t} + \beta_1 Y_{i,t} + \beta_2 Y_{i,t}^2 + \beta_3 Y_{i,t}^3 + \beta_4 t + \beta_5 Z_{i,t} + e_{i,t} \quad (12)$$

Aquí el subíndice  $i$  señala el índice del país,  $t$  indica el momento en el tiempo,  $\alpha$  es la constante –o sea, el nivel promedio de presión ambiental cuando el ingreso no tiene una influencia importante sobre la presión ambiental–,  $\beta_i$  representa la importancia relativa de las variables explicatorias,  $Z_{i,t}$  determina las otras variables de influencia sobre la presión ambiental y  $e_{i,t}$  es el término de error normalmente distribuido<sup>15</sup>. El modelo (12) permite validar siete formas identificadas de las relaciones medio ambiente-crecimiento económico (ver gráfico 2):

- 1)  $\beta_1 > 0$  y  $\beta_2 = \beta_3 = 0$ : implica una relación creciente monotónica, indicando que altos niveles de ingreso están asociados con más altos niveles de emisiones.
- 2)  $\beta_1 < 0$  y  $\beta_2 = \beta_3 = 0$ : involucra una relación monotónica decreciente, señalando que altos niveles de ingreso están asociados con niveles declinantes de emisiones.



- 3)  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 = 0$ : implica una relación cuadrática en forma de U invertida, representando la curva ambiental de Kuznets e indicando que altos niveles de ingresos están asociados con niveles declinantes después que un nivel particular de ingreso ha sido alcanzado.
- 4)  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$  y  $\beta_3 = 0$ : implica una relación cuadrática en forma de U, en oposición a la EKC.
- 5)  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 > 0$ : implica un polinomio cúbico, representando la gráfica en forma de N, similar a la EKC pero con un subsiguiente incremen-



to en emisiones para altos niveles de ingresos.

- 6)  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 > 0$ : implica un polinomio cúbico contrario a la curva en forma de N –los niveles de presión ambiental inicialmente declinan, luego se incrementan y subsiguientemente declinan de nuevo–.
- 7)  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ : implica un comportamiento plano, indicando que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingreso.

La descripción de las anteriores relaciones indica que la curva ambiental de Kuznets es sólo una de los posibles resultados del modelo planteado en la ecuación (12). Ahora, el punto umbral de la EKC se obtiene estableciendo la derivada de (12) e igualando a cero (con  $\beta_3 = 0$ ), lo cual produce:  $Y^* = -\beta_1 / 2\beta_2$ .

### 3.2.2 Principales resultados empíricos alrededor de la hipótesis de la EKC

Un gran número de estudios econométricos ha usado el modelo planteado en la ecuación (12), o su transformación log - lineal, para probar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets utilizando una amplia variedad de indicadores de presión ambiental o indicadores que reflejan el estado del medio ambiente. La tabla 1 reúne los principales estudios y re-

sume los resultados centrales de éstos. Se han incluido aquellos estudios que: i) dan resultados sobre un contaminante que puede ser verificado con resultados de, al menos, otro estudio y, ii) emplean el modelo planteado en la ecuación (12) sin grandes modificaciones, de modo que los resultados sean comparables. Una comparación de esos resultados en la tabla 1. muestra que para cada contaminante al menos un estudio ha confirmado la hipótesis de la EKC. Sin embargo, el resultado más notable cuando se comparan estos estudios es que no hay consenso sobre cómo evolucionan los diversos contaminantes a lo largo del desarrollo económico. Excepto para emisiones de  $\text{NO}_x$ , se encuentran resultados contradictorios para todos los contaminantes. Lo anterior sucede especialmente en el caso de los indicadores de calidad del agua tales como coliformes fecales o concentración de oxígeno disuelto en el agua. Para estos indicadores, Grossman y Krueger (1995) reportaron una curva ambiental de Kuznets; sin embargo Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Torras y Boyce (1998) encontraron relaciones entre ingreso e indicadores de calidad ambiental ya sea en forma de N, comportamientos planos o relaciones monótonamente crecientes. Por otra parte, muchos estudios han investigado las relaciones entre el ingreso, el sulfuro en la atmósfera y contaminan-

tes particulados. Los resultados muestran que esos contaminantes frecuentemente revelan un EKC, pero los puntos umbrales difieren considerablemente entre estos estudios (De Bruyn, 2000). La tabla 1 confirma un resultado de Ekins (1997, p. 812), quien observó que «donde los estudios han sido realizados por más de un grupo de investigadores ninguno de los contaminantes inequívocamente muestra una relación en forma de U invertida»<sup>16</sup>.

Así, la amplia variedad de comportamientos arroja serias dudas sobre la validez de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. En 19 de los 25 casos relacionados en la tabla 1 la evidencia encontrada plantea que la contaminación disminuye después de ciertos niveles particulares de ingreso. Ahora, de dichos estudios únicamente doce presentaron una verdadera curva ambiental de Kuznets, y cinco mostraron relaciones en forma de N o en forma de U, que indican niveles crecientes de presión ambiental después de ciertos niveles de ingreso<sup>17</sup>. Por su parte, en tres de los otros seis casos la contaminación se incrementa a lo largo de todos los niveles de ingreso, y en los restantes tres la contaminación no estuvo relacionada con el ingreso. Ante lo anterior, puede plantearse que a pesar de que la curva ambiental de Kuznets es el comportamiento descubierto más frecuente en la relación

entre contaminantes e ingreso, la evidencia no es muy contundente.

### ***3.3.3. Explicaciones para la diversidad de resultados empíricos***

De Bruyn (2000) plantea que la gran diversidad de los resultados de los estudios señalados es que los datos y los métodos utilizados para el análisis de esos datos varían entre los diversos estudios. Específicamente, las diferencias pueden ser atribuidas al uso de: i) emisiones o concentraciones como indicadores de presión ambiental; ii) métodos de estimación diferentes; iii) conjuntos diferentes de países incluidos en el panel; iv) métodos diferentes para convertir los datos del PIB per cápita a unidades monetarias comparables; y, v) la inclusión de otras variables explicatorias adicionales al PIB per cápita. Esas cinco características en gran parte explican los diferentes resultados entre los diversos estudios. A continuación, se describen, a grandes rasgos, tales características.

#### **Emisiones o concentraciones como indicadores de presión ambiental**

Las EKC se han encontrado principalmente para indicadores de contaminación del aire o del agua. Ahora, estos indicadores han sido medidos en términos de emisiones o de concentraciones, lo cual importa

para los puntos umbral estimados. Por ejemplo, los estudios que investigaron las concentraciones de contaminantes en el aire encontraron puntos umbral más bajos que aquellos que investigaron las emisiones de contaminantes (ver tabla 1). La calidad del aire es frecuentemente medida dentro de las ciudades y los puntos umbral más bajos para el PIB per cápita pueden ser explicados con referencia a la mayor importancia política de la calidad del aire urbano sobre las emisiones nacionales y por el incremento de las rentas de la tierra en ciudades urbanas, lo cual impulsa a las industrias a trasladarse a otros lugares (Selden y Song, 1994).

### **Métodos de estimación**

Los estudios basados en el modelo planteado en la ecuación (12) han empleado técnicas econométricas diferentes para determinar los valores y la significancia de los coeficientes. Esto hace que los resultados sólo sean débilmente comparables. Para ilustrar, se plantea que algunos estudios simplemente han agrupado los datos, mientras que otros han corregido las diferencias específicas por países usando efectos fijos o aleatorios. En este sentido, comparando varios métodos Selden y Song (1994) mostraron que diferentes técnicas econométricas tienen un impacto considerable sobre los resultados. En efecto, para el caso de emisiones de  $SO_2$  por

ejemplo, sus estimados a partir de datos agrupados de sección cruzada señalan una curva en forma de U, mientras que los estimados de efectos fijos y aleatorios mostraron una relación como la planteada por la hipótesis de la EKC<sup>18</sup>.

### **La muestra de países**

Los resultados de los estudios pueden estar altamente influenciados por la muestra de países que ha sido elegida. Cuando son usadas dos bases de datos con diferentes selecciones de países, los resultados pueden contradecirse. Por ejemplo, Grossman y Krueger (1995) exploraron la base de datos del GEMS para el oxígeno disuelto contenido y los coliformes fecales contenidos en los ríos<sup>19</sup>. En ambos casos, se hallaron relaciones del tipo EKC con puntos umbral cercanos a us \$ 2700 y us \$ 8000, respectivamente. No obstante, Shafik y Bandyopadhyay (1992), usaron la base de datos del Canadian Center for Inland Waters para esos dos indicadores y encontraron una relación en forma de N para coliformes fecales, mientras que el oxígeno disuelto disminuía monótonamente con el nivel de ingreso<sup>20</sup>.

### **Tasas de cambio**

No son sólo los datos de contaminación sino también los datos del PIB que pueden explicar por qué los resultados de los

estudios empíricos difieren tanto. Los datos del PIB de cada país tienen que ser traídos bajo un denominador común usando tasas de cambio. Ahora, las tasas de cambio que han sido usadas en diversos estudios son o las tasas de cambio de mercado (Market Exchange Rates, MER) o las paridades de poder de compra (Purchasing Power Parities, PPP). El argumento común en favor de usar el PPP es que éste refleja más adecuadamente la «riqueza de las naciones» ya que estima lo que los consumidores pueden comprar domésticamente con sus ingresos. Sin embargo, la desventaja proviene de algunas inconsistencias en los conjuntos de datos usados (De Bruyn, 2000). Lo importante que resalta en este aspecto es que hay una divergencia sustancial entre datos de PIB en MER y datos de PIBB medidos en PPP, especialmente para países con diversas barreras de importaciones, como fue el caso, en su tiempo, de los países comunistas. Los resultados de Panayotou (1993), quien usó tasas de cambio de mercado –MER–, ahora pueden ser mostrados para ser similares a los resultados de Selden y Song (1994), quienes usaron la medida de paridad de poder de compra –PPP– (ver tabla 1). Los niveles de ingreso per cápita de países como Polonia, Hungría y República Checa fueron de aproximadamente us \$ 3.000 en tasas de cambio de mercado y de us \$ 8.000 en

paridad de poder de compra. Por tanto, ambos estudios han estimado el punto umbral para la EKC a niveles de ingreso del primero de los países comunistas mencionados.

### **El uso de otras variables explicatorias**

Algunos estudios han adicionado otras variables a las regresiones (relacionadas también en la tabla 1). La inclusión de otras variables intenta mejorar las estimaciones y proveer explicaciones adicionales para los comportamientos de los contaminantes a lo largo de la senda del desarrollo económico. Dentro de las variables que han sido adicionadas se incluyen: la densidad de población (Selden y Song, 1994), el ingreso rezagado (Grossman y Krueger, 1995), indicadores de comercio (Shafik y Bandyopadhyay, 1992, Suri y Chapman, 1998), indicadores de estructura económica (Lucas *et al.*, 1992, Suri y Chapman, 1998, Kaufmann *et al.*, 1998) e indicadores de derechos políticos y civiles (Torra y Boyce, 1998, Shafik y Bandyopadhyay, 1992). De Bruyn (2000) afirma que cuando se relacionan tales variables al ingreso, su inclusión en las regresiones puede capturar parte del efecto sobre la contaminación relacionada con el ingreso y, por tanto, alterar los puntos umbral en comparación con los estimados que se obtienen sin la inclusión

de tales variables. Algunos autores explícitamente muestran que la inclusión de variables adicionales tiene un impacto considerable sobre los puntos umbral estimados de la curva ambiental de Kuznets (Suri y Chapman, 1998).

#### **4. LA RELEVANCIA DE LOS RESULTADOS EMPÍRICOS DE LA HIPÓTESIS DE LA EKC**

En primer lugar, una crítica particular, que ha unido a aliados y oponentes de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, es que el conjunto actual de estudios empíricos sólo ha brindado una visión limitada de los mecanismos que pueden explicar la disminución en los contaminantes después de que se ha alcanzado cierto nivel de ingreso. La curva ambiental de Kuznets sólo describe la relación estadística entre el ingreso y ciertos tipos de contaminantes como una curva en forma de U invertida, pero no explica por qué ocurre este tipo de comportamiento. Esta carencia de explicación para la EKC es una importante omisión en el conocimiento acerca de la relación entre crecimiento económico y contaminación<sup>21</sup>. La carencia de visión acerca de las fuerzas que conducen la relación entre presión ambiental e ingreso se debe al uso de un modelo en forma reducida para las estimaciones. La ecuación planteada en (12),

que es utilizada en muchos estudios, se usa bajo el supuesto de que captura el modelo estructural en el cual el ingreso influencia aspectos como la tecnología, la composición del producto económico o la política ambiental y, a su vez, cambios en esos aspectos afectan la presión ambiental y el ingreso. De esta manera, en el modelo estructural el ingreso se relaciona sólo indirectamente con la presión ambiental. Así, al asumir una articulación directa, y en una sola vía, entre ingreso y presión ambiental y omitiendo variables relacionadas con la innovación tecnológica, la composición de la producción y a la política ambiental, el modelo estructural se reduce al modelo planteado en la ecuación (12).

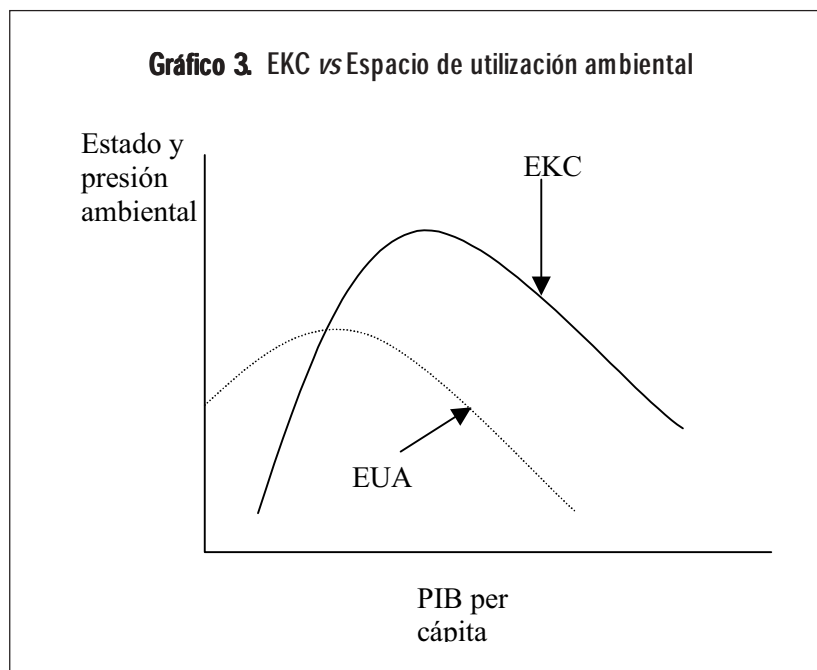
La ventaja de trabajar con un modelo en forma reducida yace en el hecho de que es estimada la influencia total, directa e indirecta, del ingreso sobre la presión ambiental. Sin embargo, una desventaja, como han señalado Grossman y Krueger (1995), es que no es claro por qué existe la relación estimada y qué clase de interpretación puede ser dada a los coeficientes estimados del modelo plantado en la ecuación (12)<sup>22</sup>.

Ahora, no es sólo la carencia de información uniforme para la curva ambiental de Kuznets, tal como se ha descrito en la sección anterior, lo que obstaculiza la acep-

tación de la hipótesis de que el crecimiento económico puede ir de la mano con la calidad ambiental. Desde diversas perspectivas también ha sido argumentado que las EKC observadas tienen una relevancia limitada por las complejas relaciones entre los ecosistemas y la economía. Arrow *et al.* (1995) han señalado que los indicadores usados en los trabajos empíricos relacionan sólo emisiones y concentraciones –es decir, los flujos de contaminantes–, mientras que la calidad ambiental –por ejemplo, la viabilidad de bosques y lagos– es un stock. En este sentido, se plantea que debido a la contaminación pasada, las capacidades de carga y de resiliencia de los ecosistemas son afectadas y, por tanto, la contaminación puede continuar degradando

el medio ambiente, a pesar de las reducciones observadas en las emisiones. Una vez que la contaminación ha excedido los límites del espacio de utilización ambiental (EUA), la reducción en la contaminación puede ocurrir a una tasa demasiado lenta para prevenir el deterioro ambiental. Lo anterior es representado en el gráfico 3, en el cual se muestra que la EKC no garantiza que los niveles de contaminación sigan dentro de los umbrales ecológicos y las restricciones de sostenibilidad más allá de los cuales el deterioro ambiental es irreversible (Arrow *et al.*, 1995).

Asociado a lo anterior, De Bruyn (2000) ha observado que en el caso de impacto ambientales irreversibles la curva ambien-



tal de Kuznets puede no reflejar ninguna senda temporal óptima de contaminación –tipo neoclásica–. Los niveles óptimos de contaminación, como son definidos en economía neoclásica, dependen de los costos y los beneficios de la reducción de la contaminación. Ahora, las diferencias en capacidades de asimilación, en preferencias sociales y tasas de descuento dan origen a diferentes estructuras costo-beneficio, lo cual implica diferentes niveles óptimos de contaminación entre países. Así, estas diferencias limitan la relevancia a nivel de política pública del estimado de un punto umbral colectivo para una muestra total de países. Cuando los umbrales ecológicos han sido excedidos, la reestructuración del medio ambiente puede resultar innecesariamente costosa. Es decir, puede ser menos costoso prevenir o eliminar actividades contaminantes hoy que en el futuro (Schindler, 1996).

Igualmente, en esta misma línea de argumentación, Common (1995) establece que con algunos impactos ambientales pueden ocurrir daños irreversibles antes de que el punto máximo de la curva en forma de U invertida sea alcanzado, y que esta relación no necesariamente se mantiene para todos los impactos sobre el medio ambiente. Lo anterior es claro pues muchos de los recursos naturales –renovables y no renovables– utilizados como insumos en la pro-

ducción no presentan sustitutos desde los bienes manufacturados. En este orden de ideas, algunos autores plantean que en la mayoría de los casos entre el capital natural y el capital manufacturado se presenta una relación de complementariedad y no de sustituibilidad, como inicialmente lo plantea la teoría neoclásica (Correa, 2002). Así, a pesar que mayores niveles de actividad económica pueden conducir inicialmente a mayores niveles de bienestar, el mayor crecimiento económico podría llevar a mayores tasas de utilización de los recursos naturales y mayor degradación del medio ambiente y, por tanto, a un efecto negativo en el largo plazo sobre el nivel de bienestar.

De otro lado, también se ha argumentado que la cobertura de indicadores para los cuales la EKC ha sido encontrada es inadecuada. La curva en forma de U invertida ha sido encontrada sólo para unos pocos contaminantes y, en particular, para contaminantes que tienen efectos locales sobre la salud y que pueden ser resueltos sin un gran gasto de recursos económicos. Esto es especialmente cierto cuando los contaminantes generan costos locales de corto plazo y hay grandes beneficios sociales y privados de la reducción de la contaminación –como en el caso de contaminación local del aire, contaminación del agua y acidificación–. Des-

de esta última argumentación, se concluye que la hipótesis de la EKC aplica sólo a problemas ambientales que son fácilmente resueltos y que están bien documentados y bien conocidos.

Las observaciones realizadas anteriormente a los diversos resultados empíricos pusieron en marcha diversos estudios usando indicadores de presión ambiental más completos. Por ejemplo, Ekins (1997) comparó la evidencia de un número de estudios seleccionados de la EKC con el estado del medio ambiente en la forma que es evaluado por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo –OECD, en sus siglas en inglés– y la Comisión Europea, y concluyó que estos últimos estudios casi completamente negaban la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets para países ricos: «a pesar de los mejoramientos en algunos indicadores, especialmente en contaminantes del aire, esos países parecen estar experimentando un deterioro ambiental grave y continuado en todos los frentes» (Ekins, 1997, p. 815). Conclusiones similares fueron presentadas por De Bruyn y Opschoor (1997), usando un indicador de los insumos materiales y la energía utilizada en la producción, y por Rothman (1998) utilizando el concepto de «Huella Ecológica».

Finalmente, se ha afirmado que los puntos umbrales para el PIB per cápita son

relativamente altos cuando se relacionan al PIB per cápita promedio mundial. En este sentido, Selden y Song (1994) y Stern *et al.* (1996) han enfatizado que los mejoramientos en la calidad ambiental de acuerdo con la hipótesis de la EKC no son obtenibles para la mayoría de la población del mundo que tiene estándares de vida substancialmente por debajo de los puntos umbrales estimados. Por tanto, es de esperar que las emisiones a escala mundial continúen aumentando debido al crecimiento económico, incluso para contaminantes para los que han sido estimadas curvas en forma de U invertida, tales como el  $SO_2$ . Además, varios investigadores han sugerido que la relocalización de industrias «sucias» desde economías desarrolladas a economías en desarrollo puede ser la fuerza conductora detrás de la curva ambiental de Kuznets. Según De Bruyn (2000), esto puede explicar los comportamientos observados: niveles crecientes en países de bajos ingresos y niveles declinantes de emisiones en países de altos ingresos. Ahora, si la relocalización es la fuerza conductora detrás de la EKC, los puntos umbrales estimados incluso pueden volverse ilusorios: las ganancias ambientales para las economías desarrolladas debido a la relocalización no estarán disponibles para las economías en desarrollo cuanto más países en desarrollo se estén moviendo rá-



pidamente a altos niveles de ingreso (Arrow *et al.*, 1995).

Para muchos autores, como De Bruyn (2000), Arrow *et al.* (1995), Stern (1996) Rothman (1998) y Suri y Chapman (1998), todas las anteriores observaciones indican que la curva ambiental de Kuznets no puede ser considerada como un hecho estilizado para la relación entre el estado del medio ambiente y el crecimiento económico. La evidencia empírica acerca de que el crecimiento económico puede beneficiar al medio ambiente es cuando más relevante sólo para aquellas sustancias para las que la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets ha sido validada. Ahora, si la relocalización es el mecanismo a través del cual la EKC ha sido obtenida, la evidencia planteada hasta ahora resulta elusiva.

## 5. CONCLUSIONES

Las diferentes perspectivas acerca de los efectos del crecimiento económico sobre la calidad ambiental han generado un amplio y animado debate. La discusión se ha aumentado por la existencia de una relación no clara entre el crecimiento económico y la calidad ambiental. Existen varios efectos, directos e indirectos, que son difíciles de identificar y de cuantificar. La imprecisión en torno a la relación real ha dejado sitio a mucha discusión, en la que los juicios de valor *a priori* han

desempeñado, posiblemente, un papel importante. Ahora, desde principios de la década de 1990, las bases de datos ambientales ya estaban disponibles para apoyar los diversos estudios empíricos que se querían emprender. Esto condujo a una nueva y desafiante fase en el debate crecimiento económico *versus* medio ambiente: la validación empírica de la influencia del crecimiento económico sobre la calidad ambiental. Estudios como los de Shafik y Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993) y Selden y Song (1994) mostraron que hay una relación en forma de U invertida entre diversos tipos de contaminantes y niveles de ingreso.

El anterior planteamiento sugiere que la calidad ambiental inicialmente se deteriora pero una vez que los países han alcanzado un nivel suficiente de riqueza, la contaminación empieza a declinar. Según esta visión neoclásica, no hay ningún mecanismo automático y, por tanto, no hay una relación inevitable entre niveles de ingreso y problemas ambientales particulares. Panayotou (1993) llamó a esta curva en forma de U invertida «la curva ambiental de Kuznets», la cual, desde entonces, se convirtió en el término base en la literatura.

Una de las críticas centrales para la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets es la carencia de información uniforme en

tomo a las diversas variables señaladas como factores explicativos para los diferentes indicadores de calidad ambiental. Sin embargo, más allá de los problemas de tipo metodológico, debe afirmarse que la crítica central a la hipótesis de la EKC está en la línea de lo argumentado por Arrow *et al* (1995). En efecto, según estos autores, el factor que obstaculiza la aceptación de la hipótesis de que el crecimiento económico puede ir de la mano con la calidad ambiental es que las EKC observadas tienen una relevancia limitada por las complejas relaciones entre los ecosistemas y la economía.

Arrow *et al.* (1995) han señalado que los indicadores usados en los trabajos empíricos realizados relacionan sólo los flujos de contaminantes, mientras que la calidad ambiental –por ejemplo, la viabilidad de bosques y lagos– es un stock. En este sentido, se plantea que debido a la contaminación pasada, las capacidades de carga y de resiliencia de los ecosistemas son afectadas y, por tanto, la contaminación puede continuar deteriorando el medio ambiente, aunque se estén observando reducciones en el nivel de emisiones. Una vez que la contaminación ha excedido los límites del espacio de utilización ambiental, la reducción en la contaminación puede ocurrir a una tasa demasiado lenta para prevenir el deterioro

ambiental. Así, el cumplimiento de una curva ambiental de Kuznets no garantiza que los niveles de contaminación sigan dentro de los umbrales ecológicos y las restricciones de sostenibilidad más allá de los cuales el deterioro ambiental es irreversible.

Por tanto, es necesario plantear que la hipótesis de la curva ambiental debe reevaluarse, en principio, en función de los problemas metodológicos, pero más importante es revisar dicha hipótesis con respecto a la conceptualización del término *Medio Ambiente*. Si se aborda el concepto medio ambiente de una manera más integral, los factores aire, agua, suelos, ecosistemas, servicios ambientales y capacidad de carga deberían constituir, como un todo, este concepto. Así, variables tales como emisiones de contaminantes hídricos y deforestación no pueden ser un indicador adecuado de lo que constituye el medio ambiente.

De esta manera, la hipótesis de la EKC no puede tomarse como una trayectoria representativa de la relación entre medio ambiente y crecimiento económico. Por tal motivo, los esfuerzos por descubrir las articulaciones de esta relación deben encaminarse a construir verdaderos indicadores ambientales. En este sentido, se plantea que indicadores como el Índice de Bienestar Económico Sustentable

(ISEW en sus siglas en inglés), la Huella Ecológica o la Brecha Ambiental constituyen un primer paso en este camino. Con respecto a lo anterior, algunos países como Alemania, por ejemplo, han emprendido grandes esfuerzos para llegar a un análisis total de la relación economía-ambiente con el fin de describir cuantitativamente el estado del medio ambiente –el stock– y su uso –el flujo–. El análisis total consiste de estudios de recursos tipo insumo-producto, estadísticas de emisiones de

contaminación, de gastos ambientales y de tendencias temporales de los indicadores ambientales. Su principal objetivo es obtener algunos indicadores de sostenibilidad relevantes con el fin de guiar la política ambiental. Igualmente, otros países e instituciones han oficialmente iniciado esfuerzos preliminares para sistemas de indicadores ambientales, principalmente Canadá, Holanda, Reino Unido, y en general los países pertenecientes a la Unión Europea.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- ANDREONI, James, LEVINSON, Arik, 1998, The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve, NBER Working Paper Series, no. 6739, National Bureau of Economic Research.
- ARROW K., *et al*, 1995, "Economic growth, carrying capacity, and the environment", *Science*, No. 268, pp. 520-521.
- BARNEY, G. O., *et al* (editor), 1980, The Global 2000 Report to the President of the U.S.: Entering the 21<sup>st</sup> Century, New York, Pegamon Press.
- BECKERMAN, W B., 1972, Economic Development and the Environment: A False Dilemma, *International Conciliation* (586), pp. 57-71, reprinted in: W Beckerman, "Growth, the Environment and the Distribution of Incomes: Essays by a Sceptical Optimist, Vermon, Edward Elgar Publishing.
- BECKERMAN, W B., 1992, "Economic Growth and the Environment: Whose Growth?", *World Development*, No. 20, pp.481-496.
- BOULDING, Keneth, 1966, The economics of the coming spaceship earth, en: H. Garret (editor) "Environmental quality in a growing economy", Baltimore, Johns Hopkins University Press, pp. 3-14.
- CHAUDHURI, S., Pfaff, A., 1998, Household Income, Fuel Choice, and Indoor Air Quality: Micro-foundations of an Environmental Kuznets curve", mimeo, Columbia University Economics Department.
- COMMON, M., 1995, Environmental and Resource Economics: an introduction, London, Longman Press, pp. 86-88.
- CORREA R., Francisco, 2002, "Las dimensiones ambientales del crecimiento urbano", *Revista Semestre Económico*, No. 10, Universidad de Medellín, julio-diciembre.

- DALY, Herman, 1977, *Steady State Economics: the economics of biophysical equilibrium and moral growth*, San Francisco, Freeman.
- DASGUPTA, P, HEAL, G., 1979, *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Oxford, Cambridge University Press. pp. 56-65.
- DE BRUYN, S. M. *et al*, 1998, "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of Environmental Kuznets Curves", *Ecological Economics*, vol. 25, N. 2, pp. 161-175.
- DE BRUYN, Sander, 2000, *Economic Growth and the Environment: An Empirical Analysis*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-98.
- DE BRUYN, S. M., Opschoor, J. B., 1997, "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations", *Ecological Economics*, No. 20, pp. 255-268.
- EKINS, Paul, 1997, "The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the evidence", *Environment and Planning*, No. 29, pp. 805-830.
- GEORGESCU-ROGEN, N., 1971, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Harvard University Press.
- GROSSMAN, G. M. And KRUEGER, A. B., 1995, "Economic growth and the environment", *Quarterly Journal of Economics*, No. 112, pp. 353-78.
- KAHN, M., 1998, "A Household Level Environmental Kuznets Curve", *Economics Letters*, Vol. 59, No.2, pp. 269-273.
- HOLTZ-EAKIN, D., SELDEN. T., 1995, "Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic Growth", *Journal of public economics*, No. 57, pp. 85-101.
- KAUFMANN, Robert *et al*, 1998, "The determinants of atmospheric SO<sub>2</sub> concentration: reconsidering the environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, Vol. 25, No. 2, pp. 209-220.
- LIM, Jaekyu, 1997, "Economic growth and environment: some empirical evidences from South Korea", Working Paper, School of Economics, University of New South Wales.
- LUCAS, R., WHEELER, D., HETTIGE, H., 1992, Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution:1960-1988, en: P. Low (editor), "International Trade and the Environment", World Bank discussion paper No. 159, The World Bank, Washington D. C., pp. 67-78.
- MEADOWS, D. H., MEADOWS, D.L., 1972, *The limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicaments of mankind*, London Earth Island.
- MAGNANI, Elisabetta, 2000, "The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution", *Ecological Economics*, No. 32, pp. 432-443.
- MISHAN, E. J., 1967, *The costs of economic growth*, London, Staples Press.
- OPSCHOOR, J. B., 1992, *Sustainable Development, the Economics Process and Economic Analysis*, en: J. B. Opschoor (editor), "Environment, Economy and Sustainable Development", Groningen, Wolters Noordhoff, pp. 25-53.

- PANAYOTOU, T., 1993, Empirical Test and policy Analysis onf Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Geneva, Wbrld Employment Research Programme, Wbrking Paper, International Labour Office.
- ROTHMAN, Dale S., 1998, "Environmental Kuznets Curves - real progress or passing the buck? A case for consumption - based approaches", Ecological Economics, Vol. 25, No. 2 ,pp. 177-194.
- ROTMANS, D. S., 1998, "Methods for IA: The Challenges and opportunities ahead", Environmental Modelling and Assessment, No. 3, pp. 155-179.
- SARAVIA L, Alejandra, 2002, "La curva medio ambiental de Kuznets para América Latina y el Caribe", documento de reflexión Académica, No. 23, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Económicas, Bolivia.
- SCHINDLER, D. W, 1996, «The environment, carryng capacity and economic growth», Ecological Applications, No. 6, pp. 17-19.
- SELDEN, T., SONG, D., 1994, "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?", Jurnal of Environmental Economics and Management, No. 27, pp. 147-162.
- SHAFIK, N., Bandyopadhyay, 1992, Economic Growth and Environmental Quality: Time-series and Cross-Country Evidence, Washington D.C., Wbrld Bank, Wbrking Papers, WPS 904.
- SOLOW Robert, 1974, "Intergenerational Equity and Exhaustible Resource", Review of Economics Studies, No. 41, pp. 29-45.
- STERN, D. I., COMMON, S., BARBIER, E., 1996, "Economic Growth and Environmental Degradation: A Critique of the Environmental Kuznets Curve", Wbrld Development, No. 24, pp. 1151-1160.
- STOKEY, Nancy, 1998, "Are there limits to growth?", International Economic Review, No. 39, pp. 1-31.
- SURI, Vivek, CHAPMAN, Duane, 1998, "Economic growth, trade and energy: implications for environmental Kuznets Curve", Ecological Economics, Vol. 25, No. 2, pp. 195-208.
- TORRAS, Mariano and BOYCE, James K., 1998, "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the Environmental Kuznets Curve", Ecological Economics, vol. 25, No. 2, pp. 147-160.
- WORLD, Bank, 1992, Development and The Environment: Wbrld Development Report 1992, New York, Oxford University Press.

## ■ ANEXO 1

### Notas aclaratorias sobre las siglas utilizadas en la Tabla 1

N = Curva en forma de N; ppu= primer punto umbral , spu= segundo punto umbral

U = curva en forma de U

EKC = Curva en forma de invertida

CMC = Curva monotonicamente creciente

- C. Plano= Comportamiento plano, todos los parámetros, excepto el intercepto, no son significativos
- (1) MCG= Mínimos Cuadrados Generalizados, MCO= Mínimos Cuadrados Ordinarios, ea= efectos aleatorios; ef= efectos fijos, sca= sección cruzada agrupada
  - (2) Emis= emisiones; Conc= concentraciones en el ambiente
  - (3) MPS= Material Particulado en Suspensión; éste difiere con respecto a cómo estos son medidos en los diversos estudios, lo cual puede explicar algunas de las diferencias en los resultados.
  - (4) La demanda de Oxígeno en el agua es medida en los estudios empíricos como oxígeno disuelto; un indicador para calidad ambiental. Los comportamientos reportados aquí son el inverso de los comportamientos descubiertos para la calidad ambiental.
  - (5) PPP= Purchasing Power Parity (paridad de poder de compra); MER= Market Exchange Rates (tasas de cambio de mercado);
  - (6) En este estudio los puntos umbrales para los modelos con densidad de población, se hallaron para SO<sub>2</sub> utilizando efectos aleatorios, para MPS y NO<sub>x</sub> utilizando efectos fijos.
  - (7) IEAE= Intensidad espacial de la actividad económica.
  - (8) Sólo se analizaron los estudios de contaminantes que dan resultados que pueden ser verificados con resultados de, al menos, otro estudio, y que emplean el modelo planteado en la ecuación (12) sin mayores modificaciones, de modo que los resultados sean comparables.

## ■ NOTAS

- 1 Este trabajo es resultado del proyecto de investigación: "Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: evidencia empírica para América Latina. Grupo GEA. Auxiliares de investigación: Juan David Osorio, Andrés Vasco, Catalina Pérez. Financiado con recursos de la Universidad de Medellín.  
Fecha de recepción: septiembre 17 de 2004. Fecha de aprobación: octubre 8 de 2004
- 2 Esta hipótesis se conoce como Curva Ambiental de Kuznets.
- 3 Por ejemplo, en economía los supuestos de información completa y agentes maximizadores de la utilidad no pueden ser empíricamente validados (De Bruyn, 2000) .
- 4 Esta curva es nombrada así, análogamente, después de que Simon Kuznets planteó la hipótesis de la existencia de una relación en forma de U invertida entre desigualdad del ingreso y desarrollo económico.
- 5 La *presión ambiental* se refiere a los impactos humanos sobre el medio ambiente e incluye contaminación y sobre explotación de recursos naturales. En general, menos presión ambiental me-

- jorará la calidad ambiental. La *desvinculación* se refiere al desarrollo que resulta en una declinación de la presión ambiental en términos absolutos, aunque la economía crezca. Alternativamente, la desvinculación ha sido explicada como desacoplamiento.
- 6 De este manera, para este autor, temas tan cruciales para el desarrollo económico sostenible no han podido ser abordados. Sin embargo, tales interrogantes son esenciales antes de interpretar que la EKC puede indicar que el crecimiento económico puede beneficiar al medio ambiente.
  - 7 Note que es posible, en este marco de trabajo, que  $\delta P/\delta C < 0$ . Sin embargo, la ecuación (4) representa una restricción de recursos y, en el óptimo, ésta restricción será tangente a la curva de indiferencia con una pendiente positiva en el espacio (P,C). Por tanto, nunca será óptimo para el agente o el planeador social elegir niveles de consumo y contaminación tales que  $\delta P/\delta C < 0$ .
  - 8 La ecuación (11) requiere que la disposición marginal a pagar por el consumo en términos de contaminación no vaya hasta infinito. El inverso de esto es simplemente que la disposición marginal a pagar por limpiar la última unidad de contaminación no llegue a cero a medida que el ingreso va hasta infinito. Así, La noción clásica de que la limpieza de contaminación es un bien normal significa que este supuesto es natural y fácilmente satisfecho. Igualmente, la condición de que la tecnología de reducción de la contaminación exhibe retornos crecientes a escala es también razonable. Para conocer como funciona la demostración del teorema ver Andreoni y Levinson (1998, pp. 9-11).
  - 9 Al respecto, estudios recientes como Chaudhuri y Pfaff (1998) y Kahn (1998) han encontrado que el nivel de contaminación doméstica también sigue una curva en forma de U invertida, lo cual es consistente con los resultados teóricos de Andreoni y Levinson (1998).
  - 10 Estos autores plantean que ni su trabajo ni ninguno de sus predecesores teóricos apoyan las afirmaciones de que las regulaciones ambientales sean innecesarias.
  - 11 Es decir, la elasticidad-ingreso de la demanda por bienes ambientales es mayor que uno. Lo anterior significa que después de cierto nivel particular de ingreso, la disponibilidad pagar por un ambiente limpio se aumenta proporcionalmente más que el ingreso.
  - 12 Este argumento ha sido utilizado para justificar la búsqueda de estrategias de crecimiento económico que no tienen en cuenta su efecto sobre el medio ambiente.
  - 13 Aunque el desplazamiento no es generalmente considerado como una solución a los problemas ambientales, puede haber una razón para el desplazamiento cuando éste resulta en una mayor distribución espacial de la contaminación ambiental con impactos locales. No obstante, para contaminantes con impactos globales los impactos ambientales totales permanecen lo mismo, o inclusive pueden aumentar si la producción es menos eficiente en los países receptores de las industrias «sucias».
  - 14 Para estos economistas esto puede ser consistente con una política eficiente en el sentido de pareto o con una economía de mercado descentralizada.
  - 15 Una especificación alternativa del modelo planteado en (12) es una transformación log-lineal de éste, donde los diversos ordenes de ingreso son expresados en logaritmos. Otra alternativa es la especificación doble log donde también EP es expresado en logaritmos.

- 16 Los resultados de Ekins (1997) son consistentes con los resultados de la tabla 1.1 para  $\text{NO}_x$  debido a que uno de los estimados de Selden y Song (1994) reportó emisiones monótonamente crecientes para  $\text{NO}_x$ . En la tabla 1.1 sólo han sido considerados aquellos estimados que fueron considerados como preferibles por los diversos autores de los estudios.
- 17 La EKC para emisiones de  $\text{CO}_2$  implica niveles de emisión monótonamente crecientes para todos los países en la medida que el punto umbral estimado para el PIB per cápita se sale del rango de la muestra.
- 18 Con puntos umbrales del PIB per cápita en us \$ 8700 y us \$ 10300, respectivamente (Selden y Song, 1994).
- 19 GEMS es la abreviatura en inglés de *Global Environmental Monitoring System*.
- 20 La posición de los países con economías en transición merece atención particular: durante finales de la década de 1980, las emisiones de sulfuro y partículas por unidad de PIB, en países como Polonia y República Checa, fueron cerca de 20 a 30 veces más altas que las emisiones de los países de la OECD. Esto puede ser explicado por la diferente estructura de incentivos que existía en las economías planificadas centralmente (De Bruyn, 1998). Por tanto, esos países deben ser reconocidos como sesgos en la muestra y deben ser removidos del análisis, a menos que el investigador estuviera afirmando que los países de ingreso medio estén caracterizados por regímenes comunistas.
- 21 Las recomendaciones de política pública basadas en la afirmación de que «el crecimiento económico puede ser beneficioso para el medio ambiente» son inválidas hasta que no se conozca por qué y cómo el crecimiento económico puede mejorar la calidad ambiental.
- 22 Otra crítica particular plantea que las investigaciones sobre la hipótesis de la EKC se han concentrado especialmente en los países desarrollados. Esencialmente, esto ha ocurrido debido a la disponibilidad de información, principalmente en términos medioambientales, la cual es sin duda alguna una deficiencia en la mayoría de los países en desarrollo (Saravia, 2002).