

CRECIMIENTO ECONÓMICO, DESIGUALDAD SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE: EVIDENCIA EMPÍRICA PARA AMÉRICA LATINA

Francisco Correa Restrepo
Profesor Investigador de la Universidad de Medellín

INTRODUCCIÓN

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 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. Esta última perspectiva establece que la relación medio ambiente–crecimiento económico se puede plantear como una curva en forma de U invertida¹. En efecto, algunos estudios, como World Bank [1992], Grossman y Krueger [1995], Panayotou *et al.* [1993] y Selden y Song [1994], han mostrado que para el caso de algunos indicadores ambientales la relación entre ellos y el crecimiento económico se comporta en forma de U invertida. Sin embargo, esta hipótesis ha sido criticada por considerar que el crecimiento económico por si mismo no puede llevar a una mejor calidad ambiental [De Bruyn 2000].

Respecto a lo anterior, 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 que los niveles de emisión generalmente declinan para niveles más altos de ingreso. No obstante, este autor plantea que el poder explicatorio de un polinomio para la variable PIB per cápita en las regresiones econométricas cae significativamente cuando se pasa desde países pobres hasta los países de más altos ingresos. Adicionalmente, argumenta Magnani [2000], en este último grupo el efecto del crecimiento económico sobre las emisiones de contaminantes difiere sustancialmente entre países, sugiriendo que puede haber otras variables, al lado de la actividad económica, que explican la evolución de las emisiones de contaminación en los países. En este sentido, los resultados empíricos inducen a un examen de los factores socioeconómicos que puedan directamente afectar la calidad del medio ambiente.

A partir de lo anterior, este artículo tiene como objetivo realizar un análisis económico de la relación entre la calidad ambiental y el crecimiento económico y comprobar la validez de la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets a nivel de América Latina. Adicionalmente, busca comprobar la hipótesis planteada por Boyce [1994], según la cual las desigualdades sociales y económicas son factores determinantes en la explicación de la calidad ambiental. En particular, se pretende validar la hipótesis de que a mayores derechos políticos y libertades civiles se tienen menores niveles de emisiones de contaminación, de un lado y, de otro, que a mayor igualdad económica se obtienen menores niveles de emisiones de contaminación. De esta manera, este trabajo en su primera parte establece el estado del arte de la literatura económica en torno a la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (EKC, en sus siglas en inglés), en donde se aborda una revisión analítica de los diversos estudios realizados a nivel mundial de la relación entre el medio ambiente y el crecimiento económico y de la validez empírica de dicha hipótesis. Por su parte, la segunda sección plantea la hipótesis de que la desigualdad social y económica es un factor determinante en la explicación de la calidad ambiental, para lo cual se esboza el marco teórico que soporta dicha hipótesis. En la tercera sección se determina el modelo econométrico y se describen las variables a utilizar. Por su parte, la cuarta sección establece el análisis económico de los resultados econométricos obtenidos para América Latina. Finalmente, la sección quinta recoge las principales conclusiones del trabajo y establece algunas recomendaciones de política pública.

1. LA HIPÓTESIS DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS: ESTADO DEL ARTE

1.1. Explicaciones teóricas para la existencia de la EKC

¹ Esta hipótesis se conoce como Curva Ambiental de Kuznets.

¿Es el crecimiento parte de la solución mas 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 planteo 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. En general se han propuesto cuatro explicaciones para la existencia de la EKC: 1. Una primera explicación para la existencia de la curva ambiental de Kuznets es que el medio ambiente puede ser pensado como un bien de lujo². 2. Otra explicación de la hipótesis de la EKC es que los países pasan a través de ciclos de vida tecnológicos, cuando ellos se mueven desde economías basadas en la agricultura a sistemas económicos basadas en el sector servicios. 3. De otro lado, se ha invocado la relocalización internacional de industrias "sucias". 4. Por último, algunos autores como Andreoni y Levinson [1998] plantean que, aún considerando el medio ambiente como un bien normal y asumiendo que los individuos maximizan 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.

1.2. La evidencia empírica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets

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 de diversos países para en un período de tiempo. El método común para examinar la posible relación entre presión ambiental, (EP), e ingreso, (Y), es estimar el siguiente modelo en forma reducida para el panel disponible de datos:

$$EP_{i,t} = \alpha_{i,t} + \beta_1 Y_{i,t} + \beta_2 Y_{i,t}^2 + \beta_3 Y_{i,t}^3 + \beta_4 t + \beta_5 Z_{i,t} + e_{i,t} \quad [1]$$

Aquí el subíndice i señala el índice del país, t indica el momento en el tiempo, α es la constante –o sea, el nivel promedio de presión ambiental cuando el ingreso no tiene una influencia importante sobre la presión ambiental–, β_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 distribuido³.

Ahora, un gran número de estudios econométricos han usado el modelo planteado en la ecuación (1), 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. El cuadro 1 reúne los principales estudios y resume los resultados centrales de estos. 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 [1] sin grandes modificaciones, de modo que los resultados sean comparables. Una comparación de esos resultados en el cuadro 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. En este sentido se plantea que, a excepción de las emisiones de NO_x , todos los contaminantes presentan resultados contradictorios a partir de los diversos estudios realizados. 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.

Por otra parte, muchos estudios han investigado las relaciones entre el ingreso y los contaminantes sulfuro y material particulado. Los resultados explorados muestran que esos contaminantes frecuentemente revelan un EKC, pero los puntos umbrales difieren considerablemente entre estos estudios [De Bruyn 2000]. El cuadro 1 confirma un resultado de Ekins [1997, 812], quien observó que "donde los estudios han sido realizados por más

² 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 a pagar por un ambiente limpio aumenta proporcionalmente más que el ingreso.

³ Una especificación alternativa del modelo planteado en la ecuación [1] es una transformación log-lineal de éste, donde los diversos órdenes de ingreso son expresados en logaritmos. Otra alternativa es la especificación doble log donde también EP es expresado en logaritmos.

de un grupo de investigadores ninguno de los contaminantes inequívocamente muestra una relación en forma de U invertida"⁴.

Cuadro 1. Resumen de los estudios empíricos que han usado el modelo (12) para estimar la relación entre contaminantes y PIB per cápita

Autores (8)	Métodos (1) (Efectos)	SO ₂ (2)	MPS (3)	NO _x	CO ₂	Coliformes fecales	Demanda de Oxígeno (4)	Deforestación	Tasa de cambio utilizadas (5)	Variables adicionales
Grossman y Krueger (1995)	MCG (ea)	N us\$ 4100 (ppu) y us\$ 13000 (spu) conc	EKC us\$ 6200 conc		CMC	EKC 8000 us\$	EKC us\$ 2700		PPP	PIB rezagado
Shafik y Bandyopadhyay (1992)	MCO (ef)	EKC us\$ 3700 conc	EKC us\$3300 conc			N us\$ 1200(ppu) y us\$11400(spu)	CMC	C. Plano	PPP	variedad de otras variables
Panayotou (1993)	MCO (sca)	EKC us\$ 3000 emis	EKC us\$ 4500 emis	EKC us\$ 5500 emis				EKC us\$ 1200	MER	
Selden y Song (1994) (6)	MCG (ea, ef)	EKC 10300 us\$ emis	EKC us\$ 10300 emis	EKC us\$ 11200 emis					PPP	Densidad de población
Torras y Boyce (1998)	MCO (sca)	N us\$ 3400 (ppu) y us\$14000 (spu) conc	C. Plano Conc			C. Plano	N us\$ 5100 (ppu) y us\$ 19900(spu)		PPP	Variables de desigualdad
Kaufmann <i>et al.</i> (1998)	MCG (ea,ef)	U conc							PPP	IEAE (7) Exportaciones de Acero
Holtz-Eakin (1995)	MCO (ef)				EKC us\$ 35400 emis				PPP	

Fuente: De Bruyn (2000)

Así, la amplia variedad de comportamientos arroja serias dudas sobre la validez de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. En 17 de los 23 casos relacionados en el cuadro 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 ingreso⁵. 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.

Ahora, De Bruyn [2000] plantea que la gran diversidad de los resultados de los estudios señalados se explica porque 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.

1.3. 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

⁴ Los resultados de Ekins [1997] son consistentes con los resultados del cuadro 1 para NO_x debido a que uno de los estimados de Selden y Song [1994] reportó emisiones monótonamente crecientes para este contaminante. En la tabla 1 sólo han sido considerados aquellos estimados que fueron considerados como preferibles por los diversos autores de los estudios. Para entender las siglas utilizadas en el cuadro 1 ver el anexo al final del artículo.

⁵ La EKC para emisiones de CO₂ 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.

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 contaminación⁶. La falta de visión con respecto a 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 [1], 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 a la presión ambiental y al ingreso [De Bruyn 2000].

De esta manera, en el modelo estructural el ingreso se relaciona sólo indirectamente a la presión ambiental. Así, al asumir una articulación directa, y en una sola vía, entre ingreso y presión ambiental y omitiendo variables relacionadas a la innovación tecnológica, la composición de la producción y a la política ambiental, el modelo estructural se reduce al modelo ya mencionado. 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 planteado en la ecuación [1]⁷.

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 aceptación 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's 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 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.

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 a 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 SO₂. 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 [Arrow *et al.* 1995; De Bruyn y Opschoor 1997].

Para muchos autores, como De Bruyn [2000], Arrow *et al.* [1995], Stern *et al.* [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.

2. UNA REVISIÓN DE LA EKC: DESIGUALDAD ECONÓMICA Y SOCIAL COMO CAUSA DEL DETERIORO DE LA CALIDAD AMBIENTAL

2.1. Antecedentes

⁶ 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.

⁷ 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].

A pesar que los estudios acerca de la articulación entre niveles de ingreso per capita y calidad ambiental, particularmente aquella asociada a emisiones de contaminación atmosférica e hídrica, han revelado comportamientos claros, el poder explicatorio de un polinomio del PIB per cápita en las regresiones para la calidad ambiental cae significativamente cuando se va desde países pobres hacia países de alto ingreso. Magnani [2000] afirma que en este último grupo el efecto del crecimiento económico sobre las emisiones de contaminación difiere sustancialmente entre países. Lo anterior sugiere que puede haber otras variables, junto con el nivel de actividad económica, que explican la evolución de emisiones de contaminación en los países, tanto de altos como bajos ingresos.

En este sentido, los resultados empíricos invitan a un examen de los factores socioeconómicos que pueden directamente afectar la calidad ambiental del aire y del agua. Bajo esta perspectiva, Barret y Graddy [1997] y Torras y Boyce [1998] han probado la hipótesis de que los mejoramientos en la calidad del medio ambiente en parte se dan vía respuestas de política pública inducida. Así, Barret y Graddy [1997] encontraron que los países que exhiben altas libertades políticas y civiles tienden a tener más baja contaminación del aire que los países con más bajas libertades⁸. Por tanto, Barret y Graddy [1997] sugieren que “un país con pocas libertades políticas y civiles, con un nivel de ingreso cercano al punto umbral de la curva en forma de U invertida, puede reducir su contaminación por lo menos aumentando las libertades de sus ciudadanos así como incrementando su ingreso per cápita.

Por su parte, Torras y Boyce [1998] llegaron a resultados similares usando los mismos datos utilizados por Barret y Graddy [1997] sobre las libertades políticas y civiles. Además, ellos encontraron que las mayores tasas de alfabetización tienden a reducir los niveles de contaminación. Ya que Torras y Boyce [1998] plantean que mayores libertades políticas y civiles y mayores tasas de alfabetización constituyen una distribución de poder más equitativa, concluyen que “una mayor igualdad en la distribución del poder puede afectar positivamente la calidad ambiental” [Torras y Boyce 1998, 26]⁹.

Ahora, en esta vía de pensamiento, Saravia [2002] encontró evidencia empírica para América Latina según la cual la distribución del ingreso, medida a partir del coeficiente GINI, tiene un efecto significativo en el deterioro de la calidad del aire. Los resultados encontrados por Saravia [2002] muestran, al contrario de la evidencia planteada por Torras y Boyce [1998], que mayores niveles desigualdad en el ingreso están asociados a menores niveles de contaminación del aire. Sin embargo, plantea Saravia [2002], la inclusión de la variable GINI hace más lejano el plazo para alcanzar los puntos umbrales de la EKC e iniciar una fase virtuosa. A partir de la afirmación anterior, Saravia [2002, 22] concluye que “la presencia de la mayor la desigualdad en la distribución del ingreso tiene el poder de disminuir el efecto positivo del crecimiento económico en el mejoramiento de la calidad ambiental”.

Así, las conclusiones de Saravia [2002] en torno a que la inclusión de la variable desigualdad del ingreso hace más lejano el plazo para alcanzar los puntos umbrales de la EKC e iniciar una fase virtuosa y, de otro lado, los resultados generales de Torras y Boyce [1998] inducen a analizar dicha hipótesis en el nivel internacional, teniendo series de corte transversal más amplias en conjunto con series de tiempo, es decir a partir de la técnica de panel de datos. A continuación, se esbozará el marco teórico sobre el cual se desenvuelve la hipótesis de la desigualdad económica y social como causa del deterioro de la calidad ambiental, entendida esta calidad en el nivel de la contaminación del aire y del agua. A partir de dicho marco se planteará y estimará un modelo econométrico que permitirá dar luces acerca de la validez empírica a nivel internacional de tal hipótesis.

2.2. El modelo teórico

Como se ha planteado anteriormente, la curva ambiental de Kuznets es una relación en “forma reducida”, en la cual el nivel de contaminación es modelado como una función del ingreso per cápita, sin especificar las articulaciones entre estas dos variables. Grossman y Krueger [1995] caracterizaron esas articulaciones pérdidas como “regulaciones ambientales, tecnología y composición industrial”. En este sentido, dos rasgos del modelo estructural subyacente en el estudio de Grossman y Krueger [1995] merecen mención. Primero, aunque el efecto

⁸ Para la contaminación del agua, estos autores encontraron que el impacto de las libertades políticas civiles era estadísticamente insignificante.

⁹ Estos autores encontraron en su estudio que la significancia estadística de los efectos del ingreso generalmente disminuye cuando las variables de desigualdad económica y social son incluidas como regresores. En particular, los casos más llamativos son humo y partículas pesadas, donde el efecto ingreso retrocede notablemente en significancia estadística.

de composición industrial, que acompaña a un ingreso per cápita creciente, puede reducir la intensidad marginal de la contaminación del producto, no puede contrarrestar el efecto escala –es decir, el impacto ambiental resultante del mayor nivel de producto agregado– a menos que los sectores más intensivos en contaminación se contraigan absolutamente.

Lo anterior significa que si bien el mayor ingreso puede ir de la mano con tecnologías más limpias, también puede generar un mayor tamaño de las empresas, así como del sector industrial, por lo que la reducción en contaminación debido a la implementación de tecnologías limpias puede verse más que compensada por los mayores niveles de emisiones asociados al crecimiento de las firmas y del sector industrial. Ahora, el efecto tecnológico podría sobrepasar el efecto escala sólo si los sectores contaminantes producen bienes inferiores, cuyo consumo cae con el aumento del ingreso, o si sus productos fueran reemplazados por importaciones [Panayotou 1997, 472]. En general, la primera condición parece improbable que se mantenga. Con respecto a la segunda condición, ésta simplemente conduce a relocalizar la producción hacia otros países.

Segundo, siguiendo en este punto, si la contaminación total declina con el incremento en el ingreso, probablemente el cambio tecnológico jugará un papel importante. Hicks [1932] distinguió entre innovación “autónoma” e “inducida”. La primera es exógena, la última es endógena a las fuerzas económicas. Ahora, si el efecto tecnológico es lo bastante fuerte para causar que la contaminación total decline sistemáticamente entre países a medida que el ingreso per cápita aumenta, entonces la innovación inducida es probablemente la causa. Las señales de mercado pueden contribuir al proceso de inducción. Por ejemplo, los costos crecientes de recursos pueden incentivar el cambio tecnológico para la conservación de recursos, y una demanda “verde” del consumidor puede incitar a las empresas a adoptar tecnologías limpias. Sin embargo, Torras y Boyce [1998] plantean que las políticas gubernamentales han sido los más potentes estímulos al cambio tecnológico para la reducción de contaminación. Grossman y Krueger [1995] especularon que la más fuerte articulación entre ingreso y contaminación se genera vía política pública inducida¹⁰.

Igualmente, estos autores afirman que esas políticas son a su vez inducidas por la demanda popular: “A medida que las naciones experimentan mayor prosperidad económica, sus ciudadanos demandan que más atención sea puesta a los aspectos no económicos de sus condiciones de vida. Los países más ricos, los cuales tienden a tener relativamente un aire urbano más limpio y ríos menos contaminados, también tienen, relativamente, normas ambientales más rigurosas y aplicaciones más estrictas de sus leyes ambientales que los países más pobres o, incluso que los países de ingreso medio” [Torras y Boyce 1998, 149].

Para Torras y Boyce [1998] el carácter de bien público de la calidad ambiental conduce a que la demanda efectiva de dicha calidad requiera soluciones a los fallos de mercado.

Así, en tales explicaciones de la curva ambiental de Kuznets hay, implícitamente, una teoría simple de la innovación inducida: a medida que el ingreso per cápita se incrementa, las sociedades llegan a ser más capaces de compensar los fallos de mercado. Ahora, si esto es empíricamente verdad, entonces, la pregunta es ¿Qué es lo que hay en las sociedades de altos ingresos que facilita las soluciones a los fallos de mercado? ¿Será el ingreso per cápita por sí mismo? o ¿Son otras variables históricamente asociadas con él? Grossman y Krueger [1995] responden indirectamente afirmando que “Si los mejoramientos ambientales están mediados por cambios en la política gubernamental, entonces el crecimiento y el desarrollo económico no pueden ser un sustituto para la política ambiental. En la ausencia de vigilancia y defensa en cada localidad, hay siempre la posibilidad de que la mayor producción de bienes significará un consumo más grande de recursos escasos y una mayor producción de desechos”. En este sentido, otra pregunta es ¿Por qué en una sociedad la vigilancia y la defensa de la calidad ambiental se pueden incrementar con el ingreso per cápita? Una posibilidad, plantean Torras y Boyce [1998], es que la demanda del individuo por calidad ambiental se incrementa cuando su nivel de ingreso aumenta. Otra posibilidad es que los individuos ganan más poder para hacer que la demanda por calidad ambiental se haga efectiva a través del proceso.

Ahora, no todos favorecen las políticas para reducir las diversas clases de contaminación. Algunos individuos se benefician de las actividades económicas que generan contaminación, pues de otra manera estas actividades no se realizarían. Los beneficiarios son los productores, quienes reciben un “subsidio por contaminación” consistente en recursos económicos no gastados para control de contaminación, y los consumidores que obtienen parte de este subsidio vía precios más bajos [Templett 1995, 143]. En términos del análisis del

¹⁰ Aquí se incluyen las normas regulatorias, los impuestos a la contaminación y la creación de sistemas de permisos negociables.

bienestar, esos beneficios toman la forma de excedentes de productor y consumidor, respectivamente. Por su parte, otros individuos que están negativamente afectados por la contaminación soportan los costos netos. Mientras estos últimos ejercen vigilancia en un intento por establecer o consolidar controles ambientales, los beneficiarios ejercen presión contra esa vigilancia en un intento por evitar o, por lo menos, debilitar dichos controles [Boyce 1994].

Así, se define b_i como el beneficio neto (costo neto si $b_i < 0$) obtenido por el individuo i a partir de una actividad económica generadora de contaminación. La regla normativa que utiliza el análisis costo-beneficio es establecer el nivel de contaminación que maximiza los beneficios netos agregados, esto es:

$$\max \sum_i b_i$$

Ahora, dados los beneficios marginales decrecientes de la actividad generadora de contaminación, y los costos marginales crecientes de dicha contaminación, el nivel socialmente eficiente de la actividad contaminadora está dado por la condición usual de igualar los beneficios marginales a los costos marginales. De otro lado, Boyce [1994] describe los resultados reales de la política pública por medio de una “Regla de Decisión Social Ponderada por Poder (RDSPP)”, en la que los beneficios netos que se maximizan son aquellos que se han ponderado por el poder de los individuos que los reciben:

$$\max \sum_i \pi_i b_i$$

Donde π_i = el poder del individuo i (el cual es tomado como exógeno). La RDSPP corresponde a la norma costo-beneficio sólo en el caso especial donde todos los individuos tienen igual poder. Cuando los individuos que reciben los beneficios de las actividades generadoras de contaminación son más poderosos que los individuos que soportan los costos de dichas actividades, la RDSPP pronostica altos niveles de contaminación [Boyce 1994, 174]. Ahora, lo contrario también puede ocurrir: si los individuos que soportan los costos de la contaminación tienen más poder que aquellos que obtienen los beneficios, la RDSPP pronostica niveles de contaminación ineficientemente bajos. Qué situación prevalece más dependerá de la relación entre b_i y π_i . Si estos términos están positivamente correlacionados, tal que los que reciben los beneficios de las actividades generadoras de contaminación tienden a tener más poder que los individuos que soportan los costos, entonces la mayor desigualdad estará asociada con más contaminación.

Para Boyce [1994], hay una razón para esperar que los beneficios netos de las actividades contaminadoras (b_i) estén positivamente asociados con el ingreso individual. Este autor plantea que los individuos con mayores ingresos, generalmente, poseen más activos, y consumen más bienes que aquellos individuos con ingresos más bajos. Por esto, entonces, se puede pensar que ellos podrán disfrutar de un mayor excedente, desde la perspectiva tanto del consumidor como del productor, incluyendo lo creado en la actividad contaminadora. No obstante, esto no quiere decir que los individuos de más altos ingresos quieran respirar aire sucio o beber agua contaminada. Lo que esto significa es que la vigilancia con la cual ellos persiguen eso, a través de la acción pública, es silenciada por los otros argumentos contenidos en sus funciones de utilidad. Esta tensión entre su gusto por calidad ambiental, de un lado, y su preferencia en bienes de consumo y beneficios, de otro lado, puede ser reducida canalizando su demanda por calidad ambiental en los bienes privados y semi privados como casas lujosas, clubes de campo y vacaciones en lugares libres de contaminación.

A pesar de que es posible que dentro de una sociedad dada la intensidad marginal de contaminación del consumo decline con un ingreso individual creciente, la mayor desigualdad del ingreso puede estar asociada con mayor contaminación si el efecto composición industrial de esta distribución fuera superado por su impacto adverso sobre la desigualdad de poder y de ese modo sobre la vigilancia, la regulación y el cambio tecnológico que busca reducir la contaminación¹¹.

De otro lado, para Torras y Boyce [1998] el poder (π_i) también estará probablemente correlacionado con el ingreso. Aunque esto puede ser visto como algo evidente para mucha gente, son pocos los economistas que lo han mencionado. Simon Kuznets estuvo entre las excepciones. Kuznets [1963] plantea que la desigualdad de

¹¹ Esto puede ser representado gráficamente por un movimiento externo de la curva que relaciona la intensidad marginal de contaminación del consumo con el ingreso individual [Torras y Boyce 1998].

poder está en función de la desigualdad del ingreso y del ingreso per cápita. Así, afirma que “uno puede argumentar que no sólo los equivalentes de bienestar sino también los equivalentes de poder del ingreso relativo mismo se separan mostrando un rango más amplio cuando el ingreso medio subyacente es más bajo que cuando es alto” [Kuznets 1963, 75]. Torras y Boyce [1998] se refieren a esta afirmación anterior como “la hipótesis no expresada de Kuznets”, ya que ha recibido menos atención que su hipótesis anterior acerca de la relación en forma de U invertida entre la desigualdad del ingreso y el ingreso per cápita.

Por su parte, otras variables, aparte de la distribución del ingreso, también pueden afectar la distribución de poder. Dichas variables incluyen atributos especiales como raza, etnicidad, género y el marco político a través del cual esos atributos y el ingreso son esbozados en el poder. Adicionando estos atributos a la hipótesis no expresada de Kuznets, se obtiene la siguiente expresión:

$$\pi = \pi(G, Y, X), \text{ con } \pi_G > 0, \pi_Y < 0$$

Donde:

π = *desigualdad de poder*

G = *desigualdad del ingreso*

Y = *ingreso per cápita*

X = *vector de determinantes no económicos del poder*

El anterior razonamiento conduce a predecir que la mayor desigualdad del poder estará asociada con altos niveles de contaminación, a medida que los agentes que se benefician de las actividades contaminadoras puedan ser más capaces de predominar sobre aquellos que soportan los costos. Esta será la hipótesis a probar en este trabajo para la región de América Latina. Así el modelo estructural subyacente es:

$$CON = f(Y, \pi, Z)$$

Donde:

CON = Nivel de emisiones de contaminantes

Z = Vector de determinantes no económicos de los niveles de contaminación.

Se incluye en este modelo el ingreso per cápita (Y) para poder permitir los posibles efectos en la contaminación, aparte de aquellos generados por la desigualdad de poder.

Sin embargo, en contraste a la anterior hipótesis de Torras y Boyce [1998], Ravallion *et al.* [2000] y Scruggs [1998] plantean que la relación entre la desigualdad en la distribución del ingreso y el deterioro en la calidad ambiental puede tomar dos direcciones: En primer lugar está el caso que Ravallion *et al.* [2000] denominan "Intercambio" o "Trade-off", donde se asume que el nivel de emisiones crece con el ingreso –luego $f'(y) > 0$ – y también se supone que la propensión marginal a emitir contaminación decrece a medida que el ingreso aumenta, así $f''(y) < 0$. A partir de lo anterior, y contrario a la hipótesis esbozada por Torras y Boyce [1998], Scruggs [1998] y Ravallion *et al.* [2000] afirman que desde este punto de vista cualquier intento en reducir la desigualdad en la distribución del ingreso conducirá a un mayor incremento en el nivel de emisiones. Por lo tanto, la relación básica es "a mayor desigualdad menor nivel de emisiones" [Ravallion *et al.* 2000, 660]. Scruggs [1998] defiende el anterior planteamiento argumentando que "la población con mayor ingreso es más consciente a cerca del deterioro ambiental y usa su poder, y conduce sus preferencias, hacia el cuidado del medio ambiente, ya que este segmento de población ya ha cubierto sus necesidades básicas y cuenta con una mayor disposición a pagar en comparación con el sector pobre de la población".

En segundo lugar, Ravallion [2000], plantea que puede llegar a existir el caso "ganador- ganador". En esta situación se asume de nuevo que el nivel de emisiones se incrementa con el nivel de ingreso, es decir $f'(y) > 0$, pero la diferencia es que se considera que la propensión marginal a emitir se incrementa a medida que el ingreso crece, luego $f''(y) > 0$. Es decir, una menor desigualdad en la distribución del ingreso conducirá a reducir el nivel de emisiones. Así, si más ingreso implica a su vez menor desigualdad, entonces mejor calidad ambiental será el resultado.

Ante estas objeciones teóricas planteadas por Ravallion *et al.* [2000] y Scruggs [1998], la estimación del modelo planteado en el siguiente capítulo pretende probar, adicional al cumplimiento de la EKC en relación a América

Latina, la validez empírica de la hipótesis de Torras y Boyce [1998] –el caso “ganador-ganador” esbozado por Ravallion *et al.* [2000] –frente a la hipótesis planteada por Scruggs [1998], según la cual “una mayor desigualdad social puede llevar a una reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos e hídricos”. Igual que en el caso de la EKC, se pretende validar la anterior hipótesis para una muestra de doce países de América Latina.

3. EL MODELO ECONOMETRICO PARA AMÉRICA LATINA

A continuación se plantean los dos modelos econométricos que se estimarán en la búsqueda de comprobar la validez empírica para América Latina, de las hipótesis antes mencionadas. El modelo [1] se conoce como Modelo Cuadrático Simple (MCS) y el modelo [2] es llamado Modelo Cúbico Simple (MCuS). La estructura del modelo a utilizar es similar a la planteada en la ecuación [12], buscando poder comparar los resultados de esta estimación frente a estudios como el de Selden y Song [1994], Grossman y Krueger [1995], Shafik y Bandyopadhyay [1992]. Igualmente, como ya se planteó en el capítulo anterior, la variable ingreso per cápita es incluida para permitir posibles efectos en la contaminación a parte de aquellos mediados por las variables geográficas (densidad poblacional) y la desigualdad de poder (distribución del ingreso y derechos políticos y libertades civiles). En este sentido, la variable PIB per cápita al cuadrado permite corroborar si se presenta la forma funcional cuadrática en la relación entre emisiones y PIB per cápita (EKC). Así mismo, la variable PIB al cubo, permite probar si existe la forma funcional cúbica entre contaminación y PIB per cápita. Ahora, en ausencia de medidas directas de la desigualdad de poder, se utilizarán los derechos políticos y libertades civiles como variables proxy. Por último, se incluirá la variable geográfica densidad poblacional como uno de los determinantes no económicos de los niveles de contaminación. Con respecto a esta última variable, se parte del supuesto que a mayores niveles de densidad poblacional mayores serán los niveles de emisiones de contaminación, tanto atmosférica como hídrica. Se asume este supuesto dada la naturaleza urbana de las mediciones de contaminantes atmosféricos e hídricos, pues los datos disponibles para este estudio provienen de monitoreos en las áreas urbanas de los países que comprenden la muestra establecida.

Modelo [1]: modelo cuadrático simple

$$E_{jt} = \alpha_{jt} + \beta_{1j}Y_{jt} + \beta_{2j}Y_{jt}^2 + \gamma_j Q_{jt} + \delta_{1j}GINI_{jt} + \delta_{2j}F_{jt} + \mu_{jt}$$

Modelo [2]: modelo cúbico simple

$$E_{jt} = \alpha_{jt} + \beta_{1j}Y_{jt} + \beta_{2j}Y_{jt}^2 + \beta_{3j}Y_{jt}^3 + \gamma_j Q_{jt} + \delta_{1j}GINI_{jt} + \delta_{2j}F_{jt} + \mu_{jt}$$

Donde:

E_{jt} = La variable contaminación

Y_{jt} = PIB per cápita

Q_{jt} = Densidad poblacional (habitantes/ por kilómetro cuadrado)

F_{jt} = Derechos políticos y libertades civiles

$GINI_{jt}$ = Coeficiente Gini de desigualdad del ingreso

El subíndice j señala el país y el subíndice t denota la serie de tiempo.

La información obtenida se caracteriza por ser del tipo *Datos de Panel*. Para información de este tipo, y considerando también la naturaleza y objetivo del estudio, se encontró que la opción econométrica de análisis más adecuada era la estimación de coeficientes de sección cruzada vía mínimos cuadrados generalizados (Cross-Section Weights (CSW), en sus siglas en inglés). Este método tiene la virtud de corregir el problema de heterocedasticidad y covarianzas, logrando así estimadores robustos¹². Ahora, dentro del método de estimación

¹² El problema de heterocedasticidad y covarianzas se corrigió a partir del Test de White.

por CWS se encuentran alternativas de modelación según exista o no heterogeneidad en los interceptos: i) estimación por efectos fijos y, ii) estimación por efectos aleatorios.

De un lado, el método de efectos fijos considera que existe un término constante diferente para cada individuo, y supone que los efectos individuales son independientes entre sí [Mayorga y Muñoz 2000]. Con este modelo se considera que las variables explicativas afectan por igual a las unidades de corte transversal y que éstas se diferencian por características propias de cada una de ellas, medidas por medio del intercepto. Por su parte, el método de efectos aleatorios establece que los efectos individuales no son independientes entre sí, sino que están distribuidos aleatoriamente alrededor de un valor dado. Con este método se considera que tanto el impacto de las variables explicativas como las características propias de cada unidad de la muestra son diferentes [Mayorga y Muñoz 2000]. El anterior método sería apropiado si se cree que las unidades de sección cruzada de la muestra son extracciones muestrales de una población grande¹³. En este sentido, se plantea que en caso de que el interés este limitado a una muestra que se ha seleccionado a conveniencia, o bien se está trabajando con toda a la población, la estimación de efectos fijos será la correcta¹⁴.

Ahora, ya que en este estudio es importante la identificación de las unidades (países), dada la diferencia en términos de características geográficas, económicas y sociales, el modelo de efectos fijos surge como el más adecuado y útil para los propósitos establecidos¹⁵. Además, como la muestra de países para América Latina de este estudio tiene un tamaño de 12 países, puede decirse que el universo de países de la muestra establecida no es grande¹⁶. Adicionalmente, debe decirse que la muestra fue seleccionada no por aleatoriedad sino por la disponibilidad de información para los diferentes países de América Latina.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados de estimaciones para las emisiones de SO₂

Para esta variable de contaminación atmosférica, se corrieron los modelos [1] y [2]. Las estimaciones preliminares de ambos modelos para las emisiones de Dióxido de Sulfuro (SO₂), permitieron establecer el modelo [1] como el modelo más ajustado. En este sentido, se realizaron dos regresiones. En la primera regresión se estimó el modelo incluyendo como variables explicativas: el PIB per cápita, la densidad poblacional, la variable derechos políticos y libertades civiles y, por último, la variable GINI. Por su parte, en la segunda regresión se excluyeron las variables asociadas a la desigualdad social y económica, es decir, no se incluyeron F y GINI. Estas regresiones se realizaron con el objetivo de evaluar los cambios en los puntos umbrales de la relación cuadrática entre emisiones del contaminante en mención y el PIB per cápita.

El cuadro 2 resume los resultados econométricos de ambas regresiones¹⁷. Puede observarse que tanto PIB, PIB² y F presentan los signos esperados, a partir de las hipótesis planteadas anteriormente. Los coeficientes de estas tres variables son todos significativos a un nivel de confianza del 99%. Lo anterior, permite plantear que la Curva Ambiental de Kuznets se cumple para el caso de las emisiones de SO₂ América Latina. Ahora, el punto umbral de la EKC se obtiene estableciendo la derivada de la ecuación [1] e igualando a cero (con $\beta_3 = 0$), lo

cual produce: $Y^* = -\beta_1 / 2\beta_2$. De esta manera, el estimado del punto umbral para las emisiones de Dióxido

¹³ Por tanto, el método de efectos aleatorios es el adecuado cuando se quiere hacer inferencias con respecto a la población.

¹⁴ El modelo de efectos fijos se ve como un caso en que el investigador hace inferencia condicionada a los efectos que ve en la muestra.

¹⁵ Los países que componen la muestra utilizada son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Perú, Uruguay, Venezuela y Honduras.

¹⁶ De otro lado, en modelaciones preliminares, se realizó el Test de Hausman para evaluar si existen efectos fijos o aleatorios. Dichos resultados permitieron establecer la no aleatoriedad de residuales, determinando así la presencia de efectos fijos.

¹⁷ Las regresiones se realizaron mediante el programa E-Views 4.0. Por otra parte, debe reconocerse que las variables explicatorias utilizadas presentan signos de correlación serial, pues es clara la correlación entre variables como la distribución del ingreso y el PIB o entre PIB y densidad poblacional. No obstante, la correlación serial no afecta el insesgamiento o consistencia de los estimadores de la regresión, aunque si afecta su eficiencia. Ahora, dada la corrección realizada por heterocedasticidad y covarianza en los modelos estimados en este trabajo, vía test de heterocedasticidad de White, se garantiza la obtención de estimadores eficientes pues la estimación de los modelos por método de los mínimos cuadrados generalizados satisface las suposiciones del modelo de regresión lineal clásico.

de Sulfuro es de us \$ 12831 (expresados en paridad de poder de compra). No obstante, debe decirse que un PIB per cápita de esta magnitud está todavía muy lejano de alcanzar para la mayoría de los países latino americanos, ya que el PIB per cápita promedio de la muestra es de us \$ 4523.

De otro lado, la variable GINI no presenta el signo esperado. Sin embargo, debe anotarse que el Dióxido de Sulfuro es un contaminante local, y su disminución puede lograrse con, relativamente, bajos costos económicos. Esto implica la posibilidad de que los países, tanto de mediano como de bajo PIB per cápita, pueden lograr reducciones permanentes en las emisiones de este contaminante, independientemente de la distribución del ingreso existente. Por su parte, la variable densidad de población tampoco presentó el signo esperado. Sin embargo, dado que el Dióxido de Sulfuro es un contaminante local, se plantea que la mayor población de las áreas urbanas tiene un mayor poder de presión sobre el ente local para lograr políticas efectivas de reducción de emisiones de este contaminante.

Ahora, al excluir las variables de desigualdad económica y social (GINI y F), se obtiene, igualmente, que se cumple la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets para América Latina. Los estimados de las variables PIB y PIB² presentan los signos esperados, con una significancia estadística a un nivel de confianza del 99%¹⁸. En este caso, el punto umbral a partir del cual empiezan a decrecer las emisiones de SO₂ es de us \$ 10621.36 (medidos en paridad de poder de compra). Este resultado implica que al tener en cuenta las variables de desigualdad de social y económica se hace más lejano el tiempo para alcanzar el punto umbral e iniciar una fase virtuosa. Sin embargo, debe recordarse que mayores derechos políticos y libertades civiles conducen, dados los resultados obtenidos, a menores emisiones de SO₂, y que una mayor desigualdad del ingreso conlleva mayores emisiones. Por tanto, el logro de democracias más abiertas y la obtención de distribuciones de ingresos más justas pueden llevar a los países de bajo desarrollo a reducir el tiempo para alcanzar el nivel del PIB per cápita a partir del cual las emisiones de este contaminante empiezan a disminuir.

Cuadro 2. Resumen de resultados econométricos para SO₂

Coefficiente	Regresión incluyendo GINI y F	Regresión excluyendo Gini y F
PIB	0.002746 (16.95)	0.002188 (71.93)
PIB ²	-1.-07E-07 (-7.22)	-1.034E-07 (-6.068)
Q	-0.2329 (-145.48)	-0.1693 (-73.869)
F	-0.8694 (-86.808)	
G	-0.081 (-37.862)	
R ² ajustado	0.9487	0.8277
Durbin – watson	1.23	0.7322
Estadístico F	609.79	465.923
Ppu	us \$12831	us \$10621.36
Media del PIB=us \$4523, desviación estándar= us \$2412.59 Número de observaciones=192		

Nota: Los valores en paréntesis representan el estadístico t. En esta regresión, todos Coeficientes estimados fueron significativos a un nivel del 99% de confianza.

4.2. Análisis de resultados para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

El cuadro 3 describe los resultados econométricos obtenidos para DBO. Las variables densidad de población y derechos políticos y civiles (F) presentan los signos esperados según la hipótesis de Torras y Boyce [1998]. Por su parte, los coeficientes de las variables PIB, y PIB² son estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 99%. Estos resultados confirman la existencia de una trayectoria de Kuznets para las emisiones de este contaminante en América Latina. Según esto, existiría evidencia empírica para afirmar que los países con alto crecimiento económico ejercen presión para controlar la contaminación hídrica. Ahora, el punto de quiebre

¹⁸ Al igual que en la regresión anterior, la variable densidad poblacional no presento el signo esperado.

o punto umbral de la EKC umbral para DBO es de us \$ 9109 (expresados en paridad de poder de compra). Así, esto lleva a plantear que, a nivel de la muestra de países, la demanda biológica de oxígeno en el agua empezaría a disminuir cuando los países alcanzan \$ 9109 dólares de PIB per cápita. Ahora, la variable GINI presenta el signo esperado, según la hipótesis planteada por Torras y Boyce [1998].

Por otra parte, cuando no se incluyen las variables de desigualdad económica y social, los resultados plantean, igualmente, la obtención de una EKC para este contaminante en América latina. Los estimados de las variables PIB, PIB² y densidad de población presentan los signos esperados y son estadísticamente significantes. En este caso, el punto de quiebre a partir del cual empiezan a disminuir la demanda biológica de oxígeno es us \$ 9210, el cual es menor al estimado obtenido cuando se incluyen las variables de desigualdad económica y social. Esto significa que para este tipo de contaminación, el efecto de mayores libertades políticas pesa más que la mayor desigualdad del ingreso. No obstante, sería necesario analizar qué otros factores adicionales tienen un rol central en la reducción de emisiones de DBO.

Cuadro 3. Resumen de resultados econométricos para DBO

Coefficiente	Regresión incluyendo GINI y F	Regresión excluyendo Gini y F
PIB	6.085 (68.942)	4.7708 (48.912)
PIB ²	-0.000334 (-92.432)	-0.000259 (-63.691)
Q	268.732 (26.246)	338.5520 (35.254)
F	-212.564. (-44.032)	
G	20.0001 (-8.0258)	
R ² ajustado	0.9908	0.9933
Durbin - watson	0.5123	0.482
Estadístico F	5853.081	16151.34
Punto umbral	us \$ 9109	us \$ 9210
Media del PIB=us \$4523, desviación standar= us \$2412.59		
Número de observaciones=217		

Nota: Los valores en paréntesis representan el estadístico t. En esta regresión, todos Coeficientes estimados fueron significativos a un nivel del 99% de confianza.

4.3. Análisis de resultados para CO₂ (C)

Por último, al abordar el análisis preliminar del Dióxido de Carbono (CO₂), se encontró que ninguno de los dos modelos utilizados modelos se ajustaron adecuadamente. En este sentido, el mejor ajuste lo obtuvo un modelo lineal simple. Así, el coeficiente de la variable PIB tuvo el signo esperado. Lo anterior muestra que la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets no se verifica para las emisiones de CO₂ en América Latina. De esta manera, se plantea que la relación entre emisiones de CO₂ y PIB per cápita es monótonamente creciente. Ahora, a excepción de la variable GINI, los coeficientes estimados de las demás variables fueron significativos estadísticamente con niveles de confianza del 99% (Tal como se observa en el cuadro 4). De otro lado, las variables de desigualdad social y económica presentaron los signos esperados. El resultado anterior confirma la afirmación de Torras y Boyce [1998] de que "mayores derechos políticos y libertades civiles conducen a una mayor efectividad de las demandas por calidad ambiental". Así mismo, se confirma de nuevo que una mayor densidad de población está asociada con mayores niveles de contaminación. En particular, mayor población implica tener mayor número de transporte automotor, más grandes industrias y, por tanto, mayores emisiones de Dióxido de Carbono. Así, dado que los países de América Latina se encuentran en la fase creciente de la curva ambiental de Kuznets, es claro que los países de bajo ingreso están muy lejos de lograr los niveles de PIB per cápita bajo los cuales se logra un descenso en los niveles de contaminación de CO₂.

Cuando se estima el modelo omitiendo las variables de desigualdad social y económica, se obtienen coeficientes estadísticamente significativos para las variables PIB y Q. Además, los signos para estas dos variables son los esperados, confirmando las hipótesis preliminares.

De otro lado, es útil establecer algunas consideraciones entorno al Dióxido de Carbono. En primer lugar, el CO₂ es un contaminante global, por lo que en el modelo estimado se pueden estar omitiendo otras variables importantes que pueden ayudar explicar el comportamiento de las emisiones de uno de los contaminantes atmosféricos que más preocupa a la comunidad internacional. En esta vía, se plantea que dentro de las emisiones de CO₂ un componente importante son las emisiones naturales, cuyos factores determinantes difieren según sea el país. Así, se plantea que el factor temperatura es el más determinante en las emisiones naturales de Dióxido de Carbono. Al respecto, se argumenta que las mayores temperaturas conducen a mayores tasas de descomposición de la materia orgánica. Así, los países ubicados en el trópico tienen mayores tasas de descomposición orgánica y, por tanto, mayores tasas de emisiones naturales de CO₂ que los países de zonas templadas. Sin embargo, los países del trópico poseen mayores coberturas vegetales, lo cual implica que tienen mayores tasas de fijación de CO₂. Dado el argumento anterior, debe reconocerse que las futuras investigaciones acerca de la causa de las mayores emisiones de este contaminante, deben involucrar variables de tipo ambiental y físico, con lo cual se lograría mejorar el análisis acerca los determinantes de la calidad ambiental, en este caso de las emisiones de contaminantes atmosféricos.

En segundo lugar, como mayor crecimiento económico necesariamente implica mayores tasas de emisiones en el corto y mediano plazo, se requiere de fuertes políticas ambientales que busquen contraatacar los efectos nocivos de este mayor crecimiento económico.

Cuadro 4. Resumen de resultados econométricos para CO₂

Coeficiente	Regresión incluyendo Gini y F	Regresión excluyendo Gini y F
PIB	6.83E-05 (14.30)	0.000106 (10.979)
Q	0.0076 (14.34)	0.014469 (13.816)
F	-0.0098 (-2.509)	
G	0.00787 (0.679)	
R ² ajustado	0.9792	0.982
Durbin –watson	0.68	0.523
Estadístico F	3765.48	20663.5
Media del PIB=us \$4523, desviación standar= us \$2412.59		
Número de observaciones=240		

Nota: Los valores en paréntesis representan el estadístico t. En esta regresión, a excepción del coeficiente para la variable GINI, todos los coeficientes estimados fueron significativos a un nivel del 99% de confianza.

5. CONCLUSIONES

En primer lugar, se plantea que una de las críticas centrales para la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets es la carencia de información uniforme entorno 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, 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's 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 los ecosistemas– 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. Así, el cumplimiento de una curva ambiental de Kuznets no garantiza que los niveles de contaminación sigan dentro de los umbrales ecológicos más allá de los cuales el deterioro ambiental es irreversible.

Frente a lo anterior, se establece que la hipótesis de la curva ambiental debe reevaluarse no sólo en función de los problemas metodológicos, sino también 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. 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 camino¹⁹.

Ahora, reconociendo que la Curva Ambiental de Kuznets sólo se restringe a la relación contaminación y PIB per cápita es importante establecer algunas consideraciones frente a los resultados obtenidos en la búsqueda de la validez de la hipótesis de la EKC en el entorno de América Latina, a partir de la inclusión en el modelo tradicional de variables que representan la desigualdad económica y social.

Cómo se observó en el análisis de los resultados econométricos para emisiones de SO₂, se halló una trayectoria de Kuznets para la relación entre este contaminante y el PIB per cápita. Frente a esta situación, se plantea que no es una sorpresa que la calidad del aire urbano, con relación a contaminantes locales como el SO₂, mejore antes de lo que lo hacen las emisiones agregadas de los diversos contaminantes atmosféricos [Correa 2002]. La polución urbana representa el mayor riesgo para la salud humana y puede ser trasladada a áreas rurales con bajos costos relativos. También deben ser destacadas las fuerzas del mercado, en tanto que las rentas de la tierra crean un incentivo para que las empresas manufactureras se trasladen hacia áreas con menor densidad poblacional. Finalmente, a medida que los residentes urbanos tienen ingresos superiores al promedio, ellos son capaces de asegurar una mejor regulación sobre la calidad del aire por parte del gobierno. Sin embargo, en este punto debe anotarse que lo anterior se logra en la medida que se tengan mayores derechos políticos y libertades civiles, pues esto garantiza una mayor efectividad en las respuestas a las mayores demandas de la población por calidad ambiental. Igualmente, es de notar que la mayor desigualdad en la distribución del ingreso tiene el poder de disminuir el efecto positivo del crecimiento económico sobre las emisiones de este contaminante, localizando el punto umbral en un horizonte de tiempo más lejano.

Las conclusiones anteriores también pueden derivarse para el caso de emisiones de DBO, dados los resultados obtenidos. Ahora, en torno a las emisiones de CO₂ Las evidencias halladas en este trabajo han verificado que no se cumple la hipótesis de la EKC. Se plantea que los países de América Latina se encuentran en la fase creciente de la curva ambiental de Kuznets. Investigaciones como las de Gangadharan y Valenzuela [2001] y Saravia [2002] establecen que el punto de quiebre a partir del cual las emisiones de CO₂ empiezan a disminuir se encuentra en un nivel de PIB per cápita que se mueve entre un rango que va de us \$ 24914 a us \$27000. Por tanto, es de esperar que las emisiones de este contaminante sigan creciendo en el mediano plazo en todos los países de Latinoamérica, pues el promedio de PIB per cápita actual en la región está por debajo de los us \$4000 (medido en paridad de poder de compra)²⁰.

Ahora, en relación a las implicaciones de política económica, social y ambiental se plantea, al igual que Saravia [2002], que los países de América Latina tienen dos opciones: por un lado asumir una actitud pasiva y esperar el tiempo que tome lograr que su población sea lo suficientemente rica para ubicarse en la trayectoria decreciente de la Curva Ambiental Kuznets. Esta opción, debido a lo lejano del punto umbral estimado, no es la más

¹⁹ Con respecto a lo anterior, algunos países desarrollados, 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 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. Este camino debe ser seguido por los países latinoamericanos para lograr sendas de desarrollo sostenible en el mediano plazo.

²⁰ Así, es claro que países de bajo ingreso, como la mayoría de los países latinoamericanos, están demasiado lejos de lograr estos niveles de PIB per cápita.

deseable por los crecientes efectos negativos del crecimiento económico en el corto plazo. De otro lado, los países de la región pueden esforzarse en hacer más corto este tiempo para alcanzar el punto umbral necesario. Así, lo que realmente importa no es el punto umbral calculado, sino el entendimiento del mecanismo oculto detrás de él, es decir, las características económicas, políticas, medioambientales y sociales específicas de cada país, las cuales, al final, son las que determinan la posición de este punto de quiebre a lo largo de la EKC. En efecto, como lo afirma Saravia [2002], detrás del modelo en forma reducida propuesto por la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets existen, principalmente, factores y políticas específicas que, según sea el país o región, podrían conducir a mayores niveles en el punto umbral y/o mayor contaminación.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se plantea que además de las políticas ambientales, las políticas de distribución del ingreso y de fomento de las libertades democráticas en América Latina son determinantes para el logro de mejores resultados, tanto en materia ambiental como en bienestar social, de una manera más costo-efectiva. En este sentido, es vital obtener una adecuada y efectiva articulación entre las políticas ambientales y sociales con las políticas de fomento a la actividad económica con el fin de lograr un crecimiento económico más sostenible desde el punto de vista ambiental y social.

Una efectiva implementación de este conjunto de políticas le permitiría a los países que se encuentran en la fase creciente a pasar por un “túnel” hasta llegar a la fase decreciente de la curva sin la necesidad de alcanzar un máximo de contaminación ambiental. Al respecto, se afirma que una combinación de políticas de impuestos y regulaciones ambientales que conlleven a una disminución en el uso de materiales y en el consumo de energía (lo cual, a su vez, disminuiría la polución y los desechos) lograría en un mediano plazo los objetivos ambientales propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Barret, Scott, Graddy, K., (1997), "Freedom, Growth, and the Environment", mimeo, London, London Business School.
- Boyce, James, (1994), "Inequality as a cause of environmental degradation", *Ecological Economics*, No. 11, pp.169-178.
- Cole, M. A. *et al.*, (1997), “The environmental Kuznets curve: an empirical analysis”, *Environment and Development Economics*, No. 2, pp 401-416
- Correa R., Francisco, (2002), “Las dimensiones ambientales del crecimiento urbano”, *Revista Semestre Económico*, No. 10, Universidad de Medellín, julio-diciembre.
- De Bruyn, Sander., Opschoor, J., (1997), "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations", *Ecological Economics*, No. 20, pp. 255-268.
- De Bruyn, Sander, (2000), *Economic Growth and the Environment: An Empirical Analysis*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-98.
- Ekins, Paul, (1997), "The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the evidence", *Environment and Planning*, No. 29, pp. 805-830.
- Gangadharan, L., Valenzuela, Rebecca, (2001), “Interrelationships between income, health and the environment: extending the Environmental Kuznets Curve hypothesis”, *Ecological Economics*, No. 36, pp. 513-531.
- Grossman, Gene, Krueger, A., (1995), “Economic growth and the environment”, *Quarterly Journal of Economics*, No. 112, pp. 353 – 78.
- Hicks, J. R., (1932), *The theory of Wages*, London, Macmillan Press, pp. 156-162.
- Holtz-Eakin, D., Selden, T., (1995), "Stoking the fires? CO₂ emissions and economic Growth", *Journal of Public Economics*, No. 57, pp. 85-101.
- Kaufmann, Robert *et al.*, (1998), “The determinants of atmospheric SO₂ concentration: reconsidering the environmental Kuznets Curve”, *Ecological Economics*, Vol. 25, No. 2, pp. 209–220.

- Kuznets, Simon, (1963), "Quantitative aspects of the economic growth of nations", *Economics Development Culture Change*, No. 11, pp. 70-80.
- Magnani, Elisabetta, (2000), "The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution", *Ecological Economics*, No. 32. pp. 432-443.
- Mayorga, Mauricio, Muñoz, Evelyn, (2000), La técnica de datos de panel: Una guía para su uso e interpretación, Banco Central de Costa Rica, División Económica, Departamento de Investigaciones Económicas, DIE-NT-05-2000, pp. 2-15.
- Panayotou, T., (1993), Empirical Test and policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Geneva, World Employment Research Programme, *Working Paper*, International Labour Office.
- Panayotou, T., (1997), "Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool", *Environment and Development Economics*, No. 2, pp. 465-484.
- Ravallion, M. et al., (2000), "Carbon emissions and income inequality", *Oxford Economic Papers*, No. 52, p.651-669.
- 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.
- 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.
- Scruggs, Lyle, (1998), "Political and economic inequality and the environment", *Ecological Economics*, Vol. 26, No. 3, pp. 259-275.
- Selden, T., Song, D., (1994), "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 27, pp. 147–162.
- Shafik, N., Bandyopadhyay N., (1992), Economic Growth and Environmental Quality: Time-series and Cross-Country Evidence, Washington D.C., World Bank, *Working Papers*, WPS 904.
- Stern, D., Common, S., Barbier, E., (1996), "Economic Growth and Environmental Degradation: A Critique of the Environmental Kuznets Curve", *World Development*, No. 24, pp. 1151-1160.
- Suri, Vivek, Chapman, Duane, (1998), "Economic growth, trade and energy: implications for environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, Vol. 25, No. 2, pp. 195–208.
- Templet, P., (1995), "Grazing the commons: An empirical analysis of externalities, subsidies and sustainability", *Ecological Economics*, No. 12, pp. 141-159.
- Torras, Mariano, Boyce, James, (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: World Development Report 1992*, New York, Oxford University Press.

ANEXO

Notas aclaratorias sobre las siglas utilizadas en el cuadro 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 U invertida

CMC= Curva monótonamente 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 es medido 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, el cual es un indicador para la calidad ambiental del agua. 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 SO₂ utilizando efectos aleatorios, para MPS y NO_x 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 [1] sin mayores modificaciones, de modo que los resultados sean comparables.