



PROGRAMA DE INVESTIGACION



La existencia de la curva de kuznets ambiental (CKA) y su
impacto sobre las negociaciones internacionales.

Eduardo Gitli y Greivin Hernández

Serie Documentos de Trabajo 005-2002



CINPE





LA EXISTENCIA DE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA) Y SU IMPACTO SOBRE LAS NEGOCIACIONES INTERNACIONALES

Eduardo Gitli
Greivin Hernández *

Serie Documentos de Trabajo 009- 2002

Resumen

Según diversos estudios que se han realizado desde la década de los noventas la relación entre el crecimiento económico y el ambiente tiende a ser benéfica a largo plazo. El fundamento de esta posición, es el hallazgo empírico de una relación de U invertida entre el ingreso y las emisiones o concentraciones de diversos contaminantes (CO_2 , SO_2 , NO_x , smog, etc.), comúnmente llamada curva de Kuznets ambiental (CKA). Este documento realiza un análisis de los argumentos en pro y en contra de la existencia de tal relación virtuosa entre el ingreso y el ambiente, abordando tanto elementos teóricos como la validez empírica de algunos estudios. Se concluye que a) la evidencia sobre la existencia de la CKA es contradictoria, b) los modelos econométricos son altamente sensibles a cambios en su especificación o su información básica, c) a pesar de las dos limitantes anteriores, los ingresos a los que las emisiones empiezan a disminuir están aún lejos del alcance de gran parte de la población del mundo en desarrollo, y d) Dado que no existe evidencia clara de la existencia de la CKA, resulta necesario considerar el papel de la temática ambiental dentro de las negociaciones comerciales, y de esta forma atacar la tendencia creciente de la contaminación en los países del sur. El apoyo decidido de los países del Norte mediante programas de cooperación, pareciera fundamental para lograr el objetivo de un desarrollo sostenible.

**Abril de 2002
Costa Rica**

* Investigadores del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), de la Universidad Nacional de Costa Rica.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ¿POR QUÉ DEBERÍA EXISTIR LA CKA?	2
2.1 EL EFECTO COMPOSICIÓN	3
2.2 EL EFECTO DESPLAZAMIENTO	4
2.3 EL AMBIENTE COMO BIEN DE LUJO	5
2.4 EL PROGRESO TECNOLÓGICO.....	6
2.5 LAS REGULACIONES AMBIENTALES	7
3. ¿PORQUÉ PODRÍA NO EXISTIR LA CKA?	8
3.1 EMISIONES VS. CONCENTRACIONES	8
3.2 LA CONTROVERSIA EN EL AIRE	9
3.3 LA CURVA EN FORMA DE N.....	11
3.4 LA RELACIÓN COMERCIO Y AMBIENTE.....	14
3.5 EL INGRESO LÍMITE	16
3.6 LOS SHOCKS Y LOS EVENTOS HISTÓRICOS.....	19
3.7 LAS LIMITACIONES ECONÓMICAS DE ALGUNOS ESTUDIOS.....	20
CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	26
APENDICE	30

LA EXISTENCIA DE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA) Y SU IMPACTO SOBRE LAS NEGOCIACIONES INTERNACIONALES

Eduardo Gitli
Greivin Hernández^{1, 2}

1. Introducción

Simón Kuznets (1901-1985), Premio Nóbel de economía formuló una teoría para explicar la evolución de la distribución del ingreso en los países a través de su proceso de desarrollo. Su argumento era que al inicio del proceso de desarrollo las economías presentan una distribución del ingreso bastante equitativa (reflejada en coeficientes de Gini bajos), sin embargo, conforme el progreso se acelera esta relación equidad / ingreso comienza a deteriorarse (y el índice de desigualdad de Gini comienza a subir) hasta alcanzar un nivel máximo. A partir de tal punto, el nivel de equidad comienza a mejorar conforme aumenta el ingreso (Fogel, 2000).

La relación equidad / ingreso ha sido extrapolada al campo ambiental a partir de estudios elaborados inicialmente por Grossman y Krueger (1991), Shafik y Bandyopadhyay (1992) y el Banco Mundial (1992)³. Los estudios citados, encontraron que algunas emisiones de contaminantes (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas suspendidas y plomo) presentaban un comportamiento para diferentes niveles de ingreso similar al de una U invertida. Pero sin duda alguna el hecho de que un organismo internacional como el Banco Mundial adoptara como válida esta tesis, fue lo que impulsó una gran discusión en los círculos tanto académicos como políticos a favor y en contra de tal relación.

Fue Panayotou (1993) a partir de estudios sobre el efecto del crecimiento económico en una serie de indicadores ambientales de aire y tierra, quien introdujo en la literatura la expresión de la hipótesis de la “curva de Kuznets ambiental” (CKA). Esta hipótesis sostiene que la contaminación aumenta con el crecimiento económico hasta cierto nivel de ingreso, después del cual empieza a reducirse (Arrow et al., 1995; Suri y Chapman 1998; Ekins, 2000).

¹ Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), de Costa Rica. Se agradecen los comentarios de Randall Arce.

² Eduardo Gitli falleció el 11 de enero del 2002. Este documento es una muestra de su pensamiento y análisis del comercio internacional y las vinculaciones ambientales.

³ En estos primeros estudios, no aparece aún la referencia de “curva de Kuznets ambiental”, la que aparecería más tarde con Panayotou (1993).

La hipótesis de la existencia de la CKA tiene un impacto importante sobre las negociaciones internacionales, en especial las de libre comercio. Si bien no existen autores que hayan desarrollado articuladamente esta relación por escrito, la secuencia lógica implícita es la siguiente: 1) el libre comercio acelera el crecimiento económico, 2) el crecimiento económico lleva a un crecimiento de las demandas internas por mejoras ambientales; entonces, 3) el libre comercio lleva a un proceso de mejora del ambiente a través del desencadenamiento de factores internos⁴ (Cfr. Zoellick, R., 2002: 12).

Siendo esto así, no existiría una necesidad absoluta de profundizar en aspectos ambientales del libre comercio dentro de las negociaciones internacionales. Por otra parte, hay razones de sobra para pensar que la apertura progresiva de las economías lleva a buscar otros factores que puedan ser usados como barreras no arancelarias al comercio por los sectores que impulsan intereses proteccionistas (Gitli y Murillo 2000). Por tanto, el costo (en materia de riesgo comercial) de abrir la discusión ambiental superaría los beneficios alcanzables en términos de un mejor ordenamiento ambiental mundial.

En consecuencia, el objetivo de nuestro estudio es determinar hasta qué punto se puede aceptar la existencia de la CKA, esto es, en qué términos y cuales son las consecuencias para las posiciones que se plantean en las negociaciones. Debemos adelantar que nuestras conclusiones son parciales, en el sentido de que tratamos de establecer una razón entre la existencia o no de la CKA y nuestro futuro ambiental. Hay otras influencias a la hora de negociar que no pueden ser ignoradas. Por ejemplo, el grado en el que los países industriales pretendan imponer sus realidades ambientales a la de los países en desarrollo debe forzosamente afectar la voluntad de estos últimos para adoptar acuerdos internacionales en materia ambiental. Por otra parte, ya se ha manifestado en otra parte (Gitli y Murillo 2001) que nuestro enfoque es el de cooperación y no el de generar un enfoque de represalias comerciales por conflictos ambientales, las que rechazamos.

En el presente ensayo se repasan brevemente los antecedentes de la curva de Kuznets ambiental y su derivación, seguidamente se comentan cuáles han sido los principales argumentos en pro y en contra de la existencia de la misma a la vez que se señalan algunos hallazgos empíricos. Al final se exponen las conclusiones.

2. ¿Por qué debería existir la CKA?

La existencia de una relación de U invertida entre la degradación ambiental y el crecimiento del ingreso ha sido fundamentada por medio de múltiples factores o efectos así como por la interacción entre los mismos. Tales efectos son:

⁴ Hemos tratado de hacer justicia a esta posición y siempre se corre el riesgo de construir una estructura endeble enfrente para derribarla de un soplo. Por este motivo no hemos llevado el argumento anterior hasta el punto de poner en su boca como conclusión, que la disminución de la contaminación ambiental surge de manera automática como resultado del libre comercio.

1. El efecto composición.
2. El efecto desplazamiento.
3. El ambiente como bien de lujo.
4. El progreso tecnológico.
5. Las regulaciones ambientales.

A continuación pasamos a realizar una descripción de los principales elementos contenidos en cada uno de estos efectos.

2.1 El efecto composición

Observando el patrón de crecimiento de las economías que actualmente se conocen como desarrolladas (Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Francia, etc.) vemos que al inicio el sector agrícola tuvo un peso muy alto dentro de la creación del producto. Conforme los países se movieron hacia un mayor desarrollo, el sector agrícola le cede su espacio predominante al industrial. Al contrario, el sector servicios tiene un peso relativamente bajo en las economías cuando éstas son de bajo desarrollo. A medida que el nivel de industrialización se acelera el sector servicios va adquiriendo mayor relevancia dentro de la estructura productiva de los países. Una vez alcanzado un alto nivel de industrialización, los países desarrollados tienden a orientar sus economías hacia los servicios, con la consecuente disminución del peso del sector industrial en la formación del producto, pasando a adquirir los bienes manufacturados que consumen desde los países en vías de desarrollo o de reciente industrialización.

Esta situación implica que el desplazamiento que hace el sector servicios al industrial en las economías desarrolladas es “*sinónimo*” de una menor emisión de contaminantes, puesto que las actividades por excelencia intensivas en consumo de energía y emisiones tóxicas son las industriales (Hettige et al., 1998 y Rothman, 1998).

Cabe aclarar que a pesar de que este comportamiento se observó en el pasado en un amplio número de economías que hoy conforman el mundo desarrollado, no implica que necesariamente este proceso se tenga que replicar para las economías que están en vías de desarrollo. A pesar de que muchos consideran que este proceso es replicable (Hettige et al., 1998: 13 y Rothman, 1998: 180), el hecho de que exista un gran número de economías de ingreso bajo y mediano con un alto porcentaje de su producción conformada por el sector servicios, implica que es posible que una fuerte presencia del “sector servicios” puede constituir también un indicador de subdesarrollo o incluso de que el desarrollo económico no pase por la industrialización convencional (por ejemplo, basado en el sector turístico o en un medio agrícola altamente productivo como el de Nueva Zelandia).

El efecto composición o reacomodo de los sectores en la formación del producto interno bruto (PIB), ha sido observado en economías con un alto nivel de desarrollo y es seguido por una reducción en las emisiones de contaminantes industriales y del consumo

de energía para tales fines, lo que lleva a algunos a suponer la validez de la hipótesis de la CKA (Grossman y Krueger, 1991; Rothman, 1998).

Por otra parte, hay quienes sostienen que el efecto composición para la contaminación tóxica no siempre funciona de la misma manera o que existe evidencia mezclada para un amplio rango de indicadores ambientales (Hettige et al., 1992; Lucas, 1996, citados por Stagl, 1999, respectivamente). Ekins luego de analizar la evidencia empírica sugiere:

- 1) que el efecto composición se agrega al efecto escala a menores niveles de ingreso, i.e., causa un crecimiento de la contaminación ambiental más rápido que el del ingreso;
- 2) que actúa en contra pero no contrarresta totalmente el efecto escala a altos niveles de ingreso;
- 3) que los efectos en 1) y 2) pueden responder en alguna medida al desplazamiento de industrias sucias de países de alto ingreso a los de bajo ingreso debido a regulaciones ambientales más estrictas en los primeros, lo cual erosiona la ventaja comparativa de tales países en estas industrias (Ekins, 2000: 204).

2.2 El efecto desplazamiento

El proceso de globalización interacciona con el aumento del flujo internacional de mercancías y se basa en el incremento de la división internacional del trabajo. Esta tendencia ha permitido que los países en vías de desarrollo aumenten sus exportaciones de bienes manufacturados hacia los desarrollados, mientras que éstos últimos se especializan en la producción y exportación de servicios y conocimiento. El hecho de que los países del Norte tiendan a importar bienes manufacturados desde el Sur ha generado en los primeros una reducción en las emisiones de algunos contaminantes.

Diversos estudios han encontrado que la reducción en los niveles de contaminación de los países desarrollados está asociada a un aumento de las emisiones de contaminantes en los países en desarrollo (PeD). Algunos estudios han revelado que los PeD de Asia desplazaron a las economías de la OCDE como los mayores generadores mundiales de contaminación hídrica industrial (Hettige et al., 1998). Low y Yeats (1992) muestran que las industrias intensivas en contaminantes suman un creciente porcentaje de las exportaciones de algunos países en desarrollo mientras que en los países desarrollados este porcentaje es decreciente.

Considerables posiciones críticas se pueden encontrar en torno a la validez del efecto desplazamiento (Cfr. Stagl, 1999; Suri and Chapman, 1998; Alier y Roca, 2000). El argumento central es que el desplazamiento de actividades contaminantes hacia otros países generalmente menos desarrollados o con menores regulaciones ambientales no justifica la veracidad de la hipótesis de la CKA, pues la contaminación ambiental no está

disminuyendo, tan sólo se está trasladando⁵. Tampoco se puede afirmar que la exportación de actividades contaminantes garantiza su eliminación o al menos la eliminación de sus productos indeseables a largo plazo, pues en la medida en que los países en desarrollo avancen necesitarán de países menos adelantados hacia los cuales trasladar sus actividades industriales y particularmente las más contaminantes. La escasez de países hacia los cuales trasladar éstas actividades ocasionaría que los países que más tardan en desarrollarse no se puedan beneficiar de la interacción del efecto composición y el efecto desplazamiento

A raíz de las críticas suscitadas, algunos sugieren utilizar el consumo en lugar de la producción como un mejor indicador del impacto ambiental (Cfr.: Alier y Roca, 2000 y Rothman, 1998). Esta sugerencia es muy válida ya que como Alier y Roca (2000) han señalado, muchas presiones ambientales que se manifiestan localmente tienen un origen externo, como lo es la explotación de bancos de pesca y de terrenos fértiles con fines de exportación para abastecer la demanda de los países desarrollados.

2.3 El ambiente como bien de lujo

Si por un momento suponemos que el ambiente es un bien de lujo, es decir un bien para el que los aumentos en el ingreso suponen un aumento en la demanda más que proporcional (i.e. la elasticidad ingreso de la demanda es entonces mayor que uno). Entonces podemos esperar que conforme aumente el nivel de ingreso de un país sus ciudadanos tendrán mayor disposición y mayor capacidad para pagar y exigir por bienes que sean producidos bajo condiciones ambientalmente amigables. Por lo tanto, sería beneficioso para el medio que los consumidores aumenten su nivel de ingreso en el tiempo y que de esta manera las prácticas y las regulaciones ambientales aumenten de forma tal que el crecimiento en el ingreso no sea perjudicial para el entorno (de la Calle, 1999: 7).

A pesar de la coherencia de esta tesis, no se ha podido constatar a ciencia cierta que un mayor nivel de ingreso aumenta la disposición a pagar de los consumidores por bienes ambientalmente amigables. La existencia de estudios con resultados a favor y en contra además de los no concluyentes es tal vez la mejor señal de que la controversia aún persiste (Pereyra y Rossi, 1996: 1 y 2 y Stagl, 1999: 9). Pero a pesar de que algunos han encontrado elasticidades con respecto al ingreso de bienes ambientales mayores que uno, éstas tienden a disminuir después de un punto máximo. Costa (1997) citado por Pereyra y Rossi (1996) encuentra que los bienes de recreación (comúnmente utilizados como variable proxy para estimar la demanda por calidad ambiental) son elásticos en los Estados Unidos pero con tendencia a reducir su coeficiente de elasticidad, que pasa de dos a inicios del siglo XX a poco más de uno en los noventa. Incluso un estudio encontró que en Uruguay las familias pobres tienen mayor elasticidad ingreso para bienes ambientales que las familias ricas (Op cit., 9).

⁵ Este tema será objeto de análisis más profundo en la sección 3.4.

Algunos consideran que en muchas ocasiones es posible demostrar que son las familias más pobres y no las ricas las que tienen una mayor demanda por el ambiente. La gente pobre y de zonas que dependen directamente del ambiente tiende a protegerlo más rápidamente cuando éste se degrada. Éste tipo de personas no necesita volverse rica para adquirir sensibilidad ambiental (Ekins, 2000).

2.4 El progreso tecnológico

Una explicación adicional al cambio en el comportamiento de la relación ambiente / crecimiento, es la mejora de los procesos de producción ocasionada por el cambio tecnológico. Éste efecto puede reducir la presión sobre el ambiente a través de diferentes formas.

En primer lugar un aumento en la eficiencia de los procesos productivos conduciría a reducir la cantidad de insumos requerida para producir la misma o incluso mayor cantidad de bienes; en segundo lugar, el progreso tecnológico puede aumentar la capacidad de sustitución de los recursos altamente contaminantes o degradantes del medio por otros más amigables; en tercer lugar la transferencia tecnológica realizada por los países en vías de desarrollo, ocasiona que ahora sus patrones de crecimiento generen menores impactos ambientales negativos que antes, e incluso menores que los que registraron los países desarrollados en sus etapas iniciales de industrialización. Este elemento ha hecho suponer a algunos que la CKA así como su punto máximo será menor para los países en vías de desarrollo que para los desarrollados en iguales niveles de ingreso, es decir, que el primer grupo de países reproduciría la forma de la curva de los últimos pero a niveles inferiores de deterioro ambiental (Banco Mundial, 1992: 44).

Este argumento tiene el carácter de “media verdad”. Esto es, estamos dispuestos a aceptar que *por regla general* una inversión por parte de una empresa transnacional proveniente de un país industrial trae consigo una tecnología ambientalmente superior, desarrollada en un marco de exigencias mayores. Esto puede mejorar la situación cuando la nueva inversión desplaza a una anterior en el mismo sector, que es más atrasada. Este es un caso bastante común.

Pero cuando la nueva inversión trae consigo cambios en la composición de la economía, la situación se complica. Como ejemplo extremo podemos pensar en una gran inversión para la transformación de acero, en un país donde este metal no se producía. La tecnología puede ser de punta, pero agrega un proceso productivo que suele ser contaminante de por sí. Podríamos ir más allá y pensar en una empresa de procesamiento de desechos tóxicos importados.

Aún dando por sentado este proceso virtuoso de recambio en la calidad ambiental de las tecnologías, esto no excluye la existencia de una buena cantidad de empresas que golpean día tras día las puertas de los PeD para aprovechar barreras ambientales inferiores.

2.5 Las regulaciones ambientales

Las regulaciones ambientales forman parte de un grupo de variables muchas veces no incluidas en los modelos que tratan de probar la validez de la CKA. Sin embargo en la mayor parte de los casos el deterioro ambiental disminuye como respuesta a reformas institucionales nacionales o internacionales en materia de ambiente (Stagl, 1999: 8; Unruh and Moomaw, 1998: 227). Esto se debe a que las reformas permiten a los usuarios privados tomar en cuenta el costo social de sus acciones.

Por lo general, los países desarrollados contemplan en su legislación regulaciones y normas ambientales más estrictas, a raíz primordialmente de su capacidad técnica y económica para ponerlas en práctica así como de la preocupación de sus ciudadanos por velar que la protección del medio esté debidamente respaldada por una normativa clara y rigurosa. Esto nos permite suponer que conforme el ingreso crece, los ciudadanos se preocupan por aplicar mejores normas ambientales y además tienen la capacidad de hacerlo, por lo que después de cierto punto, a mayores niveles de ingreso la contaminación ambiental tenderá a disminuir tal como lo supone la hipótesis de la CKA. Esta posición es avalada por el Banco Mundial cuando afirma que “a medida que los ingresos aumentan, la capacidad para invertir en mejores condiciones ambientales y la disposición a hacerlo aumentan también” (Banco Mundial, 1992: 43).

Por antonomasia al nivel de ingreso, algunos autores han sugerido aspectos institucionales como variables explicativas más significativas para describir el grado de deterioro ambiental (Torras and Boyce, 1998 citados por Stagl, 1999). El problema radica en la dificultad de incluir este tipo de variables en modelos econométricos, así como en la dificultad de separar el efecto de las regulaciones ambientales sobre los efectos anteriormente comentados (composición, desplazamiento, ingreso y progreso tecnológico). Bien puede suceder que una normativa ambiental más estricta se vea materializada en un cambio tecnológico más acelerado o en un mayor desplazamiento de las industrias contaminantes, por lo que el coeficiente de la variable que mide la regulación ambiental no captaría el efecto que un cambio en ella produce, sin embargo los otros coeficientes de cambio tecnológico y/o de efecto desplazamiento sí.

Según algunos, el hecho de que exista un nivel adecuado de participación en la toma de decisiones políticas para que así los que se ven afectados por externalidades negativas puedan revertir la situación es relevante, además del nivel de educación y de las posibilidades de organización de los ciudadanos (Shafik, 1994 citado por Stagl, 1999). Shafik y Bandyopadhyay (1992) regresaron sus indicadores ambientales en función de indicadores de libertades políticas y civiles pero no encontraron patrones claros de comportamiento.

Dos comentarios adicionales que vale la pena destacar pues limitan el campo de acción del ingreso como precursor de mejoras ambientales son “el ingreso no parece ser el principal determinante para la legislación ambiental. La educación y las posibilidades de organizarse son probablemente buenos candidatos alternativos. El mecanismo de hacerse más ricos como un estímulo para que la gente busque la mejora del ambiente

funciona para algunas situaciones, pero no para todas” (Traducción libre de Stagl, 1999: 9). Por otra parte, estudios concluyen que las acciones ambientalistas parecen ser llevadas a cabo donde existen costos locales generalizados y beneficios privados y sociales sustanciales. Donde los costos de la degradación ambiental son pagados por otros (por gente en otros países, por las futuras generaciones o por los pobres), hay menores incentivos para alterar el comportamiento ambientalmente dañino. Por lo tanto en éstos casos no se practica la acción ambientalista (Shafik, 1994: 770).

3. ¿Porqué podría no existir la CKA?

Diversos elementos explicatorios han sido señalados anteriormente como justificación para la existencia de la CKA a la vez que han sido introducidas algunas críticas. En este apartado intentamos analizar más a fondo algunas de las principales limitaciones ya comentadas así como otras nuevas sobre la veracidad de la hipótesis de la CKA.

3.1 Emisiones vs. concentraciones

En gran parte de los modelos econométricos⁶ que han logrado comprobar la validez de la hipótesis de la CKA, se han utilizado las emisiones de distintos contaminantes como variables de estrés ambiental. Por ejemplo, se utilizan las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), plomo y partículas suspendidas (Banco Mundial, 1992; Grossman y Krueger, 1991, 1995); otros han utilizado coliformes fecales, desechos tóxicos, etc. (Grossman and Krueger, 1995 y Shafik and Bandyopadhyay, 1992). La limitación de éstos estudios es obvia, no nos dicen nada sobre el estado real del ambiente, o sobre el efecto que tales emisiones está ocasionando sobre el medio a pesar de que estén decreciendo⁷. En este caso sería más útil conocer las concentraciones de dichos elementos en su respectivo medio y confrontarlas con las concentraciones recomendadas por organismos internacionales que velan por el estado del ambiente.

Sobre este tema ya desde 1995 la histórica declaración de científicos relativa al crecimiento económico, la capacidad de carga y el ambiente, nos sugería “[e]xisten otras razones para ser precavidos en la interpretación de estas curvas en forma de U invertida. Primero, la relación ha mostrado ser válida para contaminantes que implican costos locales de corto plazo (por ejemplo, sulfuro, partículas y coliformes fecales), no para la

⁶ Ver nota técnica sobre las especificaciones de los modelos en el apéndice.

⁷ En otros términos, el impacto de cualquier nueva contaminación ambiental debería ser medido en relación al daño *adicional* que genera. Un misma dosis de contaminación puede tener impactos muy variados al agregarse a la concentración ya existente. Ningún indicador de los comúnmente usados mide este efecto acumulado.

acumulación de acervos de desechos o para contaminantes que impliquen costos de largo plazo y más dispersos (tales como el CO₂)” (Traducción libre de Arrow et al., 1995: 92).

En este sentido, existen estudios que han tratado de estimar el efecto que tiene el crecimiento económico sobre el ambiente a través de una variable que posee varios indicadores ambientales agregados. Sin embargo las conclusiones son contradictorias y en general existe evidencia mezclada al respecto (Stagl, 1999).

Siguiendo la sugerencia anteriormente comentada sobre la escasa evidencia que valide la existencia de la CKA para acervos de desechos o para contaminantes que impliquen costos de largo plazo (Arrow et al., 1995), vemos que la gran mayoría de los estudios –incluso los más recientes– tienden a confirmar esta tendencia. Las emisiones de CO₂ son una función creciente del ingreso (Shafik y Bandyopadhyay, 1992; Tucker, 1995; De Bruyn, van den Berg y Opschoor, 1998), o tienen niveles de ingreso real per cápita al que empiezan a disminuir sumamente altos o inclusive irreales de \$35 400 y \$8 millones (en adelante todas las cifras expresadas en dólares corresponderán a US\$ de 1985 PPC, salvo que se exprese lo contrario, ver el recuadro 1), respectivamente (Holtz-Eakin y Selden, 1992 citado por Ekins, 2000). La cantidad de desechos sólidos producidos por una economía tiene también una alta correlación positiva con el nivel de ingreso (Beghin y Potier, 1997 citado por Stagl, 1999). Esto supone que hay emisiones para las que claramente el crecimiento del ingreso por sí solo no brinda una solución adecuada. Una aclaración muy sensata sobre los hallazgos empíricos que hasta aquí hemos analizado es que “mientras indican que el crecimiento puede estar asociado con mejoras en algunos indicadores ambientales no indican que el crecimiento económico es suficiente para la mejora ambiental en general, tampoco que los efectos ambientales del crecimiento deben ser ignorados...” (Arrow et al., 1995: 92).

Finalmente, un estudio poco común que estima la huella ecológica⁸ en función del ingreso, encuentra que existe una relación creciente entre éstos para tres de cuatro especificaciones del modelo (lineal, log-lineal y log-cuadrática). La única especificación del modelo que encontró una relación entre estas variables en forma de U invertida (cuadrática), señala que el ingreso al que la huella ecológica empieza a disminuir es de \$21587, cifra por lo demás sumamente alta y fuera del rango de la muestra (Wackerangel et al., 1997 citado por Rothman, 1998).

3.2 La controversia en el aire

Las emisiones de contaminantes en el aire han sido ampliamente estudiadas, al menos algunas como es el caso del SO₂, las partículas suspendidas y el *smog*. Sin embargo, lejos de llegar a una conclusión certera, aún existen evidencias contradictorias sobre el comportamiento de tales emisiones en relación con el ingreso.

⁸ I.e. la cantidad de tierra y agua requerida por una economía para abastecer de forma sostenida el consumo per cápita promedio de un país. Incluye el consumo de alimentos, el consumo de madera, la energía directa y acuerpada y el área de construcción (Rothman, 1998: 190).

Recuadro 1

El ingreso corregido por la Paridad del Poder de Compra

Para establecer comparaciones de ingresos entre países, generalmente lo que se hace es presentar el PIB o su expresión per cápita en una moneda común – en la mayor parte de los casos es el dólar estadounidense-. Para tal objeto, se multiplica el nivel de ingreso de un país expresado en términos de su moneda local por su correspondiente tipo de cambio. Esta metodología tiene algunos inconvenientes que pueden tergiversar los resultados. En primer lugar, el tipo de cambio puede no reflejar estrictamente la razón de precios entre dos países y estar desviado de su valor ideal con el propósito de conseguir otros objetivos de política económica (promover exportaciones, abaratar importaciones, contener reservas monetarias internacionales, etc.). En segundo lugar, aunque en teoría los tipos de cambio se ajustan por el libre juego de la oferta y la demanda de divisas, en la práctica tales ajustes pueden rezagarse. Acciones gubernamentales como aranceles, subsidios, influencia sobre las tasas de interés, etc. pueden distorsionar la exactitud de tipos de cambio basados en mecanismos de mercado. En tercer y último lugar, existen bienes que no se comercian internacionalmente (bienes no transables), tales como los alquileres, los servicios públicos, bienes tradicionales, etc., por lo que tipos de cambio basados en el mecanismo del mercado pueden no reflejar los valores relativos de tales bienes y servicios.

Por esta razón, una serie de instituciones nacionales y regionales (BM, OCDE, Eurostat, y otras) han llevado a cabo un esfuerzo por elaborar una metodología que establezca comparaciones fidedignas del nivel de ingreso de todos los países del mundo.

Una metodología alternativa a la explicada anteriormente es la de la paridad del poder de compra (PPC), la cual estima el poder de compra de diferentes monedas más que sus tasas de cambio en el mercado. Sobre la base de comparaciones de precios y gasto para varios cientos de bienes y servicios en un gran número de países participantes, los valores relativos de monedas locales son ajustados para reflejar paridad en el poder de compra. Lo que se hace es convertir todas las monedas a una moneda común (dólares internacionales) de un país promedio, para de esta manera igualar el poder de compra de distintas monedas. El país promedio está basado en una combinación de todos los países participantes, de modo que ninguno por sí solo actúe como país base. Los valores monetarios de PPC reflejan el volumen de bienes y servicios que se pueden comprar en cualquier país. La composición de las canastas varían entre países y reflejan diferencias culturales, pero ambas canastas en principio, deben proveer un idéntico nivel de satisfacción o utilidad.

Las diferencias de ingresos entre mediciones hechas en base a tasas de cambio y en base a la PPC son llamativas. Por lo general, ocurre que el ingreso de los países en vías de desarrollo está subvaluado mientras que el de los países desarrollados se encuentra sobrevaluado. Esto por cuanto en los primeros, los precios suelen ser menores y el poder de compra mayor de lo que las tasas de cambio indican. Por ejemplo, mientras que en 1999 el ingreso per cápita real de Honduras y Brasil (en dólares constantes de 1995) de acuerdo a sus tasas de cambio era de \$689 y \$4479 respectivamente, el ingreso de éstos mismos países corregido por la PPC ascendía a \$2340 y \$7037, respectivamente.

Si bien es cierto el tema del cálculo de la PPC puede ser controvertido y es objeto de múltiples estudios, hemos decidido traerlo a colación pues goza de amplia aceptación y todos los estudios sobre la CKA lo utilizan.

En primer lugar tenemos el SO₂ o dióxido sulfúrico. Algunos han encontrado una relación en forma de U invertida entre esta variable y el ingreso, con ingresos límite diferentes, de \$3000 (Panayotou, 1993), \$3700 (Shafik y Bandyopadhyay, 1992) y \$8900 y \$10700 (Selden y Song, 1994, en modelos con efecto fijo y aleatorio respectivamente). Otros han encontrado una relación en forma de N como la que comentamos en la sección 3.3: Grossman y Krueger (1991, 1995) y Grossman (1993). Algunos encuentran que el SO₂ tiene una relación directa con el ingreso cualquiera que sea el nivel de éste (De Bruyn, van den Bergh y Opschoor, 1998).

Por su parte, las concentraciones urbanas de partículas de material suspendido tienen una relación de U invertida en el modelo de Shafik y Bandyopadhyay (1992), con un ingreso límite de \$3300, al igual que en el estudio de Grossman (1993) para el caso de los Estados Unidos pero con un ingreso límite de \$16000 (US\$ de 1987). Panayotou (1993) encuentra esta misma relación pero para emisiones per cápita⁹ con un ingreso límite de \$4500, al igual que Selden y Song (1994) éste con ingresos límite de \$9800 y \$9600 para los modelos con efecto fijo y aleatorio respectivamente. Finalmente Grossman y Krueger (1991) encuentran una relación monótona decreciente en un modelo con efectos fijos y una relación monótona creciente en un modelo con efectos aleatorios.

El caso de las concentraciones de *smog* no es tan irregular; en todos los estudios asume una forma de N (Grossman and Krueger, 1991 y 1994; Grossman, 1993). Lo que vale la pena traer a colación de estos estudios, es que a pesar de que existe un rango de ingreso en el que las concentraciones disminuyen, tal disminución nunca alcanza el máximo recomendado por organismos internacionales como la organización Mundial de la Salud. Los estudios muestran cómo luego de alcanzar un ingreso de menos de \$1000 donde las concentraciones están en el máximo de su límite (150 ug m⁻³ al 98° percentil), los países continúan aumentando sus concentraciones de smoke hasta alcanzar un nivel de ingreso de entre \$4000 y \$5000, al cual empiezan a reducirse. Pero una vez alcanzado un ingreso de alrededor de \$10000 donde las concentraciones están muy por encima de las recomendadas (aproximadamente 250 ug m⁻³ al 98° percentil) las concentraciones de *smog* aumentan sostenidamente y la situación empieza a empeorar nuevamente (Grossman and Krueger, 1991: 17).

3.3 La curva en forma de N

Estudios empíricos que estiman la relación entre el grado de contaminación ambiental y el nivel de ingreso han encontrado diversas formas de comportamiento, como se muestra en el gráfico 1.

En ocasiones, según sea la variable de estrés ambiental utilizada (ya sean emisiones de contaminantes o concentraciones de éstos), se observa un comportamiento en forma de N a través de distintos niveles de ingreso (ver gráfico 1 e)). Lo cual quiere

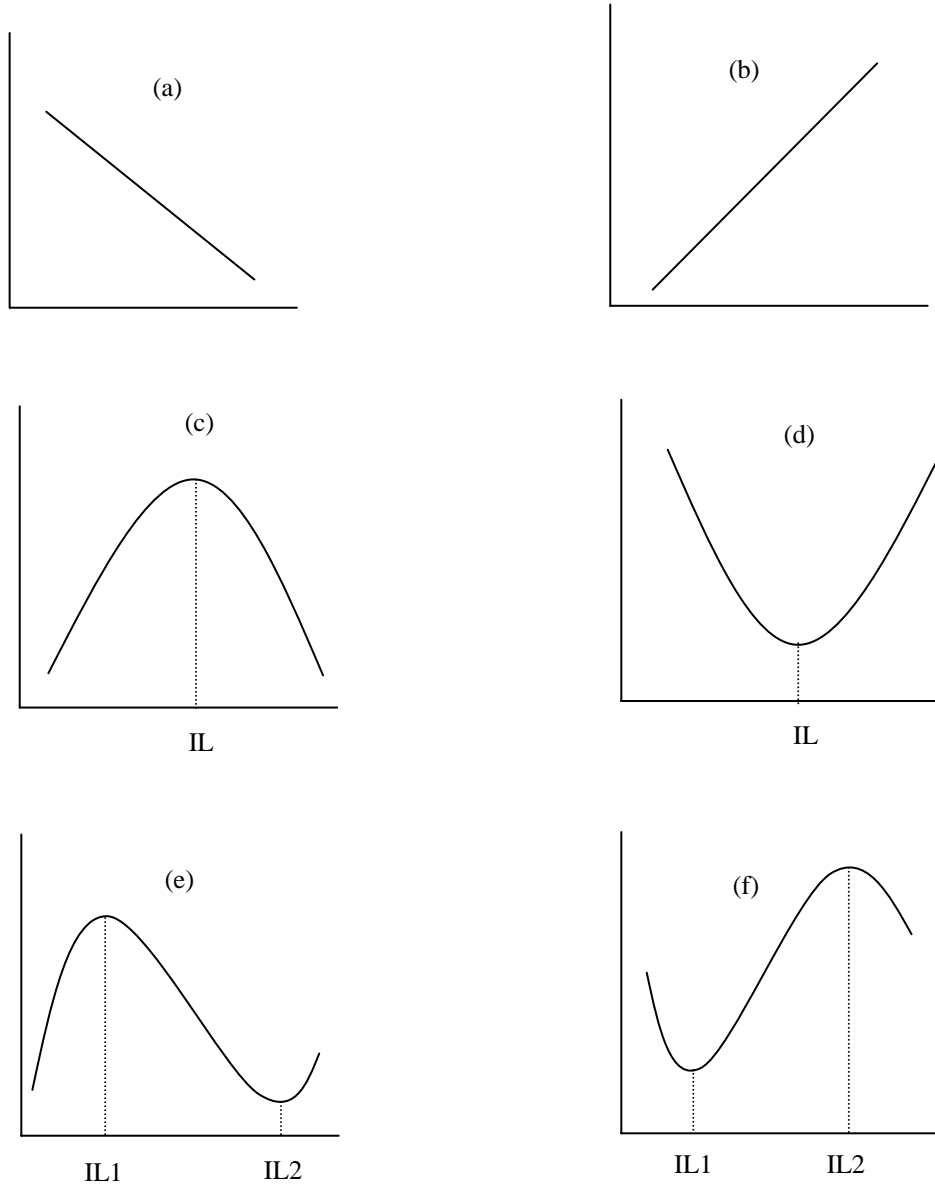
⁹ Hacemos la salvedad en este caso pues las limitaciones de los estudios que utilizan emisiones per cápita son obvias, dado que no toman en cuenta el efecto escala.

decir que aunque en una primera fase se compruebe la validez de la CKA, posteriormente si el ingreso siguiera aumentando, la tendencia a disminuir la contaminación se revertiría. Esto generalmente ocurre a niveles de ingreso muy altos pocas veces observados en los países que conforman la muestra, sin embargo si el modelo es válido refleja una situación que podría ocurrir a largo plazo.

El primero en observar esta tendencia fue el estudio de Grossman y Krueger (1991). Ellos estiman el primer punto de cambio de la pendiente de la curva de emisiones de SO₂ en el nivel de ingreso de entre \$4000 y \$5000, sin embargo la curva se torna creciente nuevamente al llegar a los \$14000. Los autores aseguran no tener confianza en esta parte de la curva pues únicamente dos países superan tales niveles de ingreso Canadá y Estados Unidos (Grossman and Krueger, 1991: 15).

Posteriormente varios estudios han observado esta misma tendencia (Grossman and Krueger, 1995; Stagl, 1999 y De Bruyn et al., 1998). Lo que se arguye entonces es que la hipótesis de la CKA no puede sostenerse a largo plazo, no parece ser un proceso que prevalezca bajo condiciones de crecimiento económico sostenido. Sería tan solo un fenómeno temporal en el que se ubicarían los países con un nivel de ingreso entre los \$5000 y los \$12000 aproximadamente, según sea el contaminante.

Gráfico 1
Posibles formas que puede tomar la relación ente el ambiente y el ingreso



FUENTE: Ekins, Paul, 2000: 186.

IL = Ingreso límite, nivel de ingreso en el que la pendiente de la curva cambia de signo (donde la primera derivada es igual a cero, es decir, este nivel marca un punto de inflexión en la curva).

3.4 La relación comercio y ambiente

La relación que existe entre el comercio y el ambiente ha sido ampliamente estudiada desde inicios de la década de los noventas.

Están quienes aseguran que el comercio tiene un efecto positivo a largo plazo sobre el ambiente si es capaz de aumentar el crecimiento económico. Esta posición se sustenta en varias hipótesis. La primera es que el intercambio comercial y la inversión entre los países aumenta la transferencia de tecnología con lo que los países en vías de desarrollo pueden lograr un mayor crecimiento económico generando un menor impacto sobre el ambiente si acentúan su inserción en el mercado mundial. Cuando una compañía manufacturera invierte en otro país, establece sus instalaciones con el mismo tipo de tecnología ambiental que lo hace en el país donde está la sede (generalmente es una tecnología ambientalmente superior a la que existe en el país huésped), esto por cuanto desea competir en el mercado mundial, y además carece de sentido empresarial tener dos diferentes tipos de tecnologías ambientales (de la Calle, 1999: 4). La segunda es que un incremento en el crecimiento económico a raíz de una mayor apertura, genera un aumento en la demanda por calidad ambiental, lo cual se traduce en la exigencia de normas ambientales y regulaciones más estrictas, además de una mayor disposición a pagar por bienes producidos bajo condiciones ambientalmente amigables (Grossman and Krueger, 1991 y de la Calle, 1999).

Por otra parte están quienes consideran que el intercambio comercial entre países puede generar una mayor presión ambiental (Suri and Chapman, 1998; Alier y Roca, 2000). El argumento básico de esta línea de pensamiento es que el efecto desplazamiento comentado en la sección 2.2 es significativo y es perjudicial para el medio.

Lo que los lleva a suponer tal cosa es el hecho de que numerosos estudios subrayan la tendencia de los países desarrollados a disminuir sus niveles de contaminación ambiental a la vez que los países en vías de desarrollo los aumentan. Esto se explica por el traslado de industrias intensivas en contaminantes del norte desarrollado hacia el sur en vías de desarrollo a raíz de normas ambientales más estrictas en los primeros¹⁰ (Lucas et al., 1992 citado por Suri and Chapman, 1998; Furst, 2000 y Stagl, 1999). Tal tendencia se conoce como la “hipótesis de los refugios de contaminación” y algunos autores afirman que se ha visto intensificada gracias a los procesos de subcontratación (outsourcing) de fases de producción y el aumento de la inversión extranjera en el sur (Furst, 2000: 155). Otros estudios han encontrado que las industrias intensivas en elementos contaminantes suman un creciente porcentaje de las exportaciones de algunos países en vías de desarrollo, mientras que en los países

¹⁰ Los estudios sobre este tema señalan sin lugar a dudas un aumento en el número de industrias “sucias” en países en desarrollo y una disminución de estas en países desarrollados. Sin embargo, la explicación de tal tendencia no es atribuible a una sola causa, sea ésta una pérdida de competitividad de empresas altamente contaminantes en países desarrollados a causa de fuertes regulaciones ambientales –y el consiguiente aumento de la competitividad de sus rivales de países en vías de desarrollo– o, como suponen algunos, el traslado de industrias “sucias” del Norte al Sur a causa de las regulaciones comentadas. Para una revisión del tema Cfr. Letchumanan, R., 2000; Hettige, H. et al., 1998; Eskeland, G. and Harrison, A., 1997 y Low, P. and Yeats, A., 1992.

desarrollados este porcentaje es decreciente y además, que el monto de bienes manufacturados que importan los países desarrollados, explica la disminución en la demanda de energía comercial de los mismos (Low and Yeats, 1992 y Suri and Chapman, 1998: 197). También se ha encontrado que la intensidad tóxica disminuye con la apertura de la economía y que la tasa de aumento de la intensidad tóxica de las manufacturas aumentó en los países más pobres (Hettige et al., 1992, citado por Stagl, 1999).

Esta tendencia implica que probablemente la existencia de la CKA en los países desarrollados esté asociada a un aumento en el deterioro del medio en los países en vías de desarrollo, a medida que éstos se tornan cada vez más industrializados. Además, que gran parte de las exportaciones de manufacturas que los países del Sur realizan a los países del Norte conllevan implícitamente que los primeros acepten un poco de la contaminación que generan los patrones de consumo de los últimos.

No queremos dar a entender con esto que todos los problemas ambientales de los países en vías de desarrollo se originan en su inserción en el mercado internacional y que por tanto sería mejor que se desvincularan del mismo. Lo que sí creemos es que los países desarrollados deberían aceptar internalizar el costo ambiental que provocan los bienes que importan desde el Sur (cuando sea posible mostrar que tal costo existe) y que por tanto exista un comercio más justo y ambientalmente más amigable. Esto es factible lograrlo mediante múltiples mecanismos tales como pago de mayores precios a bienes que no contaminen, transferencia de tecnología, cooperación técnica en materia ambiental, etc. En este sentido, será necesario dar seguimiento a los impactos del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte, así como otros similares que vayan surgiendo, como el de Chile-Canadá y Costa Rica-Canadá (Cfr. Gitli y Murillo, 2001: 390).

Por otra parte, también existen corrientes de pensamiento que aseguran que la evidencia no señala que los patrones de comercio respondan a la diferencia entre las regulaciones ambientales de los países. Un caso concreto es el de Grossman y Krueger (1991) que realizan una previsión de lo que ocasionaría el Tratado de Libre Comercio de las Américas (TLCAN) en términos ambientales. A través de una simulación matemática no encuentran que el patrón de comercio responda a regulaciones ambientales, por lo que concluyen que para el caso particular del TLCAN, el patrón comercial se acomodará de acuerdo al costo de algunos factores de la producción y particularmente al costo de la mano de obra. Por lo que serían las industrias intensivas en mano de obra con baja calificación las que probablemente se trasladarían a México, mientras que las actividades que requieren gran cantidad de capital y mano de obra altamente entrenada se trasladarán o permanecerán en los Estados Unidos y Canadá (Grossman and Krueger, 1991: 29).

Por último, Rothman (1998) luego de analizar una amplia bibliografía sobre el tema de la hipótesis de los refugios de contaminación, concluye que la evidencia es mezclada, y que el resultado neto del efecto desplazamiento dependerá de cada situación particular. Por lo que no queda más que realizar estudios específicos en cada caso.

3.5 El ingreso límite

Un dato muy valioso a tomar en cuenta es el nivel de ingreso al que según los estudios los individuos logran revertir la tendencia perniciosa del crecimiento económico sobre el ambiente. En otras palabras, sería el nivel de ingreso que maximiza la función de contaminación o el punto máximo de la CKA, en adelante le llamaremos *ingreso límite*. Los estudios arrojan diversos resultados.

Del cuadro 1 se desprende que el menor nivel de ingreso al que empieza a decrecer algún indicador de deterioro ambiental es de \$823 (Panayotou (1993) para el caso de la tasa de deforestación en países en vías de desarrollo). En el caso del SO₂ (medido en términos de concentraciones urbanas) el ingreso límite más asequible ronda los \$3700, para NO_x es de \$5500, para las partículas de material suspendido es de \$3300, para coliformes fecales es de \$8000, para la demanda biológica de oxígeno en el agua es de \$7600 y para la demanda química de oxígeno es de \$7900. Si tomamos en cuenta que según información del Banco Mundial casi la mitad de la población del mundo (2.8 miles de millones de personas) vive con menos de \$730 al año (World Bank, 2001: 3), rápidamente nos damos cuenta que aún falta crecer y por tanto degradar mucho más el medio para poder alcanzar el nivel de ingreso límite de muchos contaminantes. Hay que resaltar que para emisiones como el CO₂ y otros indicadores ambientales con efectos a largo plazo se han encontrado niveles de ingreso máximos inalcanzables o irreales para cualquier habitante del mundo (Holtz-Eakin and Selden, 1992 y Suri and Chapman, 1998).

Con estos datos nos surgen dos dudas. En primer lugar, la mayor parte de la población del mundo vive todavía en la parte creciente de la CKA, por lo que la degradación del medio continuará por bastante tiempo si esperamos hasta que el mecanismo del ingreso opere para tomar medidas más sistemáticas y coordinadas a nivel mundial. En segundo lugar, del análisis de la CKA no se puede desprender qué ocurrirá con aquellos daños que una vez hechos son imposibles de reparar (daños irreversibles) como la pérdida de biodiversidad. Por tanto puede que el precio que tengamos que pagar en términos ecológicos por esperar a que el crecimiento del ingreso solucione nuestros problemas ambientales sea demasiado alto.

En relación con esto, otros estudios han tratado de prever qué pasará en el futuro con algunos indicadores ambientales de acuerdo a hallazgos hechos con la CKA. Dentro de ellos tenemos:

“Los flujos globales de todas las cuatro emisiones (SO₂, partículas suspendidas, NO_x y CO) permanecen igual o por encima de sus niveles de 1986 a través de todo el próximo siglo, aún en los escenarios más optimistas” (Traducción libre de Selden and Song, 1994 citado por Ekins, 2000: 208, paréntesis nuestro).

“Las emisiones de SO₂ per cápita aumentan de 73 Kg. a 142 Kg. de 1990 al 2025. Las emisiones globales aumentan de 383 millones de toneladas en 1990 a 1181 millones de toneladas en el 2025” (Traducción libre de Stern et al. 1994 citado por Op cit.: 208).

Cuadro 1

Indicador / Autor	Ingreso límite (US\$ de 1985)	Forma de la curva¹
SO ₂ , epc ³ / Panayotou, 1993	3000	c
SO ₂ , cu ² / Shafik and Bandyopadhyay, 1992	3700	c
SO ₂ , cu / Grossman and Krueger, 1991	1. 4100 2. 14000	e
SO ₂ , cu / Grossman and Krueger, 1994	1. 4100 2. 14000	e
SO ₂ , epc / Selden and Song, 1994	1. 8900 ⁴ 2. 10700	c
NO _x , epc / Panayotou, 1993.	5500	c
NO _x , epc/ Selden and Song, 1994.	12000 ⁴ 21800	c
PMS ⁸ , cu / Shafik and Bandyopadhyay, 1992	3300	c
PMS, epc / Panayotou, 1993	4500	c
PMS, epc / Selden and Song, 1994	1. 9800 ⁴ 2. 9600	c
Smoke, cu / Grossman, 1993	1. 4700 2. 10000	e
Smoke, cu / Grossman and Krueger, 1991	1. 5000 2. 10000	e
Smoke, cu / Grossman and Krueger, 1995	6200 n.r. ⁹	e
CO, epc / Selden and Song, 1994.	6200 ⁴ 19100	c
CO ₂ , epc / Holtz-Eakin and Selden, 1992.	1. 35400 ¹⁰ 2. 8000000	c
Nitrógeno en el agua / Grossman, 1993	1. 5900 2. 11900	f
Nitrógeno en el agua / Grossman and Krueger, 1995	10500	c
Plomo en el agua / Grossman and Krueger, 1995	1887 14000	e
Coliformes fecales / Grossman and Krueger, 1995.	8000	c
Coliformes fecales / Grossman, 1993.	8500	c
Coliformes fecales / Shafik and Bandyopadhyay, 1992.	1. 1400 2. 11400	e
Coliformes totales / Grossman and Krueger, 1995.	1. 3043 2. 8000	e
DBO ⁵ en el agua / Grossman and Krueger, 1995.	7600	c
DBO en el agua / Grossman, 1993.	10000	c
DQO ⁶ en el agua / Grossman and Krueger, 1995.	7900	c
DQO en el agua / Grossman, 1993.	10000	c
Tasa deforestación / Panayotou, 1993.	823 ⁷ 1200	c
Memo PIB per cápita de América Latina y el Caribe 1999 (US\$ 1985 PPC)	4820	

1/ Forma de la curva de acuerdo al gráfico 1.

2/ Concentraciones urbanas.

3/ Emisiones per cápita.

4/ Los ingresos límite dados son para modelos con efecto fijo (1) y con efecto aleatorio (2). *Continúa...*

Continuación Cuadro 1.

5/ Demanda biológica de oxígeno.

6/ Demanda química de oxígeno.

7/ Los dos resultados se refieren a las dos regresiones en diferentes muestras, una contiene 41 países en desarrollo únicamente (1) y la otra agrega 27 países desarrollados a esta (2).

8/ Partículas de material suspendido.

9/ n.r. no reportado.

10/ Estimaciones para dos ecuaciones cuadráticas diferentes. El término cuadrático de la segunda ecuación es poco significativamente diferente de cero, lo cual explica el muy alto nivel de ingreso límite de más de \$8 millones.

FUENTE: Elaboración propia.

“[L]a cobertura de bosque tropical continúa decreciendo a través del período de 18.5 millones de Km.² en 1990 a 9.7 millones de Km.² en el 2025” (ídem).

Hemos elaborado algunas proyecciones del tiempo que tardarían los países en vías de desarrollo (países con ingreso medio y bajo) en general y los países de América latina y el Caribe (ALC) en particular, en alcanzar el ingreso límite promedio¹¹ de algunos contaminantes para la calidad del aire y del agua. Como se observa en el cuadro 2, dado que los países en vías de desarrollo tuvieron un ingreso per cápita de \$2150 en 1999, les tomaría 42 años alcanzar un ingreso lo suficientemente alto como para empezar a reducir sus emisiones per cápita de SO₂, suponiendo que el ingreso per cápita real crece a una tasa muy optimista del 3% anual. Por su parte, los países de ALC tuvieron un ingreso per cápita de \$4820 en 1999, por lo que tardarían 15 años para que su ingreso les permitiera ubicarse en la parte descendiente de la curva de emisiones de SO₂.

¹¹ Para su cálculo se promediaron los ingresos límite de los estudios cuyo resultado fue un hallazgo inequívoco de una relación de U invertida entre el ingreso y las emisiones del contaminante analizado (i.e. las curvas que tienen forma de “c” según el cuadro 1). Además como los ingresos límite y los estudios debían ser comparables, utilizamos los contaminantes medidos en términos de emisiones per cápita para el caso del aire y en concentraciones para los del agua.

Cuadro 2

Años que tardarían los países en alcanzar el ingreso límite para las emisiones de distintos contaminantes¹						
Países o regiones (PIB per cápita real de 1999 ³)	Contaminante / medio (ingreso límite promedio²)					
	SO₂, epc⁴ / aire (\$7,533)	NO_x, epc / aire (\$13,100)	Partículas de material suspendido, epc / aire (\$7,967)	Coliformes fecales / agua (\$8,250)	Demanda Biológica de Oxígeno / agua (\$8,800)	Demanda Química de Oxígeno / agua (\$8,950)
Países con ingreso medio y bajo ⁵ (\$2,150)	42	61	44	46	48	48
América Latina y el Caribe (\$4,820)	15	34	17	18	20	21

1/ Para realizar esta proyección utilizamos una tasa de crecimiento geométrica del PIB per cápita real de 3%, la cual es muy optimista si tenemos en cuenta que tal tasa fue de apenas el 1% en promedio en América Latina para el período 1990-1999.

2/ Para su cálculo se tomaron en cuenta únicamente las curvas que cumplieran estrictamente con la hipótesis de la CKA, curvas con la forma “c” según el cuadro 1.

3/ Expresado en US\$ 1985, PPC.

4/ Emisiones per cápita.

5/ Según la clasificación del Banco Mundial (World Development Indicators, 2001).

FUENTE: Elaboración propia.

3.6 Los shocks y los eventos históricos

Algunos estudios que intentan explicar las emisiones per cápita de CO₂ a través de hallazgos empíricos como el de Unruh y Moomaw (1998), han encontrado que el nivel de ingreso puede no ser la variable que explica su comportamiento en países desarrollados. Utilizando una metodología un tanto diferente a la que hemos comentado hasta el momento, llamada “Análisis de Sistemas Dinámicos no Lineales”, los autores señalan que los cambios en el nivel de emisiones no parecen ser el resultado de variables endógenas en el crecimiento del ingreso, sino más bien el resultado de eventos históricos co-temporales y la respuesta a shocks externos.

La técnica empleada permite la identificación de patrones temporales y cambios discontinuos, por eso provee un método de análisis alternativo y útil para complementar y contrastar las aproximaciones tradicionales a la CKA. La elaboración de diagramas de fase para el nivel de emisiones per cápita en países analizados individualmente a través de un período largo (1950-1992) permite mostrar si el desarrollo de las trayectorias de

emisiones en el tiempo es regular o irregular ¿Qué tipos de transiciones experimentan? y ¿cuándo se desarrollan los atractores¹² de emisiones si es que se desarrollan?

Los autores del estudio encuentran que los 16 países analizados reportan un comportamiento muy similar. El año en que se desarrolla el atractor es 1973. Lo cual implica que partir de ésta fecha los países tienden a nivelar sus emisiones de CO₂ per cápita en un nivel inferior, similar al de años anteriores. Esto es posible a través del cambio tecnológico o de una política de promoción de energías alternativas como fue el caso de Francia quien luego del primer shock petrolero de 1973 profundizó una política ya existente de uso de energía nuclear.

Posteriormente proceden a realizar una evaluación estadística para determinar qué fue más importante en este cambio de actitud en las emisiones: el nivel de madurez ambiental correspondiente a un ingreso alto o algún evento histórico alrededor de 1973. Dado el amplio rango entre los niveles de ingreso (\$7900 a \$14500) y las numerosas excepciones (países productores de petróleo) en el desarrollo del atractor no es posible elegir uno como el más representativo del punto de cambio o ingreso al que las emisiones tienden a disminuir.

Se procede entonces a dividir la desviación estándar de los ingresos, emisiones y año pico (i.e. año en que se reporta el nivel máximo de emisiones de CO₂ per cápita), entre sus respectivos promedios, para todos los países y se convierte esta magnitud en porcentajes comparables. Con este procedimiento encuentran que la dispersión es mayor para el nivel medio de emisiones e ingreso y menor para la media del año pico. “La dispersión alrededor de la media de la medida de ingreso es dos órdenes de magnitud mayor que la medida del año pico (16.4 y 0.16, respectivamente). Claramente la transición (hacia menores niveles de emisiones de CO₂) no está mejor correlacionada a un nivel de ingreso específico sino a eventos históricos comunes para los 16 países” (Traducción libre de Unruh and Moomaw, 1998: 226, paréntesis nuestro).

3.7 Las limitaciones econométricas de algunos estudios

Los estudios empíricos más recientes sobre la validez de la CKA han puesto especial énfasis en la fortaleza de los modelos mediante a) la actualización de las bases de datos; b) la utilización de nuevas fuentes de información; c) la elaboración de especificaciones alternativas de los modelos econométricos.

Un importante hallazgo ha sido la alta sensibilidad de los modelos de la CKA ante cambios en la fuente de información. El estudio llevado a cabo por Harbaugh, Levinson y Wilson (2000), corrige y actualiza la base de datos sobre emisiones de SO₂, smog y

¹² Los atractores son eventos históricos o shocks externos que hacen que una determinada tendencia cambie radicalmente de dirección. Para el caso de las emisiones per cápita existirían cuando éstas luego de atravesar una etapa de continuo crecimiento en el tiempo, tiendan a devolverse a niveles anteriores de emisiones – por lo general menores.

partículas suspendidas utilizada por Grossman y Krueger (1991) así como por el Banco Mundial (1992). Sobre el primer punto, encuentran resultados ampliamente diferentes a los reportados por estudios anteriores en el caso del SO₂, como lo son la existencia de curvas en forma de N invertida (ver forma f) del gráfico 1) para un modelo idéntico al de Grossman y Krueger con la única diferencia que la información sobre emisiones fue corregida, y de U en el caso de un modelo igual al anterior pero con 10 años más de información.

Sobre el segundo punto –cambios en la especificación del modelo- la relación entre el ingreso y las emisiones de SO₂ cambia de tener una forma de U invertida a una simple U. Los resultados de los otros contaminantes estudiados (smog y partículas suspendidas) no fueron más alentadores. Aunque en general la relación entre éstos y el ingreso tenía forma de U invertida, la localización y magnitud de los picos dependía de la especificación de los modelos (Harbaugh, Levinson and Wilson, 2000: 10). Los resultados del estudio le permiten concluir a sus autores que: “para tres importantes contaminantes del aire, SO₂, smog y partículas suspendidas totales, encontramos que la relación estimada entre contaminación y PIB es sensible tanto a la especificación como a la muestra. Creemos que, para estos contaminantes, existe poca evidencia empírica de la existencia de una “curva de Kuznets ambiental” en forma de U invertida” (Traducción libre de Op cit., 11).

Por otra parte, existe una corriente de la literatura que se centra en el problema de la generalización de los resultados de estudios elaborados con base en información de corte transversal y datos de panel. El argumento central de la crítica a estos estudios es que más que reflejar la trayectoria del desempeño ambiental de un país en el tiempo, el resultado puede ser el reflejo de la simple yuxtaposición de los altos niveles de contaminación de países menos desarrollados con los menores y decrecientes niveles de contaminación de los países más adelantados (Vincent, 1997 citado por Panayotou et al., 2000). Adicionalmente, el supuesto implícito que se asume cuando se trabaja con datos de panel o de corte transversal, es que tanto la curvatura como el ingreso límite al cual los países empiezan a disminuir sus niveles de contaminación es el mismo. Esto equivaldría a decir que países con grandes diferencias en términos de tamaño, densidad de población, dotación de recursos, etc., presentan la misma relación ingreso / contaminación a pesar de sus diferencias, lo cual a todas luces no es del todo cierto¹³. Por ejemplo, países con gran extensión territorial pueden emitir mayor cantidad de contaminantes que países pequeños debido a que su territorio les permite absorber una mayor cantidad de ellos sin causar tantos problemas, esto evidencia, entre otras cosas, las diferencias en las estructuras productivas.

Dadas las limitaciones anteriores, lo recomendable es trabajar con series de tiempo a nivel de países, o, en su defecto, realizar análisis de homogeneidad del panel para conocer si en todos los países incluidos en la muestra se mantiene la misma relación entre el ingreso y el deterioro ambiental. Los estudios de Dijkgraaf y Vollebergh (2001 y 1998) han evaluado estudios previos de la CKA para el caso de las emisiones de CO₂ y

¹³ De aceptarse este supuesto sin la verificación estadística correspondiente, se estaría incurriendo en un problema de especificación del modelo, lo que podría invalidar los resultados.

muestran la invalidez de los resultados de datos de panel que apoyan la hipótesis de la CKA como el de Holtz-Eakin y Selden (1995) y el de Schamalensee, Stoker y Judson (1998) por las razones antes mencionadas. Básicamente encuentran evidencia mezclada sobre la forma de las curvas que relacionan el ingreso y las emisiones de CO₂ en los países tomados en forma individual por lo que concluyen que los resultados no se pueden generalizar.

Estudios similares han encontrado los mismos resultados. Stern y Common (2000) concluyen que una CKA global para el caso del sulfuro tendría problemas de especificación dados los problemas de autocorrelación que encuentran en su modelo que utiliza datos de panel. List y Gallet (1999) analizan las emisiones de SO₂ y NO_x en los 50 estados de los Estados Unidos de 1929 a 1994 y encuentran que la relación global entre tales contaminantes y el ingreso tomando en conjunto a todos los estados es similar al de una U invertida en el caso de la ecuación cuadrática y de N en el caso de la ecuación cúbica. Sin embargo, al realizar las pruebas de homogeneidad se rechaza tal especificación, lo cual sugiere que los estados no han atravesado por procesos idénticos en su relación ingreso / contaminación atmosférica (Op cit., 413). De igual manera De Bruyn (1999) investiga las emisiones de NO_x, SO₂, y CO₂ en cuatro países, Holanda, el Reino Unido, Estados Unidos y Alemania Occidental. Al realizar estimaciones de la CKA con datos de panel, encuentra que ésta es válida para el caso del NO_x y el SO₂, sin embargo, al realizar las pruebas de homogeneidad encuentra que la relación entre las emisiones y el ingreso no es similar entre los cuatro países bajo estudio por lo que lo correcto sería investigar cada caso individualmente (Op cit., 100). La conclusión del estudio, luego de corregir problemas de raíces unitarias, es que en 9 de los 12 casos estudiados existe una relación creciente entre el ingreso y las emisiones, por lo que a corto plazo el crecimiento tiene un efecto negativo sobre el ambiente en la mayor parte de los casos¹⁴.

Finalmente, un estudio elaborado por Azomahou y Phu (2001) sugiere que una mejor forma de aproximarse a la verdadera relación que existe entre el ingreso y las emisiones de CO₂ es a través de modelos no paramétricos, es decir modelos que no tienen una función predeterminada y por tanto cuentan con menos restricciones. A través de esta metodología los autores encuentran una relación compleja pero siempre creciente entre el ingreso y las emisiones de CO₂ para una muestra con países de diferentes niveles de ingreso así como para muestras más pequeñas de países de bajo y alto ingreso. Los autores también elaboraron estimaciones paramétricas para estas muestras de acuerdo al modelo de forma reducida comúnmente utilizado en los estudios de la CKA y encontraron que ésta se cumplía en los tres casos. De esta manera, proceden a comparar los resultados obtenidos mediante ambas aproximaciones y concluyen que es mejor rechazar el modelo paramétrico –el que apoya la CKA- y concluir que el ingreso tiene un efecto directo sobre las emisiones de CO₂ (Op cit., 2001: 4).

En síntesis, los resultados de análisis previos comentados en este apartado sugieren que muchos de los estudios que han encontrado evidencia sobre la existencia de

¹⁴ En el caso del CO₂ el estudio concluye que el crecimiento conlleva costos a corto y largo plazo (Ekins, 1999: 110).

la CKA basados en datos de panel o de corte transversal, pueden no ser muy sólidos si se les somete a pruebas de estabilidad, homogeneidad u otras pruebas econométricas no comentadas aquí por razones de espacio (Cfr. De Bruyn, 1999: 103 y 104; Stagl, 1999: 15 y 16 y Stern and Common, 2000: 172 y 173). Debido a esto, las conclusiones de algunos de ellos pueden ser el resultado de ecuaciones con problemas de especificación o bien, los coeficientes encontrados pueden estar sobre o subestimados. Por otra parte, el estudio de Azomahou y Phu (2001) nos sugiere además que los resultados sobre la validez de la CKA pueden estar determinados en gran medida por la forma funcional que se escoja.

Conclusiones

La evidencia sobre la validez de la hipótesis de la CKA es sin duda alguna contradictoria. Una relación en forma de U invertida entre el ambiente y el ingreso ha sido demostrada únicamente para algunos indicadores ambientales, en su mayoría emisiones de contaminantes atmosféricos asociados a fuertes regulaciones en los países desarrollados como el SO₂, y a través de modelos con restricciones específicas. Este es un punto muy importante, porque se determina la relación creciente o decreciente a través de las prioridades de los países desarrollados o economías industrializadas (por ejemplo SO₂ y NO_x), que es precisamente donde más se ha invertido para su reducción. La calidad del agua y del oxígeno son probablemente más importantes y vemos que la distancia para su mejora es bastante grande.

Los modelos que validan la hipótesis de la CKA son muy sensibles a cambios en sus especificaciones, sus bases de datos y hasta su período de estudio. Esto debe llamar la atención sobre la validez de muchos de los estudios realizados, dado que las más recientes actualizaciones de los modelos derivan en cambios en la forma de la curva y por lo tanto en la validez de la CKA. Resulta claro que cada vez nos alejamos más de la existencia de consenso en torno a la existencia de la CKA para grupos de países o regiones y esto replantea las interrogantes existentes en torno a la relación que vincula el crecimiento económico en el desempeño ambiental y sugiere que tal relación debe ser analizada país por país.

Por estas razones deben hacerse mayores esfuerzos en varios sentidos. En primer lugar, es necesario estimar adecuadamente indicadores ambientales confiables y comparables para numerosos países en períodos de tiempo largos. En segundo lugar, elaborar mejores modelos econométricos que estimen los efectos dinámicos e interacciones que tiene el ambiente con el crecimiento económico. A pesar de que muchos consideran que por la vía de las evaluaciones y la evidencia de diferentes estudios econométricos no vamos a llegar a ninguna parte, consideramos que se requieren mayores esfuerzos para generar estudios objetivos y comparables.

En los casos en los en que es muy posible que exista una relación de U invertida entre el ingreso y algún indicador ambiental, los ingresos límite necesarios para alcanzar los beneficios ambientales de la opulencia están lejos del alcance inmediato de la mayor parte de los habitantes del mundo. Por tanto, es posible que la mejor solución sea introducir mejoras ambientales a través de legislaciones y acuerdos internacionales desde

ahora, antes de que sea demasiado tarde para algunas especies o ya no quede ambiente que proteger.

El hecho de que el proceso de crecimiento no genera por sí solo bienestar ambiental o desarrollo sostenible es una afirmación aceptada por casi todos los investigadores, en cuenta aquellos que han encontrado evidencia sobre la CKA. Desde Grossman y Krueger hasta los autores más contemporáneos pasando por el Banco Mundial, todos concuerdan en el importante papel que juegan las regulaciones ambientales para mejorar el ambiente y las limitaciones que en este sentido reporta el crecimiento económico por sí solo.

Pero además, es bastante claro que la apertura comercial por sí sola no trae consigo al crecimiento. Hay países que han tenido un éxito notable, incluso con aperturas unilaterales no negociadas (Chile) y otros en los que la apertura por sí sola no trajo consigo al crecimiento acelerado que se esperaba (la mayoría de los países latinoamericanos). El éxito del libre comercio para fomentar el crecimiento económico no es automático, aunque pueda servir para impulsar las exportaciones. Por tanto ni está asegurado que traiga de inmediato ingresos sustancialmente mayores, ni que estos contribuyan a la mejora de la situación ambiental, o por lo menos a lograr que el aumento de la actividad económica no se realice a expensas de la calidad ambiental.

Lo anterior implica que la temática ambiental debe estar presente en los procesos de negociaciones comerciales. Empero, su presencia debe darse mediante programas de cooperación específicos entre países, y no como una nueva barrera de entrada de los productos extranjeros. Sería muy fácil utilizar los elementos ambientales como obstaculizadores del comercio, pero, por el contrario, constituye un reto mucho mayor el utilizarlos como factores facilitadores de un desarrollo sostenible.

En caso de que la hipótesis de los refugios de contaminación se cumpla, es necesario abogar por compensaciones o ayudas del Norte hacia el Sur para que aquellos internalicen el costo ambiental que su estilo de vida implica y así evitar que los países en vías de desarrollo se conviertan en basureros o válvulas de escape de los patrones de consumo de los países desarrollados. Estas compensaciones podrían tomar la forma de transferencias de tecnología, programas de cooperación y capacitación o mejoras en los precios pagados para los productos elaborados en condiciones sostenibles.

Para ser objetivos, muy poco se ha avanzado en los últimos años sobre la sugerencia que hiciera un grupo de investigadores en una declaración pública (Arrow et al., 1995) sobre la necesidad de estimar el efecto del crecimiento sobre el medio en términos más integrales. Debe dejar de prestarse tanta atención a emisiones de contaminantes por sí solos, y empezar a tomar en cuenta la capacidad de carga de los ecosistemas así como su elasticidad. De poco nos sirve decir que la demanda por evitar la deforestación crece, luego de eliminar el 50 por ciento de los bosques en 20 o 30 años.

En suma, yendo al centro de nuestra preocupación. El deterioro ambiental generalizado de nuestros tiempos demanda acciones fuertes y concertadas. Aunque el

libre comercio genere un crecimiento económico más acelerado, lo que no está garantizado (hay consenso en que en nuestros días es un pre-requisito), no hay elementos convincentes para asegurar que la demanda interna por mejoras ambientales generalizables lleve a un cambio sustancial, más que en aquellas variables que han sido definidas como críticas (caso de las emisiones de SO₂ y la lluvia ácida).

Bibliografía

- Alier, J.M. y Roca, J. (2000). *Economía ecológica y política ambiental*. PNUMA. Fondo de Cultura Económica. Mexico. Pp. 385-394.
- Arrow; Bolin; Costanza; Dasgpta; Folke; Holling; Jansson; Levin; Maler; Perrings and Pimentel (1995). “Economic growth, carrying capacity, and the environment”. *Ecological Economics*. Vol. 15 N°2. November.
- Azomahou, T. and Phu, N.V. (2001). *Economic growth and CO₂ emissions: a nonparametric approach*. Université Louis Pasteur. BETA Working Paper.
- Banco Mundial (1992). *Informe sobre el desarrollo mundial 1992: desarrollo y medio ambiente*. Oxford University Press. Primera Edición. USA.
- Beghin, J. and Potier, M. (1997). “Effects of trade liberalization on the environment in the manufacturing sector”. *The World Economy*, 20, 356-435.
- Constanza, R. (1995). “Economic growth, carrying capacity, and the environment”. *Ecological Economics*. Vol. 15 N°2. November.
- Costa, D. (1997). *Less of a luxury: the rise of recreation since 1888*. National Bureau of Economic Research Working Paper 6054.
- De Bruyn, S.M. (1999). *Economic growth and the environment: an empirical analysis*, Timbergen Institute, Timbergen Institute Research Series, book N° 216, Amsterdam, cap. 5-7.
- De Bruyn, S.M.; van den Berg, J.C. and Opschoor, J.B. (1998). “Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves”. *Ecological Economics*. Vol. 25 N°2. May.
- de la Calle, L. (1999). *Linkages between trade and environment policies*. WTO high level symposium on trade and environment. March.
- Dijkgraaf, E. and Vollebergh, H.R.J. (2001). *A note on testing for environmental Kuznets Curves*. OCFEB Research Memorandum 0102. Environmental Policy, Economic Reform and Endogenous Technology, Working Paper Series 7. May.
- Dijkgraaf, E. and Vollebergh, H.R.J. (1998). *Environmental Kuznets revisited time series versus panel estimation: the CO₂ case*. OCFEB Research Memorandum 9806. Erasmus University Rotterdam.

- Egli, H. (2001). *Are Cross-Country Studies of the Environmental Kuznets Curve Misleading? New Evidence from Time Series Data for Germany*. Ernst-Moritz-Arndt University of Greifswald. Discussion Paper 10/2001. December.
- Ekins, P. (2000). *Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth*. Rowledge. London. Chapter 3.
- Eskeland, G. and Harrison, A. (1997). *Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis*. The World Bank Development Research Department Public Economics Division. Policy Research Working Paper 1744. March.
- Fogel, R. (2000). *Simon S. Kuznets: April 30, 1901-July 9, 1985*. National Bureau of Economic Research Working Paper 7787. July.
- Furst, E. y Orozco, J. (2000). “Aspectos ambientales, energéticos y territoriales del cambio estructural en Costa Rica”. *Costa Rica: cambio estructural en la economía y el ambiente evaluación de múltiples criterios*. Furst, E. (Ed.) EUNA. Costa Rica.
- Gitli, E. y Murillo, C. (2000). “Factores que desalientan la introducción de los temas ambientales en las negociaciones comerciales. ALCA y la agenda positiva”. En M. Araya (ed), *Comercio y Ambiente: los temas en debate*, OEA, Washington.
- Gitli, E. y Murillo, C. (2001). “El modelo del TLCAN en materia de comercio y ambiente”. *Comercio Exterior*. Vol. 51 Núm.5. Mayo.
- Grossman, G. (1993). *Pollution and growth: what do we know?*. CEPR Discussion Paper No. 848, October, Center for Economic Policy Research, London.
- Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economic Research. November. Working paper No. 3914.
- Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1995). “Economic growth and the environment”. *The Quarterly Journal of Economics*. May.
- Harbaugh, W.; Levinson, A. and Wilson, D. (2000). *Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve*. National Bureau of Economic Research. November. Working paper No. 7711.
- Hettige, H.; Lucas, R. And Wheeler, D. (1992). “The toxic intensity of industrial production: global patterns, trends and trade policy”. *American Economic Review*, 82, 478-481.

- Hettige, H.; Mani, M. and Wheeler, D. (1998). *Industrial pollution in economic development*. The World Bank Development Research Group. Policy Research Working Paper 1876. January.
- Holtz-Eakin, D. and Selden, T. (1992). *Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth*. National Bureau of Economic Research.
- Letchumanan, R. (2000). "Testing the pollution haven hypothesis". En P. Könz; C. Bellamnn; L. Assuncao and R. Meléndez-Ortiz (Eds.) *Trade, environment and sustainable development: views from Sub-Saharan Africa and Latin America a reader*. International Centre for Trade and Sustainable Development, The United Nations University y el Institute of Advanced Studies.
- List, J.A. and Gallet, C.A. (1999). "The environmental Kuznets curve: does one size fit all?". *Ecological Economics* N° 31. November.
- Low, P. and Yeats, A. (1992). "Do "dirty" industries migrate?". En P. Low (Ed.), *International trade and the environment*. Washington, D.C.: World Bank.
- Lucas, R. (1996). "International environmental indicators: trade, income, and endowments". En B. et al. (Ed.) (pp. 243-277).
- Lucas, R.; Wheeler, D. and Hettige, H. (1992). "Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution: 1960-88". In P. Low (Ed.), *International trade and he environment*. Washington D.C.: World Bank.
- Panayotou, T.; Peterson, A. and Sachs, J. (2000). *Is the environmental Kuznets curve driven by Structural change? What extended time series may imply for developing countries*. CAER II Discusion Paper No. 80. August.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. Geneva: International Labor Office, Technology and Employment Programme.
- Pereyra, A. y Rossi. M. (1996). *Los bienes ambientales, ¿constituyen un bien de lujo?*. Universidad de la República. Uruguay.
- Rothman, D.S. (1998). "Environmental Kuznets curve-real progress or passing the buck?". *Ecological Economics*. Vol. 25 N°2. May.
- Schmalensee, R.; Stoker, T.M. and Judson, R.A. (1999). "World carbon dioxide emissions: 1950-2050". *The Review of Economics and Stadistics*. N° 80. pp. 15-27.

- Selden, T. and Song, D. (1994). "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution?". *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 147-162.
- Shafik, N. (1994). "Economic development and environmental quality: an econometric analysis". *Oxford Economic Papers*, 46, 757-773.
- Shafik, N. and Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence*. Washington D.C.: World Bank.
- Smolders, S. and Bretscheger, L. (2000). *Explaining environmental Kuznets curves: how pollution induces policy and new technologies*. September.
- 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. and Common, M.S. (2000). "Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?". *Journal of Environmental Economics and Management*. N° 41. December.
- Suri, V. and Chapman, D. (1998). "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve". *Ecological Economics*. Vol. 25 N°2. May.
- Torras, M. and Boyce, J. (1998). "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve". *Ecological Economics*. Vol. 25 N°2. May.
- Tucker, M. (1995). "Carbon dioxide emissions and GDP". *Ecological Economics*. Vol. 15 N° 2. pp. 215-225.
- Unruh, G.C. and Moomaw, W.R. (1998). "An alternative analysis of apparent EKC-type transitions". *Ecological Economics*. Vol. 25 N°2. May.
- Vincent, J. (1997). "Testing for environmental Kuznets curves within a developing country". *Environment and Development Economic*.
- Wackerangel, M. and Rees, W. (1995). "Our ecological footprint: reducing human impact on the earth". *New Society*, Gabriola Island, BC, p. 160.
- World Bank (2001). *World Development Report 2000/2001: attacking poverty*. Oxford University Press.
- Zoellick, R. (2002). *Statement of Robert B. Zoellick U.S. Trade Representative before the Committee on Finance of the U.S. Senate*. February 6.

APENDICE

Las especificaciones de los modelos econométricos

El modelo econométrico más comúnmente usado se conoce como modelo nuclear o modelo de forma reducida, a partir de éste se han derivado muchas otras funciones y tiene la siguiente especificación:

$$f(E_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 g_1(Y_{it}) + \alpha_2 g_2(Y_{it}^2) + \alpha_3 g_3(Y_{it}^3) + \alpha_4 g_4(Y_{it-\alpha}^n) + \beta B + \gamma t + \varepsilon_{it}$$

Donde:

E_{it} = es el indicador ambiental para el país i en el período t .

α , β y γ = son los parámetros a estimar.

Y_{it} = es el indicador de ingreso para el país i en el período t .

$Y_{it-\alpha}^n$ = es el ingreso per cápita para el país i en el período t polinomial o rezagado.

B = es un vector de otras variables explicatorias (demográficas, dummy, etc.).

t = es el tiempo.

ε_{it} = término de error.

$F(\cdot)$ y $g(\cdot)$ = son formas funcionales (logarítmicas, lineales u otras).

Para probar las distintas formas de la relación entre el ambiente y el ingreso tendríamos (De Bruyn, 1999):

- 1) Si $\alpha_1 > 0$ y $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$ entonces existe una relación lineal monótona creciente. Indicando que el ingreso está asociado a crecientes niveles de emisiones.
- 2) Si $\alpha_1 < 0$ y $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$ entonces existe una relación lineal monótona decreciente. Indicando que el ingreso está asociado a niveles de emisiones decrecientes.
- 3) Si $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 < 0$ y $\alpha_3 = 0$ entonces existe una relación cuadrática que representa la CKA. El deterioro ambiental crece con el ingreso hasta cierto punto a partir del cual comienza a disminuir.
- 4) Si $\alpha_1 < 0$, $\alpha_2 > 0$ y $\alpha_3 = 0$ implica una relación cuadrática en forma de U. Es decir que el deterioro ambiental disminuye con el ingreso hasta cierto punto después del cual comienza a crecer.
- 5) Si $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 < 0$ y $\alpha_3 > 0$ existe una relación cúbica polinomial representando la forma de N. El deterioro ambiental crece con el ingreso hasta cierto punto a partir del cual comienza a disminuir, pero en determinado punto comienza a aumentar nuevamente
- 6) Si $\alpha_1 < 0$, $\alpha_2 > 0$ y $\alpha_3 > 0$ existe una relación cúbica polinomial opuesta a la curva en forma de N. El deterioro ambiental primero disminuye con el crecimiento hasta cierto punto a partir del cual crece, después de cierto nivel nuevamente el deterioro comienza a disminuir.