

# ¿LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS SIGUE SIENDO VÁLIDA PARA EXPLICAR LA DEGRADACIÓN? UNA REVISIÓN TEÓRICA

## IS THE ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE STILL VALID TO EXPLAIN ENVIRONMENTAL DEGRADATION? A THEORETICAL REVIEW.

JOSÉ ANTONIO OLIVARES MENDOZA<sup>ω</sup>  
CLEMENTE HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ<sup>Α</sup>

### ■ RESUMEN:

La Curva Ambiental de Kuznets (CAK) es una de las hipótesis más controvertidas en economía ambiental, por las implicaciones en materia de política pública entendida brevemente como “crecer primero, limpiar después”. Mucho de la producción académica sobre dicha curva pretende demostrar su validez empírica, pero no en documentar su evolución teórica y la validez de sus supuestos. Este artículo analiza, mediante una revisión sistemática de la literatura, si el sustento teórico de la CAK es suficiente para abordar la relación entre crecimiento económico y medio ambiente. En un segundo plano, se examinan también las críticas hechas al modelo. El resultado del análisis revela que a pesar de las críticas fundadas hacia la CAK, éstas no son suficientes para declararla inválida. Una CAK es una imagen parcial de una senda de contaminación amplia, compleja, donde los tiempos de asimilación y regeneración de la naturaleza son diferentes a los tiempos de mercado.

---

<sup>ω</sup> Universidad de Guadalajara, Estudiante, CUCEA, Doctorado en Estudio Económicos, Jalisco, México <https://orcid.org/0000-0002-5440-5375>. [anespi@gmail.com](mailto:anespi@gmail.com).

<sup>Α</sup> Universidad de Guadalajara, Docente, CUCEA, Doctorado en Estudio Económicos, Jalisco, México. <https://orcid.org/0000-0003-3023-9090>. [clemente@academicos.udg.mx](mailto:clemente@academicos.udg.mx) (autor para correspondencia).

- **PALABRAS CLAVE:** Curva Ambiental de Kuznets, EKC, Revisión de literatura, Contaminación, Crecimiento económico.
- **ABSTRACT:**  
The Environmental Kuznets Curve (CAK) is one of the most controversial hypotheses in environmental economics, due to the implications for public policy understood as "grow first, clean up later." Much of the academic production on this curve pretend to demonstrate its empirical validity, but not in documenting its theoretical evolution and the validity of its assumptions. This article examines, through a systematic review of the literature, whether the theoretical support of the CAK is sufficient to address the relationship between economic growth and environment. Also, criticisms made of the model are examined as well. The analysis reveals that despite the well-founded criticisms of the CAK, they are not enough to declare it invalid. A CAK is a partial image of a wide, complex pollution path, where the assimilation and regeneration times of nature are different to those of market times.
- **KEYWORDS:** Environmental Kuznets curve, Literature review, Pollution, Economic growth
- **CLASIFICACIÓN JEL:** N50, 013, Q50, Q51

## INTRODUCCIÓN

Este artículo analiza, mediante una revisión sistemática de la literatura, si el sustento teórico de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK) es suficiente para abordar la relación entre crecimiento económico y medio ambiente.

La CAK plantea la hipótesis de que el crecimiento económico afecta a la calidad ambiental en diferentes formas en el tiempo, similar a una "U" invertida. Esto es, cuando un país es poco desarrollado la presión hacia su

entorno natural es mínima, en cuanto crece la contaminación se acentúa hasta llegar a un punto crítico donde se invierte la relación; posteriormente existirá prosperidad y la degradación disminuirá.

En esencia sugiere que el aumento del ingreso per cápita conlleva en un futuro a una mejora en la calidad ambiental. Esto se demuestra empíricamente en la década de los noventa con los trabajos de Grossman y Krueger (1991, 1995), Shafik (1994; 1992), Panayotou (1993; 1993) y Selden y Song (1994). Adopta el nombre de CAK<sup>1</sup> por la semejanza con la relación desigualdad-ingreso propuesta por Kuznets (1955).

Sin embargo, desde su planteamiento ha dado origen a un intenso debate sobre utilizarla para explicar la degradación, en especial por las implicaciones en materia de políticas públicas, “crecer primero, limpiar después”(Dasgupta et al., 2002). Si un país quisiera mejorar en el cuidado del ambiente tendría que crecer económicamente.

Al respecto, investigadores afirman que la CAK puede malinterpretarse. El crecimiento por sí sólo no frena la degradación ambiental, tal es el caso de países que viven con altas tasas de deforestación y elevados ingresos per cápita (Cropper & Griffiths, 1994) o países pobres que adoptan estándares de países ricos y obtienen mejores resultados en el cuidado del ambiente (Stern et al., 1996).

Además, en la actualidad los indicadores de países desarrollados son desfavorables para la hipótesis, pues estas potencias concentran la mayor cantidad de contaminación en el mundo. De acuerdo a la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) se estima que la concentración de dióxido de carbono alcanzo las 406.76 partes por

---

<sup>1</sup> Panayotou es de los primeros que la nombra como Curva Ambiental de Kuznets (Theodore Panayotou, 1997)

millón( *ppm*) para el año 2017<sup>2</sup>, una tendencia ascendente al comparar con 1990 de 350.42 *ppm* cuando inicia el planteamiento de la CAK. En el mismo año 2017, China (28.5%), Estados Unidos (14.7%), India (6.7%) y Rusia (4.7%) son responsables del 55% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> por combustión de combustible<sup>3</sup>. Estos indicadores contradicen la hipótesis, la degradación en el mundo tiende a aumentar en países prósperos en lugar de disminuir.

En contraste, el interés por utilizar la CAK ha aumentado (Destek & Sarkodie, 2019; Pincheira & Zuniga, 2020) y se concentra en las principales economías del mundo. Un estudio bibliométrico y de metanálisis reciente señala que la mayor parte de la literatura proviene de Estados Unidos (23.06%), China (21.77%), Turquía (6.01%), Francia (5.04%), Inglaterra (5.73%), Australia (5,55%), España (5,18%), Francia (5,04%) , Italia (4,62%), entre otros. Además que las investigaciones en países de ingresos *medio bajo* y *bajo* son esporádicas y limitadas (Sarkodie & Strezov, 2019).

Esto conlleva a cuestionar ¿Porque emplear una teoría que desde sus inicios parece que carece de validez para estudiar la relación entre crecimiento y degradación ambiental? En este artículo se demuestra que a pesar de las críticas fundadas hacia la CAK, éstas no son suficientes para declararla inválida

La relevancia de este artículo es la confrontación conceptual de los supuestos de la CAK para explicar la realidad en la relación crecimiento económico y degradación. Por lo regular la mayoría de las investigaciones enfocan sus esfuerzos en encontrar evidencia de la CAK, detallar la técnica econométrica y estimar los mejores parámetros.

---

<sup>2</sup> <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>

<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, IEA, 2019

Cabe destacar que este estudio no es una revisión exhaustiva de toda la extensa literatura sobre la CAK. Existen varios trabajos que cumplen con ese fin aplicando técnicas de meta análisis y bibliometría que permiten tener un conocimiento vasto (Pincheira & Zuniga, 2020; 2019; Shahbaz & Sinha, 2019a, 2019b). Estos son tomados en cuenta en la selección de los artículos a partir de las coincidencias de autores, de ahí que consideremos que las investigaciones presentadas en esta disertación son suficientes para discutir el estado actual de la hipótesis.

Este trabajo está estructurado de la siguiente forma. Además de esta introducción en el siguiente apartado se detalla el proceso metodológico de selección de la literatura. Posteriormente en la sección de resultados la bibliografía es clasificada en sublíneas de investigación, se describe el entorno ideológico que precede a la propuesta de la CAK en 1991, así como las primeras explicaciones del por qué considerar que el crecimiento económico tiene mejoras en el ambiente a través de lo que hemos denominado *determinantes de primer orden* (supuestos), luego se analiza un modelo ampliado con otros factores más allá del ingreso per cápita o *determinantes de segundo orden* y de la misma forma se examinan las principales *críticas* conceptuales y de estimación. En la discusión se valida la CAK, contrastando los supuestos teóricos y las críticas. Finalmente en la conclusión sintetizamos los principales hallazgos y hacemos unas reflexiones finales.

## MÉTODOS

Esta investigación es de corte cualitativo a través de una revisión sistemática de los principales artículos que dan soporte a los fundamentos de la CAK. La literatura es amplia y seleccionamos algunos artículos que

consideramos esenciales para entender la hipótesis, el criterio que prevalece es la relevancia del aporte por sus citas o claridad en la investigación<sup>4</sup>.

El proceso metodológico aplicado fue el siguiente. Primero, la búsqueda de artículos y documentos de trabajo en bases de datos especializadas como Scopus, Web of Science y Google Scholar, en el periodo de 1991 al 2020. Después, una exploración de las citas bibliográficas y un contraste en coincidencias de autores con los resultados de meta análisis recientes, optando por 47 investigaciones relevantes. Estas fueron revisadas a texto completo y se clasificaron en sublíneas de investigación. Finalmente escogimos 32 artículos, donde el criterio fue la aportación teórica a la hipótesis, ubicamos el artículo seminal y ejemplificamos la discusión y sublíneas de investigación.

Es pertinente señalar que los principios teóricos de la CAK están respaldados en la evidencia econométrica, son pocos los autores quienes realizan una discusión conceptual y mucho menos epistemológica.

Algunos investigadores como Shahbaz y Sinha (2019b) establecen una distinción en la literatura entre quienes comprueban o rechazan la existencia de la curva, esto como un paso previo a discutir la técnica econométrica(2019a). Otros hacen la revisión desde de la similitud de resultados, evidencian la falta de consenso y describen las redes de investigación presentes alrededor de una temática en particular, agrupan resultados próximos, describen el impacto de la investigación por países, hacen un recuento de cita y describen los indicadores usados para el vector

---

<sup>4</sup> En la base de dato de SCOPUS bajo el término de “Curva Ambiental de Kuznets” se registran 2 mil 350 investigaciones de relevancia (del año 1991 al 2020, la fecha de consulta es noviembre de 2020)

ambiental, tal como lo hacen Sarkodie y Strezov (2019) o Pincheira y Zuñiga (2020).

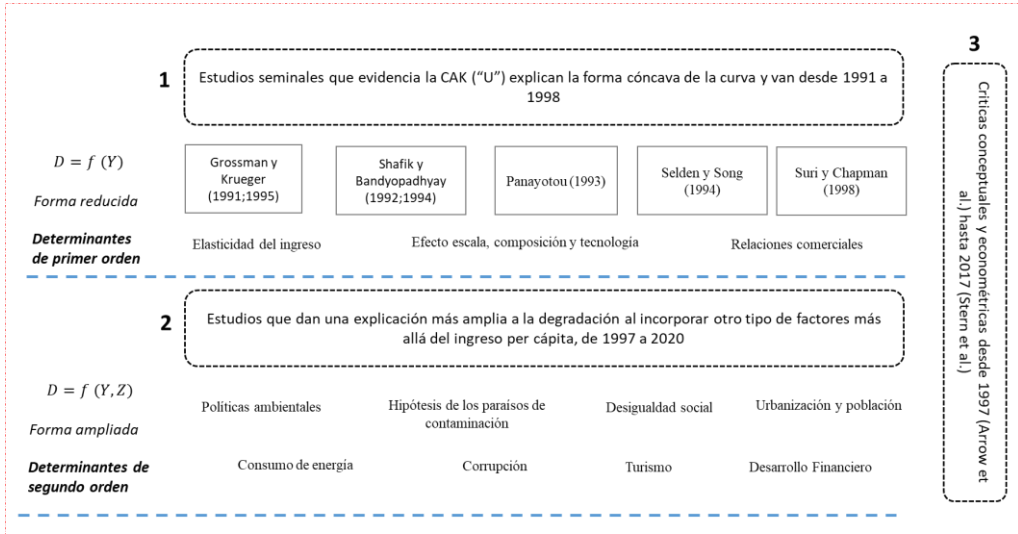
El enfoque utilizado en esta investigación es similar a la segunda vertiente, el análisis de los efectos subyacentes de la relación ingreso-degradación a partir de las aportaciones teóricas más importantes.

## RESULTADOS

### 1. Sublíneas de investigación en torno a la CAK.

En la literatura podemos identificar cuatro grandes sublíneas de investigación. La primera la componen estudios seminales que evidencian por primera vez la CAK (“U” invertida) y postulan lo que hemos denominado *determinantes de primer orden*, explican la forma cóncava de la curva y van desde 1991 a 1998. La segunda acordamos nombrarla *determinantes de segundo orden* y son aportaciones que dan una explicación más amplia a la degradación al incorporar otro tipo de factores más allá del ingreso per cápita, de 1997 a 2020. La tercera son investigaciones que hacen una *crítica* a la hipótesis, abarca desde Arrow (1995) a Stern (2017). Finalmente la cuarta es la fundamentación matemática y los macro modelos teóricos de medio ambiente y crecimiento, esta queda fuera de los alcances del artículo, consideramos que las primeras tres son suficiente para argumentar la fortaleza de la hipótesis.

**Figura 1.** Sublíneas de investigación de la CAK.



Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de literatura.

Esta identificación de sublíneas es el punto de partida para posteriormente hacer el contraste de los supuestos teóricos y las críticas más relevantes a la hipótesis de la CAK.

Previo a abordar las sublíneas, a continuación se describen algunos acontecimientos que forman parte del contexto del planteamiento de la hipótesis de la CAK. En especial los sucesos y posturas ideológicas que abordan la relación entre el crecimiento económico y la calidad ambiental en el periodo de 1970 a 1990.

**2. Ideologías sobre crecimiento y calidad ambiental entre 1970-1990.**

En cuanto los sucesos existen dos acontecimientos relevantes para la CAK. El primero es el cambio de paradigma de la economía convencional



en la década de los setenta con la el Club de Roma, quienes advierten que de continuar con un crecimiento “*business as usual*” –lo de siempre- llevaría a un colapso ambiental y económico en el tiempo (Meadows et al., 1972). El mundo transita de un pensamiento de abundancia de recursos a una reflexión sobre la protección ambiental.

El segundo es la adopción en los ochenta y noventa del concepto de sustentabilidad. En 1980 se define el termino (IUCN, 1980), en 1987 alcanza popularidad (Brundtland, 1987) y desde la Conferencia de Río<sup>5</sup> en 1992 forma parte de los acuerdos internacionales en materia ambiental. Hoy en día el desarrollo sostenible tiene dos objetivos claros, alcanzar el bienestar de la población con la disminución de la pobreza y garantizar que se alcance respetando los límites del planeta.

Estos sucesos conforman dos posturas ideológicas diferentes en la década de los noventa (Theodore Panayotou, 2001). Por un lado, el Club de Roma que observa una situación adversa ante el aumento de los niveles de producción y generación de desechos que presionan la capacidad de carga de la biosfera. La respuesta para ellos es imponer límites al consumo y hacer una transición a un estado estacionario.

Por otro, quienes aceptan que las afectaciones son parte del crecimiento económico y que tienen solución. Argumentan que el aumento en el ingreso supone mejoras en la tecnología, en los procesos de producción y las políticas públicas, reduciendo así el impacto en el planeta. En este grupo existen ideas radicales que consideran que la forma más segura de proteger el ambiente es enriquecerse (Beckerman, 1992). Otros son moderados, como los investigadores de la CAK quienes suponen que la calidad ambiental está

---

<sup>5</sup> Conocida como la Cumbre de la Tierra y después Conferencia de Río

determinada por otros factores adicionales al ingreso que pueden disminuir la afectación (políticas, comercio, desigualdad, etc.).

Es así que la CAK nace en la empírea y causa polémica, los primeros trabajos parecen contraponer el supuesto de desarrollo sostenible. Para algunos esta es la principal censura a la hipótesis, puede interpretarse que con el simple crecimiento económico se resuelve la problemática ambiental (Stern et al., 1996).

Esto es discutible y de ahí la importancia de analizar la evolución teórica de la hipótesis a partir de los determinantes. Los de primer orden aportan los supuestos, justifican la forma cóncava de la curva en función solamente del ingreso per cápita, en una *forma reducida* (Grossman & Krueger, 1995). Los de segundo orden representan una argumentación más amplia al incorporar otro tipo de factores más allá del ingreso que pueden hacer que la curva sea más pronunciada o se desplace.

### **3. Determinantes de primer orden: supuestos del modelo (1991 a 1998)**

En términos de expresión matemática, la curva ambiental de Kuznets supone la intervención de tres variables importantes; la degradación (D)<sup>6</sup>, el Ingreso (Y) y otras causas que afectan a la calidad ambiental, en nuestro caso (Z) son los determinantes de primer y segundo orden. La relación esperada entre variables debe ser de forma inversa, esto indicaría que el crecimiento económico –o los determinantes- ayuda a reducir los problemas de contaminación en los países.

---

<sup>6</sup> Usualmente se utilizan indicadores de degradación, también se puede abordar con indicadores de calidad ambiental. Si fuera este el caso el comportamiento sería en forma de “U”, a menores ingresos per cápita es menor la calidad hasta llegar a un mínimo donde ingresos altos elevan la calidad.

$$D = f(Y) \quad \text{reducida} \quad [1]$$

$$D = f(Y, Z) \quad \text{ampliada} \quad [2]$$

En la tabla 1 se realiza una descripción de las investigaciones entre los años de 1991 a 1998 que dan origen al planteamiento de la CAK. Tienen en común que en su mayoría usan datos atmosféricos, de calidad de agua y metales pesados para evidenciar el patrón de “U” invertida. Cabe mencionar que el planteamiento de la CAK surge en el contexto de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) a partir de la medición de los efectos de la reducción de las barreras comerciales en el ambiente (Grossman & Krueger, 1991).

De estos trabajos derivan los supuestos básicos del modelo. Estos son los siguientes:

El *ingreso per cápita* ( $Y/N = y$ ) capta todos los cambios en el desarrollo de los países y representa una medida de crecimiento económico (**S<sub>1</sub>**). Es el nivel quien incide en la degradación y no la tasa de cambio, independientemente de la rapidez o lentitud del crecimiento siempre se obtiene un nivel similar de calidad ambiental (Theodore Panayotou, 1997). La magnitud de la degradación depende entre otras cosas de la capacidad de los ecosistemas para absorber las perturbaciones causadas en momentos de auge o de crisis.

Por otra parte, la *elasticidad ingreso de la demanda* es uno de los elementos que define la forma cóncava, es decir, el comportamiento del consumidor ambiental ante las variaciones de su ingreso (Shafik & Bandyopadhyay, 1992) (**S<sub>2</sub>**). A medida que la sociedad progresa en condiciones económicas la respuesta a consumir o pagar por bienes y servicios ambientales varía.

En niveles bajos de ingreso existe un margen limitado, la preocupación es la satisfacción de las necesidades básicas (empleo, alimento, vivienda, entre otros). En cambio cuando su capacidad de pago es amplia, las personas son más concientes en sus preferencias y se convierten en factor de presión para exigir mayores gastos en conservación o aceptar imposiciones para preservar el ambiente.

Existen dos tipos de agentes, los hogares (productores y consumidores) y un planificador central en la figura del Estado (**S<sub>3</sub>**). Desde la demanda, el ambiente es visto como un bien de consumo al prestar servicios ecosistémicos de provisión, soporte de vida y culturales. De lado de la oferta es parte de la función de producción como insumo en la transformación. El agente planificador es el encargado de prevenir y mitigar la contaminación.

Además, la economía presenta diferentes intensidades de emisión de contaminantes en los sectores económicos (**S<sub>4</sub>**). Las actividades de agricultura, pesca silvicultura y pesca (P) tienden a ser más intensivos en recursos que el sector secundario (S) o terciario (T).  $P > S > T$ . (Theodore Panayotou, 1997)

La producción presenta mejoras ambientales ante los cambios en la estructura, al transitar de sociedades agrícolas intensas en recursos naturales a especializarse en actividades terciarias donde disminuye la contaminación, debido al *efecto escala, composición y tecnológico* (Grossman & Krueger, 1991) (**S<sub>5</sub>**).

Es así que el *efecto escala* es el incremento de la contaminación a la par que crece la economía, tiene una implicación negativa al ambiente. Una mayor actividad genera mayores deshechos, sucede en etapas preindustriales y es entendido como el costo ambiental requerido para aumentar la producción de un país.

En cambio, el efecto *composición* considera un impacto positivo a la naturaleza por evolucionar de economías agrícolas a industriales al favorecer una mayor eficiencia en la producción. A pesar de que en esta etapa se presenta la presión más fuerte a los ecosistemas (la cima de la curva invertida) el deterioro ambiental se reduce de forma gradual.

Finalmente, el efecto *tecnológico* involucra un impacto positivo. Describe una economía especializada en servicios y con acceso a tecnologías más limpias e insumos menos contaminantes. En esta etapa un país tiene posibilidades de invertir más recursos en investigación y desarrollo<sup>7</sup>.

Las *relaciones comerciales* presentan efectos positivos al ambiente al incentivar los cambios en la estructura económica por la transferencia de tecnología (Grossman & Krueger, 1991) (**H<sub>1</sub>**). Es un mercado de competencia perfecta (**S<sub>6</sub>**). Al inicio presenta un efecto adverso al expandir la escala de la actividad, posteriormente modifica la composición al especializarse en actividades terciarias y provoca una mejora en las técnicas de producción. Es decir, sucede siempre y cuando el efecto tecnológico sea mayor a las perturbaciones que ocasiona el efecto composición y escala. Además se espera que ningún país obtenga ventajas de regulaciones laxas, de lo contrario incentivan a convertirse en refugio de países altamente contaminadores (Suri & Chapman, 1998).

Para comprobar esta hipótesis basta que se presente una relación negativa entre el dato de comercio y la variable de polución (ver tabla 2). Para concluir, los determinantes de primer orden surgen a partir de estudios

---

<sup>7</sup> La baja intensidad de los recursos en el sector servicios puede ponerse en duda debido a que en este sector existen actividades que tienen una fuerte intensidad de emisiones (transporte aéreo, marítimo o terrestre).

econométricos y tienen una limitante, presuponen muchas interrelaciones complejas que se intentan capturar únicamente con el ingreso per cápita.

En palabras de Panayotou, es una “caja negra que oculta más de lo que revela”(Theodore Panayotou, 1997, p. 467). Esto llevo a ampliar el modelo y explorar nuevas líneas de investigación.

Tabla 1  
**Estudios seminales, primera evidencia de la CAK (1991 a 1998)**

<i>Autores y año</i>	<i>Observación y periodo</i>	<i>Variable de polución (endógena)</i>	<i>Variables exógenas</i>	<i>Método</i>	<i>Aportación</i>
Kuznets (1955)	Varios países		PIB per cápita	Hechos estilizados	Propone que el crecimiento económico favorece a la disminución de la desigualdad: En etapas tempranas de crecimiento la desigualdad se acentúa hasta llegar a un punto donde se revierte la tendencia. Existirá mayor crecimiento y la desigualdad disminuirá
Grossman & Krueger (1991)	52 ciudades de 42 países (1977, 1982 y 1988)	SO <sub>2</sub> , esmog y PM	PIB per cápita	Corte Transversal MCO Modelo de equilibrio general computa	Evidencian por primera vez la CAK (SO <sub>2</sub> y esmog). Observan un comportamiento adicional en forma de

<i>Autores y año</i>	<i>Observación y periodo</i>	<i>Variable de polución (endógena)</i>	<i>Variables exógenas</i>	<i>Método</i>	<i>Aportación</i>
				ble	“N” pero ponen en duda su hallazgo. Introducen el concepto de efecto escala, composición y tecnológico.
Shafik (1994; 1992)	149 países (1960-1990)	Falta de agua limpia y saneamiento urbano, PM, SO <sub>2</sub> , cambio bosque entre 1961-1986, deforestación, OD, coliformes fecales, desechos municipales y CO <sub>2</sub>	PIB per cápita	Panel Efectos fijos	La variable ingreso tiene el efecto más significativo en todos los indicadores ambientales. La degradación ambiental mejora a medida que aumenta el ingreso con excepciones en OD de los ríos, los desechos municipales y las emisiones de CO <sub>2</sub> . La evidencia sugiere que es posible “salir adelante” de algunos problemas ambientales aplicando políticas que mitiguen la degradación

<i>Autores y año</i>	<i>Observación y periodo</i>	<i>Variable de polución (endógena)</i>	<i>Variables exógenas</i>	<i>Método</i>	<i>Aportación</i>
Panayotou (1993)	55 países desarrollados y en desarrollo (1987-1988)	Deforestación SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM	PIB per cápita Población Dummies países tropicales	Corte transversal MCO	Primer estudio donde se nombra como CAK.
Selden y Song (1994)	22 países (1973-1975, 1979-1981 y 1982-1984)	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM y CO	PIB per cápita Densidad de población	Panel Efectos fijos y aleatorios	La diferencia con los otros estudios es el punto de inflexión más alto, expresan que es razonable al usar datos agregados en contraste con los datos de concentración atmosférica urbana.
Grossman & Krueger (1995)	Países diferentes por indicador	SO <sub>2</sub> , PM, OD, DBO, DQO, NO <sub>3</sub> , Coliformes fecales y totales, Pb, Cd, As, Hg, Ni.	PIB per cápita	Panel Efectos aleatorios	Mencionan como “forma reducida” al análisis que solo incluye el PIB y la degradación. Señalan que las mejoras en el ambiente debido al proceso económico no es un proceso automático. El vínculo más fuerte es a través de una respuesta de política



<i>Autores y año</i>	<i>Observación y periodo</i>	<i>Variable de polución (endógena)</i>	<i>Variables exógenas</i>	<i>Método</i>	<i>Aportación</i>
					inducida (sustitución de tecnologías más limpias)
Panayotou (1997)	30 países desarrollados (1982-1994)	SO2	PIB per cápita Densidad de población Tasa del PIB Política (respeto / cumplimiento de los contratos, IC de 5 indicadores)	Panel no balanceado o Efectos Fijos	La calidad de las políticas y las instituciones reduce la degradación en los niveles de ingreso bajos y acelera las mejoras en los niveles altos. Esto puede ayudar aplanar la CAK y reducir el daño ambiental. Las tasas altas de crecimiento económico dan mejoras lentas en la calidad ambiental.
Suri y Chapman (1998)	33 países (1977-1991)	Consumo de energía comercial primaria per cápita en términos de equivalentes de petróleo	PIB per cápita Industria (% PIB) Importaciones Exportaciones Dummies (países de	Panel Efectos Fijos MCGF	Argumentan que los países desarrollados se benefician de la contaminación evitada dado que los mayores impactos

<i>Autores y año</i>	<i>Observación y periodo</i>	<i>Variable de polución (endógena)</i>	<i>Variables exógenas</i>	<i>Método</i>	<i>Aportación</i>
			ingreso medio y alto)		energéticos suceden en los países en vías de desarrollo.
<p>Atmosféricos. SO<sub>2</sub>= Dióxido de Azufre. PM=Partículas suspendidas. OD= Oxígeno Disuelto. CO<sub>2</sub>= Dióxido de carbono. NO<sub>x</sub>= Óxidos de nitrógeno. Calidad del agua. OD= Oxígeno Disuelto. DBO= Demanda biológica de oxígeno. Metales pesados. Pb= Plomo. Cd= Cadmio. As= Arsénico. Hg=Mercurio. Ni=Níquel MCO=Mínimos Cuadrados Ordinarios. MCGF= Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles.</p>					

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de literatura.

#### 4. Determinantes de segundo orden: modelo ampliado (1997 a 2020).

Los *determinantes de segundo orden* pretenden dar una dilucidación más amplia a la degradación al incorporar otro tipo de factores más allá del ingreso per cápita (ecuación [2]).

Entre los más relevantes en la literatura y siguiendo un orden cronológico se encuentran, las políticas ambientales, la hipótesis de paraísos de contaminación (HPC), la desigualdad social, la urbanización y población, el consumo de energía, la corrupción, el turismo y el desarrollo financiero. A continuación, describimos brevemente cada uno de estos elementos. En la tabla 2 se resumen cada una de las suposiciones y las relaciones esperadas.

La *política ambiental* tiene un amplio consenso de los efectos positivos al mitigar la degradación (**H<sub>2</sub>**), la relación es negativa. Los gobiernos pueden tomar acciones para preservar el ambiente, sea en el sentido de *inhibir* la degradación o *promover* mejores prácticas. Dado que junto con el mercado se establece en gran medida el grado de concavidad, se espera que cualquier

intervención sea adecuada, de lo contrario, si por ejemplo las subvenciones son a sectores o productos intensivos en degradación la curva será más alta (Theodore Panayotou, 1997).

En la práctica diversas investigaciones han demostrado que una regulación estricta mejora la forma de la curva, al igual que incentivar el nivel tecnológico porque acelera la tendencia decreciente de la degradación (Yin et al., 2015).

La *HPC* señala que los países desarrollados se benefician de la contaminación evitada, localizando su manufactura sucia fuera de su territorio (**H<sub>3</sub>**). Es común para otras áreas y surge como réplica a los resultados de Grossman y Krueger en 1991 (Taylor, 2004). Es uno de los riesgos del comercio en presencia de legislaciones laxas (Grossman & Krueger, 1991; Suri & Chapman, 1998). La importancia para la CAK reside en que la senda de emisiones de un país se asocia con las manufacturas “sucias” de otro. En una regresión, un coeficiente negativo en importaciones o exportaciones de países desarrollados indica la presencia de la HPC.

Las investigaciones en este campo tienen resultados contrapuestos para iguales muestras de países, por ejemplo, se ha encontrado la presencia de la HPC en la OCDE (M. A. Cole, 2004) y con datos similares al cambiar la técnica econométrica los resultados difieren (Kearsley & Riddell, 2010).

De manera similar, la *desigualdad social* es uno de los tópicos que trasciende a otras líneas de investigación. Para la CAK existen dos vertientes. Una postura clara que menciona que las sociedades desiguales presentan ambientes más contaminados, existe una relación directa (**H<sub>4</sub>**).

La información señala que en países de bajo desarrollo las relaciones de poder diferencian el beneficio ambiental a obtener y el costo a pagar de

las personas (Torras & Boyce, 1998). En especial, reduce la demanda de protección ambiental y favorece a los dueños del capital para evitar regulaciones más estrictas aumentando el punto de inflexión de la CAK (Ridzuan, 2019).

En contraparte existe una vertiente poco estudiada, quienes manifiestan que la desigualdad social favorece al ambiente (**H<sub>5</sub>**). Argumentan que ante una redistribución los hogares pobres reciben más ingresos, aumentan su consumo y por ende la degradación (Heerink et al., 2001). En general, esta sublínea requiere de un marco conceptual bien definido.

Para el caso de la urbanización y población el incremento desplaza la curva hacia arriba, presenta una relación directa (**H<sub>6</sub>**) por la presión que ejerce en requerimientos adicionales en consumo de recursos naturales y la intensidad de los desechos generados. La literatura señala que controlar la población es un método inapropiado para contener la degradación, subsisten otras causales con mayor influencia, como por ejemplo los derechos de propiedad mal definidos (Cropper & Griffiths, 1994). En la actualidad es poco convencional relacionar únicamente a la población o urbanización como consecuencia de la degradación (Alam et al., 2016; Katircioğlu & Katircioğlu, 2018).

Hay una gran cantidad de estudios que abordan el *consumo de energía*, los investigadores coinciden en recomendar la conversión de energías altas en quema de combustibles fósiles a energías renovables. Existen dos suposiciones, las energías fósiles aumenta la degradación, relación directa (**H<sub>7</sub>**) y las energías renovables disminuye la degradación, relación inversa (**H<sub>8</sub>**). En cuanto a los resultados de la CAK son variados, es común encontrar relaciones monótonas, es decir, el PIB genera un aumento en el uso de energía (M. A. Cole et al., 1997; He & Richard, 2010) y dependiendo del área

geográfica que se analice algunos encuentran la presencia de la curva (Ben Jebli et al., 2016; Shahbaz & Lean, 2012; Sulaiman et al., 2013).

En esta línea las hipótesis varían poco, en revisiones más extensas se puede apreciar que la diversidad radica en las técnicas econométricas empleadas (Shahbaz & Sinha, 2019a). Finalmente, un caso poco estudiado y adicional a estas hipótesis es la energía nuclear donde la evidencia demuestra que reduce la degradación (Iwata et al., 2010).

En lo que respecta a la *corrupción* la presunción es que causa mayor degradación (**H<sub>9</sub>**). En su presencia la política pública pierde efectividad por los beneficios ocultos de evadir las normas, hace que la curva sea más pronunciada. Es decir, la corrupción no excluye a la CAK, simplemente el punto de máximo de degradación se produce en horizontes superiores al óptimo social (López & Mitra, 2000). Los estudios son esporádicos y en su mayoría coinciden en los efectos adversos para el ambiente (Bimonte & Stabile, 2019; Matthew A Cole, 2007; Leitão, 2010). Por la obtención de los datos presenta complicaciones para la estimación.

Para el *turismo* se afirma que el desarrollo de la actividad reduce a la larga las emisiones (CO<sub>2</sub>), una relación negativa (**H<sub>10</sub>**). Con este enfoque la intensidad de los impactos al ambiente están en función del ciclo de vida de un destino turístico, en etapas de exploración la afectación es menor y crece a medida que se consolida, en el futuro tendera a disminuir por la segmentación en actividades más respetuosas con la naturaleza.

En su mayoría, las investigaciones son pocas, muestran la presencia de la CAK y relaciones causales a corto y largo plazo entre el turismo y la degradación (Chan & Wong, 2020; De Vita et al., 2015; Katircioğlu & Katircioğlu, 2018). Estos resultados pueden variar en un futuro, dado que los investigadores hacen uso del dióxido de carbono como indicador de

polución y al ser un contaminante global deja fuera algunas externalidades que acontecen en otros países diferentes al destino que analizan. Es una línea que podemos catalogar como investigación temprana, los resultados siguen en discusión.

Finalmente, para el *desarrollo financiero* se intenta probar que un mayor grado disminuye la degradación ( $H_{11}$ ). La razón es porque a través de sus funciones de intermediación mejora el ingreso per cápita y con ello indirectamente modifica la CAK (Tamazian et al., 2009). Son escasos los trabajos y sus resultados están a discusión, algunos encuentran relaciones significativas (Jalil & Feridun, 2011; Tamazian et al., 2009) e incursionan con indicadores biofísicos de sostenibilidad (Destek & Sarkodie, 2019). Otros rechazan que el determinante afecte a la degradación (2016). También se cataloga como investigación temprana.

Hasta el momento la revisión de los determinantes permite hacer una caracterización de la literatura. La tabla 2 y Figura 2 sintetiza la revisión.

- i. *Preferencia por los indicadores atmosféricos.* La mayor parte de la literatura seleccionada incluye en su análisis este tipo de contaminantes, en algunos casos son locales y muestran la realidad ambiental de las ciudades donde existe el monitoreo. Algunos escogen al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) porque generalmente evidencia la CAK. Para los indicadores globales atmosféricos el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el predilecto.
- ii. *Poco uso de indicadores biofísicos y compuestos para el vector ambiental.* Los estudios son analizados desde el enfoque de degradación (“U” invertida) y son reducidos los que abordan con indicadores de calidad ambiental (“U”). Además, es inusual desarrollar indicadores compuestos para representar el vector ambiental.

- iii. *Escaso consenso en los efectos de los determinantes.* Para un mismo país puede existir resultados contrapuestos, solo basta cambiar el contaminante, la técnica econométrica, el tamaño de la muestra o abordar un enfoque regional.
- iv. *Sublíneas de investigación más consolidadas que otras.* Podemos decir que los determinantes de energía, política ambiental, hipótesis de paraísos de contaminación, urbanización y población están *consolidadas*, existe claridad en lo que quieren evaluar, en la técnica y el indicador. Aunado a esto, corrupción y desigualdad social son *complicados de medir*, la primera capta un fenómeno considerado como delito y la segunda requiere que el investigador defina un buen marco conceptual, el coeficiente de Gini es la salida fácil. Finalmente, Turismo y Desarrollo financiero puede catalogarse como *investigación temprana*, existen escasa literatura y sus hipótesis están en comprobación.
- v. *Es poco ordinario la confrontación conceptual de la curva.* La mayoría de los estudios centran sus esfuerzos en detallar la técnica econométrica y estimar los mejores parámetros. Además realizan una contextualización modesta de los países estudiados.
- vi. *Evolución de la técnica econométrica y preferencia por los paneles de datos.* El análisis de la CAK tiene su origen en métodos de corte transversal, son comunes los paneles y en la actualidad se utilizan técnicas de cointegración y causalidad (ARDL, DOLS). El análisis en series de tiempo es empleado para abordar la situación de un solo país y son menos preferidos. Esto se debe a la disponibilidad de los datos, en especial del vector ambiental.





Tabla 2

Hipótesis empleadas sobre los determinantes en el análisis de la CAK

Determinante	Hipótesis y relación	Datos	Estudios, técnica econométrica y resultado
Relaciones comerciales	$H_1$ Las relaciones comerciales son benéficas para el país (negativa).  Positiva (HPC).	Exportaciones. Importaciones. Intensidad comercial (X+M/PIB). Apertura comercial (X+M).	Grossman & Krueger (1991). Corte Transversal. MCO. Modelo de equilibrio general computable. “U” inversa
Política ambiental ( <i>consolidada</i> )	$H_2$ Una política ambiental adecuada mitiga la degradación (negativa).	<i>Inhibir</i> Número de Leyes. Monto de reducción de la contaminación. Monto de multas. Inspecciones. Cambios en contaminantes regulados.  <i>Promover</i> Extensión de ANP. Inversión en I+D. Innovaciones. Conversión de energía baja en carbono. Patentes y científicos. Calidad de las instituciones. Respeto-cumplimiento de contratos (calificadoras de riesgo).	Panayotou (1997). Panel no balanceado. Fijos. “U” inversa  Yin et al. (2015). Panel Aleatorios. MCG. “U” inversa.

Determinante	Hipótesis y relación	Datos	Estudios, técnica econométrica y resultado
Hipótesis de Paraísos de Contaminación. <i>(consolidada)</i>	$H_3$ Existe un efecto de contaminación evitada. (X o M de países ricos negativa).	Manufactura del país desarrollado en relación al PIB. Exportaciones sucias. Importaciones sucias. Intensidad comercial (X+M/PIB).	Cole (2004). Panel. MCG. “U” inversa.  Kearsley y Riddel (2010). Panel. MCG. Prais-Winsten. “U” inversa
Desigualdad Social <i>(complicado de estimar)</i>	$H_4$ Las sociedades desiguales presentan ambientes más contaminados (positiva).  $H_5$ La desigualdad es favorable para el ambiente (negativa).	Coefficiente de Gini Tasa de alfabetización. Derechos (políticos, sociales y libertades civiles) Acceso a la información (periódicos por cada mil personas)	$H_4$ Torras y Boyce (1998). Panel. MCO. “U” inversa.  Ridzuan (2019). Panel no balanceado. Fijos. Driscoll y Kraay. “U” inversa.  $H_5$ Heerink et al. (2001). Transversal. MMG. “U” inversa y monótona creciente.
Urbanización y población <i>(consolidada)</i>	$H_6$ Incrementos en la población desplazan la curva hacia arriba (positiva).	Densidad de Población Tasa de crecimiento Superficies urbanas Número total de personas que viven en áreas urbanas	$H_6$ Cropper y Griffith (1994). Panel no balanceado. Fijos. Prais-Winsten. “U” inversa Alam et al. (2016). Series de tiempo. ARDL “U” inversa.
Consumo de energía	$H_7$ El consumo de energías fósiles aumenta la degradación (positiva).	Total de energía usada	$H_7$ Cole et al. (1997). Fijos. MCG. “U” inversa.

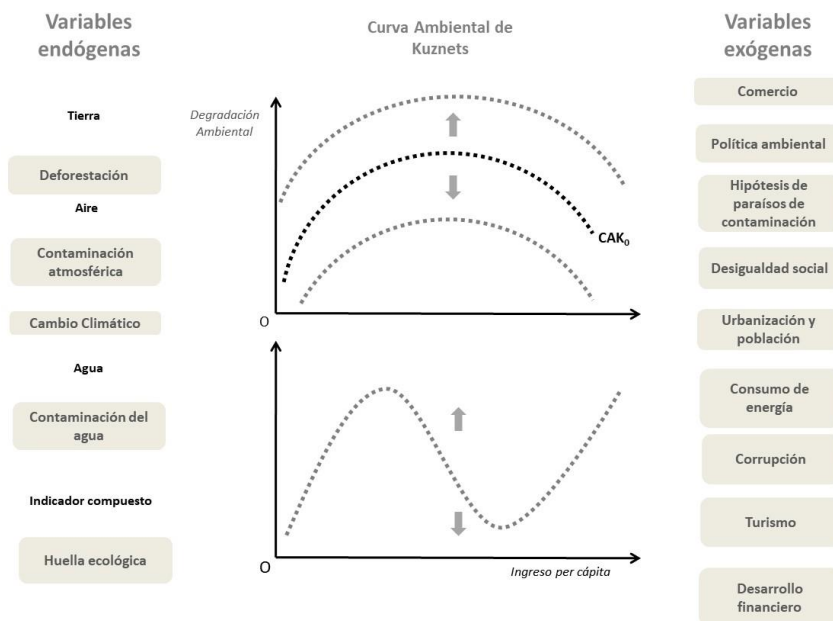
Determinante	Hipótesis y relación	Datos	Estudios, técnica econométrica y resultado
<i>(consolidada)</i>	$H_8$ El consumo de energías renovables y limpias disminuye la degradación, (negativa).	Consumo de energía fósil (carbón, petróleo o gas natural) Consumo de energía renovables y limpias (eólicas, hidroeléctrica, solar, biogás, mareomotriz, biomasa, geotérmica) Producción de energía nuclear Precio del petróleo crudo	He y Richard (2010). Muhammad Shahbaz et al. (2012). Series de Tiempo. ARDL. Granger. Monótona creciente. $H_8$ Sulaiman et al. (2013). Series de Tiempo. ARDL, Granger. “U” inversa. Jebli et al. (2016). Panel FMOLS y DOLS. “U” inversa.
Corrupción <i>(complicado de medir)</i>	$H_9$ La corrupción causa mayor degradación (positiva).	Corrupción sistema político (riesgo país). Casos denunciados	$H_9$ Cole (2007). Panel. Aleatorios. “N” inversa  Leitao (2010). Panel. Aleatorios. “U” inversa.  Bimonte y Stabile (2019). Panel. Aleatorios y Fijos. “U” inversa
Turismo <i>(Investigación temprana)</i>	$H_{10}$ El turismo reduce las emisiones de CO <sub>2</sub> . (negativa)	Arribo de turistas Gastos Ingresos	$H_{10}$ Katircioğlu (2014). Serie de tiempo. ARDL. Granger. “U” inversa.

Determinante	Hipótesis y relación	Datos	Estudios, técnica econométrica y resultado
			De vita et al. (2015). Serie de tiempo. Maki. DOLS. “U” inversa.  Chan y Wong (2020). Panel. MC2E. “U” inversa.
Desarrollo Financiero  <i>(Investigación temprana)</i>	$H_{11}$ Un mayor grado de desarrollo económico y financiero disminuye la degradación (negativa).	Valor de acciones negociadas en la bolsa Convertibilidad de la cuenta de capital Apertura financiera Relación entre pasivos líquidos y el PIB (dinero) Crédito interno al sector privado, % del PIB	$H_{11}$ Tamazian et al. (2009). Panel. Aleatorios. “U” inversa.  Jalil y Feridun (2011) Series de tiempo. ARDL. “U” inversa. Dogan (2016) Series de tiempo. ARDL. Sin evidencia.  Akif y Asumadu (2019) Paneles heterogéneos
<p>MCG= Mínimos Cuadrados Generalizados.                      MMG= Método de Momentos Generalizados.                      ARDL= Autoregresivo de Rezagos Distribuidos.                      FMOLS= Mínimos cuadrados completamente modificados.                      DOLS= Mínimos cuadrados ordinarios dinámico. MC2E: Mínimos cuadrados en dos etapas.</p>			

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de literatura.

Figura 2

Variables utilizadas en los estudios de la CAK



Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura revisada.

## 5. Críticas

Las investigaciones que hacen una *crítica* a la hipótesis de la CAK abarcan desde Arrow et al. (1995) a Stern (2017) y pueden dividirse en dos grandes apartados: conceptuales (C) y consideraciones a la técnica econométrica (T.E.). A continuación mencionamos las principales y sus argumentos.

1. Calidad ambiental como un proceso endógeno del crecimiento, poco crédito a las instituciones y la política pública **(C1)**. La confrontación más relevante es discutida en 1995 en Estocolmo Suiza, cuando investigadores de diferentes disciplinas debaten sobre la relación

crecimiento-degradación. La preocupación de este grupo de expertos, posteriormente llamados economistas ecológicos, es el mensaje a la comunidad internacional que el único camino para resolver los problemas ambientales es el crecimiento económico (Arrow et al., 1995). De ser así, la acción de los gobiernos nacionales se limitaría a aumentar la producción, esto se resume en “crecer primero, limpiar después”(Dasgupta et al., 2002). Esto desestima el papel de la política y las instituciones quienes explican en buena medida la mejora de calidad que demuestran los estudios de la CAK (Stern et al., 1996).

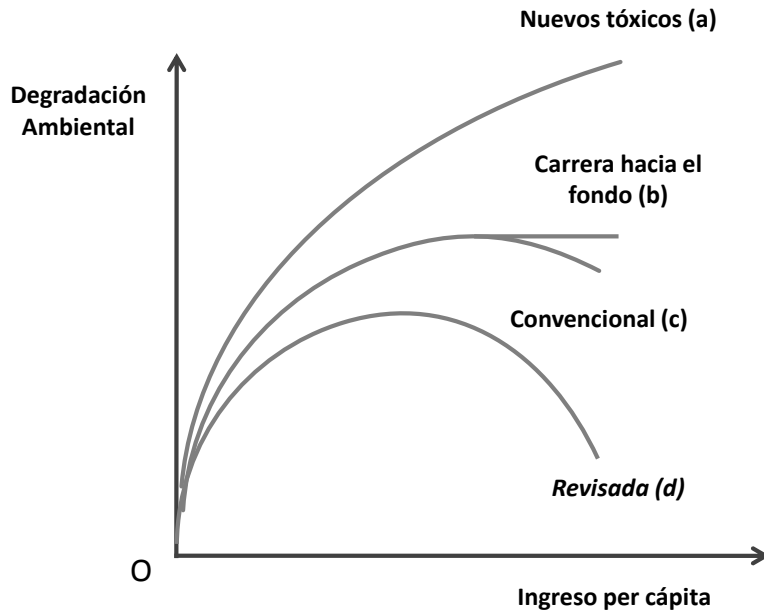
2. Limitado análisis, falta de consideraciones ecosistémica como la resiliencia, la capacidad de carga y la irreversibilidad de los procesos energéticos **(C2)**. Las consideraciones ecosistémica tienen mayor alcance para explicar la calidad ambiental, es su resiliencia quien condiciona la magnitud del daño , independientemente de cualquier relación con el ingreso (Arrow et al., 1995; Coscieme et al., 2019). En algunos casos la afectación es irreversible por las propias leyes de la física (Georgescu Roegen, 1971).
3. Las CAK son resultados particulares que derivan en conjeturas incorrectas sobre el comportamiento general de la calidad ambiental **(C3)**. La curva solo aplica para un conjunto seleccionado de contaminantes (azufre, partículas y coliformes fecales) y no en otros contaminantes como los acumulación de desechos (Arrow et al., 1995).
4. Las investigaciones disponen de poca evidencia de formas alternativas de la CAK **(C4)**. Algunos señalan que la CAK adopta formas alternativas a la convencional(Dasgupta et al., 2002). Una es algo pesimista, aceptan que la degradación descende por el control de emisiones tradicionales, pero advierten que aparecen nuevos tóxicos sin regulación que toman el lugar y se intensifican a través del tiempo

(Fig. 3a). En el mismo sentido, el proceso de globalización tenderán a mayores niveles de contaminación promoviendo una “carrera hacia el fondo” (Fig. 3b). Otras es una versión optimista, la CAK se aplana y se desplaza hacia la izquierda, “revisada” (Fig. 3d). Esta idea hace pensar que la forma real de la CAK es una combinación de “nuevos tóxico” y “revisada”, un aumento monótono de las emisiones que con el tiempo se desplaza hacia abajo, primero las innovaciones son implementadas en países con ingreso alto y después en los más pobres (Stern, 2004).

5. Por último, los estudios presentan limitaciones econométricas, problemas de estimación que desvirtúan los resultados **(T.E.)**. Los primeros fueron criticados severamente, “los problemas asociados tanto con el concepto como con la implementación empírica de la CAK son tales que su utilidad se limita al papel de una estadística descriptiva” (Stern et al., 1996, p. 1158). En la actualidad los problemas de estimación se resumen en deficiencias en el manejo de la técnica ante la presencia de heterocedasticidad, simultaneidad-endogeneidad, sesgo de variables omitidas y problemas de cointegración.

**Figura 3**

Curvas Ambientales Alternativas de Kuznets



Fuente : (Dasgupta et al., 2002)

De forma general, la crítica conceptual deriva de las implicaciones de la teoría, la mejora de la calidad ambiental como un proceso endógeno del crecimiento económico sin fundamento en cuestiones ecosistémica que hace pensar en otras formas factibles como alternativas a la CAK. En la parte econométrica aluden a problemas de estimación y elección de la técnica adecuada.



## DISCUSIÓN

### 6. Validando la CAK

El cuestionamiento principal del artículo es dar respuesta al porque emplear una teoría que desde sus inicios parece carecer de validez para estudiar la relación entre crecimiento y degradación ambiental. Para hacer esto argumentamos entre los supuestos teóricos de los determinantes y el señalamiento de los investigadores de la sección anterior. Iniciamos agrupando las críticas y respondiendo por orden de dificultad.

#### *Calidad ambiental como un proceso endógeno del crecimiento, poco crédito a las instituciones y la política pública (C1)*

La premisa en que está basada esta crítica es inválida, desde el planteamiento la CAK se reconoce que el crecimiento económico es uno de los factores para mejorar la calidad ambiental. Los primeros investigadores son enfáticos en plantear las limitaciones de sus resultados, resaltan que “incluso para aquellas dimensiones de la calidad ambiental en las que el crecimiento parece haber estado asociado con la mejora de las condiciones no hay razón para creer que el proceso haya sido automático” (Grossman & Krueger, 1995, p. 372) hacen alusión a un vínculo más fuerte “a través de un política inducida” (Grossman & Krueger, 1995, p. 373). Afirmar que la inclinación de la curva se debe a “distorsiones de las políticas” (I. Panayotou, 1993, p. 21). Además señalan, “hacemos hincapié en que los contaminantes estudiados en este documento no deben considerarse representativos de todos los contaminantes” (Selden & Song, 1994, p. 155) y hacen la advertencia que cualquier generalización debe hacerse con mucho cuidado.

A pesar de estos señalamientos parece hacer una interpretación errónea de los alcances de los primeros estudios. Una posible explicación

podría ser el antagonismo con los economistas ecológicos y las afirmaciones radicales de algunos de sus colegas como Beckerman (1992), quien afirmaba que ante el retraso en la adopción de las medidas de protección ambiental en los países, la forma más segura de mejorar el medio ambiente a largo plazo es enriquecerse” (p. 491)

### ***Limitaciones econométricas, problemas de estimación (T.E.).***

Esta afirmación es cierta, en la actualidad se sigue debatiendo cómo resolverlos y la propuesta va a la par de las soluciones que la econometría establece. Las opciones son amplias y elegir que técnica es mejor depende de los datos disponibles. Las nuevas técnicas empleadas superan los problemas de estimación, esto no invalida la CAK.

En especial, la endogeneidad y la cointegración son un reto para los investigadores e intentan superarlos con diferentes métodos. De acuerdo a la tabla 2, algunos utilizan técnicas avanzadas de cointegración en paneles, mínimos cuadrados ordinarios completamente modificados (FMOLS) y mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS) para afrontar la endogeneidad en los regresores y la correlación en serie del término de error (Ben Jebli et al., 2016; De Vita et al., 2015).

Para serie de tiempo otros han adoptado el modelo autoregresivo con retardos distribuidos (ARDL), la endogeneidad es un problema menor porque se corrige con los rezagos apropiados y aplica independientemente si las variables son  $I(0)$  o  $I(1)$  (Alam et al., 2016; Katircioğlu & Katircioğlu, 2018) o una combinación de ambas restando peso al problema de cointegración, entre otras bondades (Jalil & Rao, 2019).

En otros casos se ha optado por cambiar la especificación del modelo a una versión basada en el ingreso y la tasa de crecimiento promedio que

presupone robustez al problema de transformación no lineal (Ridzuan, 2019), aunque subestima el punto de inflexión (2000; D. F. Bradford et al., 2005).

***Las CAK son resultados particulares que derivan en conjeturas incorrectas (C3) y poca evidencia de formas alternativas (C4)***

Estas afirmaciones son verdaderas, las CAK son resultados parciales de contextos más amplios y complejos. Es posible que está siendo incentivado por la modesta información de referencia de los países estudiados en cuanto sus esfuerzos en política ambiental que da lugar a posibles interpretaciones inexactas. Los autores solamente se limitan a contextualizar una parte de la senda de contaminación que puede ocasionar poca claridad en las implicaciones de sus estudios.

Para probar este punto abordemos el caso de China<sup>8</sup>, potencia ubicada entre los primeros lugares de contaminación y de investigación. Para ello retomamos el estudio de Yin et al., (2015) quienes especifican un análisis regional y encuentran evidencia de la CAK en 29 gobiernos subnacionales (provincias, ciudades y regiones autónomas) para el periodo de 1999 al 2011, usando un dato estimado del CO<sub>2</sub> en un modelo ampliado con variables de regulación y progreso técnico.

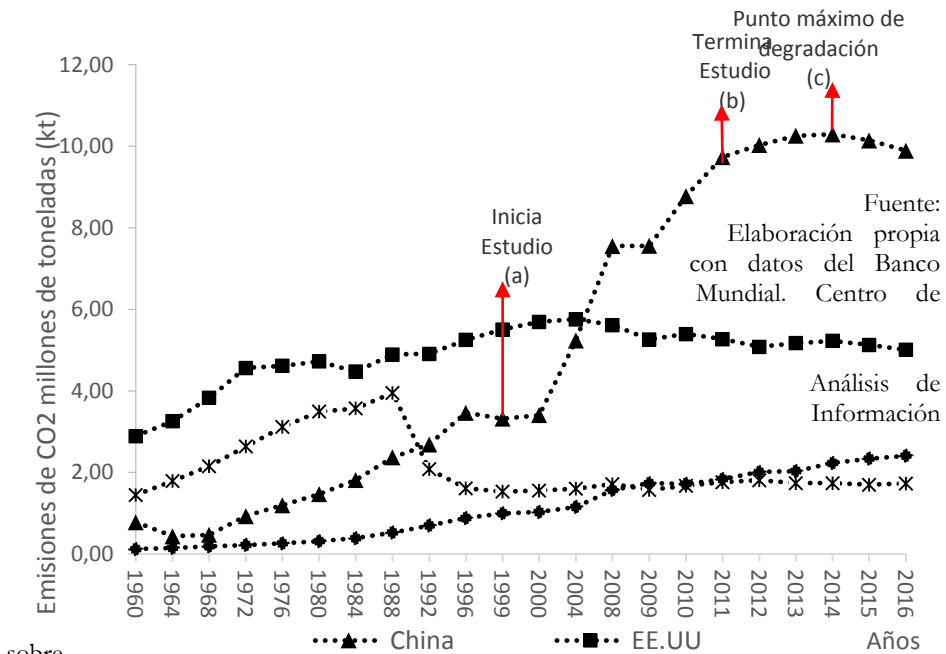
Los autores solamente hacen referencia a ese periodo y pudiera interpretarse que China ha superado sus problemas de degradación, siendo esto incorrecto. Al contrastar los datos de contaminación del Banco Mundial con sus estimaciones se puede apreciar que de 1999 al 2011 China ha tenido un incremento en el CO<sub>2</sub> (Fig. 4, segmento de “a-b”). Además China, para el año 2014 se declara como el mayor productor y consumidor de energía en el

---

<sup>8</sup> Es indistinto la elección del país: Por ejemplo sucede algo similar con los países de la OCDE, en especial el estudio de Cole (1997) y la réplica que hacen Kearsley y Riddel (2010).

mundo, con tecnología atrasada, una fuerte presión para cubrir la demanda y daños ecoambientales (Jinping, 2015). ¿Cómo es posible que las provincias presenten una CAK cuando el país está en una senda ascendente? Es posterior al periodo estudiado entre el año 2011 y 2014 que la degradación en China comienza a disminuir, (Fig.2 punto “c”).

Figura 4.  
Emisiones anuales de CO2 de China, EE.UU, Rusia e India  
(países altamente contaminadores)



sobre  
Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge ( Tennessee, Estados Unidos ).

Al comparar China con sus provincias y presentar resultados diferentes da muestra que las CAK regionales no tienen carácter aditivo. Realmente el estudio confirma que China tiene un efecto redistribución de las emisiones hacia el interior de su país, las provincias orientales transfieren contaminación a la región central, reduciendo la presión en algunas partes y aumentando en otras por la implementación de su política (progreso

tecnológico y regulaciones). Al gobierno de China le queda mucho por hacer, el stock de recursos está afectado por años de crecimiento económico y enmendar parte de las afectaciones requiere de un tiempo más prolongado de reducción de presiones. Una información de este tipo pudiera ayudar a entender las implicaciones del resultado, que seguramente al ampliar el periodo de estudio deriven en nuevas de la CAK.

#### ***CAK con soportes ecológicos (C4)***

Por último, al incorporar criterios ecológicos a la CAK hace más realista la senda de emisiones y demuestra que el modelo es de competencia imperfecta contrario a los supuestos teóricos. A partir de un modelo estático, tomando como referencia a Andreoni y Levinson (2001) y Panayotou (1993) podemos demostrar el punto a través de las decisiones de los agentes económicos.

Partimos de una versión simplificada de la economía bajo los supuestos detallados en la sección 4 ( $S_1$  a  $S_6$ ) con dos agentes en el mercado, hogares y un agente planificador para prevenir la contaminación.

Los hogares participan de dos formas, pueden maximizar su utilidad a través del consumo de bienes ambientales o como insumos en la producción. Podemos suponer que el hogar tiene utilidad sobre el consumo de los bienes privados y un mal por la degradación (D), las preferencias que desea maximizar están dadas por la siguiente ecuación:

$$\text{Max } U = U(C, D) \quad [5]$$

En donde  $U_C > 0$  y  $U_D < 0$  en caso de recibir la externalidad negativa. Podría suceder que  $U_C > 0$  y  $U_D > 0$  para un hogar contaminador. Desde el rol de productor maximiza sus beneficios considerando a la degradación (D) en sus costos (CT).

$$\text{Max } \pi = \pi(Y, CT, D) \quad [6]$$

En donde  $\pi_{CT} > 0$  y  $\pi_D < 0$  en caso de ser una empresa contaminante. Puede suceder que  $\pi_{CT} > 0$  y  $\pi_D > 0$  para una empresa que es afectada por la contaminación.

De acuerdo a la forma reducida en [1], ambos están dispuestos a renunciar a un poco de calidad ambiental por aumentar el nivel de crecimiento. Esto está dado por la elasticidad (e) de la contaminación con respecto al ingreso per cápita. En [7] la elasticidad será positiva antes de  $y^*$  para descender posteriormente a ingresos altos [8]

$$e = \frac{\delta \ln D}{\delta \ln y} > 0 \quad \text{Para } 0 < y < y^* \quad [7]$$

$$e < 0 \quad \text{Para } y > y^* \quad [8]$$

Donde  $y^*$  es el nivel de ingreso correspondiente al punto máximo de degradación ( $y^*, P^*$ ). Para verificar que la curva es cóncava debe cumplir el siguiente criterio.

$$\frac{\delta D}{\delta y} > 0, \quad \frac{\delta^2 D}{\delta y^2} < 0 \quad [9]$$

A pesar de esto, la CAK puede existir en presencias de fallas de mercado y diferir con un óptimo paretiano (Andreoni & Levinson, 2001) de

ahí que el agente regulador este en la posición de imponer algún tipo de corrección o política pública para mejorar el bienestar social. Llame  $\tau^*$  a esa medida, tiene la condición de ser similar a  $D$  para incentivar al hogar a reducir o pagar por la contaminación generada y garantizar la eficiencia social.

$$\tau^* \sim D \quad \text{Medida} \quad \text{[10]} \\ \text{óptima}$$

La corrección del mercado viene dada en [5] o [6] quedando de la siguiente forma:

$$\text{Hogar contaminador} \quad \text{Max } U = U(C, D, \tau^*) \quad U_{\tau^*} < 0 \quad \text{[11]}$$

$$U_D > 0$$

$$\pi_D < 0$$

$$\text{Max } \pi \quad U_{\tau^*} > 0 \quad \text{[12]}$$

$$= \pi(Y, CT, D, \tau^*)$$

Así el Estado garantiza el óptimo social, note que para el hogar contaminador la corrección desde el consumo merma su utilidad y para el productor aumenta los costos. Ahora la pregunta a responder es como saber el tamaño aproximado de  $D$  para determinar  $\tau^*$ .

Para dar respuesta definimos tres variables exógenas a partir del esbozo de Panayotou (1997). La primera es conciencia ambiental  $\varphi$ , son principios, valores e ideas que rigen el estilo de vida de la sociedad para cuidar el ambiente y se forja con el tiempo. A niveles bajo de ingreso  $\varphi$  es pequeño ( $y_1 = \varphi_1$ ) porque las personas ocupan su tiempo en satisfacer necesidades básicas al contrario cuando presentan ingresos altos la población es más responsable con el entorno,  $\varphi$  es grande ( $y_2 = \varphi_2$ ). Obviamente el ingreso refleja el comportamiento general como proxy de todo el proceso para llevar a cabo el cambio de percepción, existen poblaciones donde la conciencia ambiental pueda estar definida por creencias religiosas, tradiciones o costumbres, donde la conservación y el respeto a la naturaleza pueden ser mayor que en cualquier país de ingreso alto. La segunda es una variable de resiliencia ecosistémica  $\omega$ , la capacidad de la naturaleza para soportar la

presión de la contaminación manteniendo sus procesos claves, resistirse y adaptarse al cambio (Holling, 1973). Y la tercera el umbral ecológico  $E_u$ , una condición donde el sistema muta drásticamente en el tiempo o espacio (Bestelmeyer, 2006) pasando a un punto irreversible que sitúa en riesgo la sobrevivencia de alguna especie. El comportamiento entre estas variables es el siguiente:

$$\text{Umbral ecológico} \quad E_u = E_u(\varphi, \omega) \quad [13]$$

Los umbrales son exógenos al modelo gráficamente son rectas horizontales a la curva, la incorporación de  $\varphi$  y  $\omega$  en [13] modifica la altura pueden estar por debajo  $E_{u1}$ , ser tangentes al punto máximo de degradación  $E_{u2}$  o estar por arriba  $E_{u3}$ . Eso modifica las decisiones del agente planeador.

Aceptando que el ingreso per cápita es insuficiente para explicar por si solo la degradación (D) agreguemos las variables de soporte ecológico en [1].

$$\text{Degradación real} \quad D = f(Y, E_u) \quad [14]$$

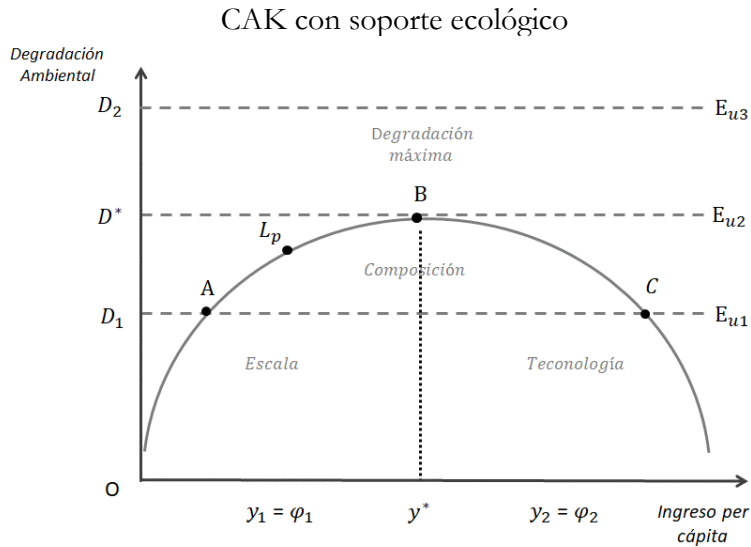
Dado que  $E_u, \varphi, \omega$  son exógenas existe información asimétrica. El agente planificador intuye  $\varphi$  por el nivel de ingreso,  $\omega$  la desconoce por falta de recursos, en consecuencia, de  $E_u$  posee información incompleta y con ello de  $D$ . Las decisiones que tomé son en incertidumbre y con una baja probabilidad de acercarse al valor verdadero de  $D$ . La única diferencia con los hogares es que ellos si conocen el verdadero  $\varphi$  y puede sacar ventaja de esa situación. Es así que la imposición deja de ser óptima:

$$\tau \neq D \quad \text{Impuesto} \quad [15]$$

El agente planificador intentará tomar las mejores decisiones impositivas en un entorno de aumento de incertidumbre por la poca información que posee:  $E_{u1} < E_{u2} < E_{u3}$ . Supongamos que existen tres puntos en la CAK, uno a la izquierda A, otro en el centro que coincide con la cima B y un tercero a la derecha C. (ver figura 5).

**Figura 5.**





Fuente: Elaboración propia.

Si existe  $E_{u3}$ , cualquier tamaño de  $\tau$  favorece al ambiente, la curva esta aplanada con respecto a ese umbral.

Si existe  $E_{u1}$  en el punto A tiene un serio problema los ingresos son tan bajos que el tamaño de  $\tau$  tendría que ser pequeño, pero si impone un monto bajo el ambiente rebasaría el umbral con resultados catastróficos. La difícil decisión de gravar a los hogares pobres en época de crisis ecológica. En el punto C está obligado a poner un impuesto alto y los hogares tienen que pagar, por la ubicación en la curva el punto parece ser benéfico para el ambiente, sin embargo, por la concavidad en algún momento rebaso el umbral ecológico y por la irreversibilidad de los procesos energéticos el punto es incierto.

Si existe  $E_{u2}$  en el punto B tendría que poner un impuesto alto para regresar a una zona entre el punto A y B. La crítica a la CAK sería que un planificador estaría tentado a la inacción porque su expectativa es que la senda de contaminación disminuirá pasado este punto. Sin embargo, eso en

términos de ecología es falso, una vez que se supera el umbral ecológico es difícil que el ambiente recupere su capacidad. Un planificador precavido impondrá un  $\tau$  alto e intentará posicionarse en un punto cercano entre  $A$  y  $L_p$ . Nótese que  $L_p$  es un punto “dentro de los cuales se espera que la humanidad opere de forma segura”(Rockström et al., 2009, p. 1) y tenga tiempo de reaccionar ante una posible crisis ecológica.  $L_p$  se conoce como *límite planetario*.

En virtud de los resultados, el modelo basado en competencia perfecta es incorrecto, es difícil conocer el óptimo social por la información asimétrica. Aun así, es innegable que al incorporar consideraciones ecosistémicas como la resiliencia aporta mejor información para la toma de decisiones en el cuidado del ambiente.

En circunstancias reales estas mediciones requieren de un considerable esfuerzo en investigación. Como dato, en el año 2009 Rockstrom lidera un grupo de 28 científicos del Centro de Resiliencia de Estocolmo y proponen el concepto de límites planetario, en total son nueve<sup>9</sup> y para el 2016 se había terminado de cuantificar ocho de estos indicadores. Atendiendo a estas consideraciones resulta difícil obtener datos para países o regiones específicas.

## CONCLUSIÓN

En este artículo analizamos la relación ingreso-ambiente a partir de la evolución teórica de la CAK para poder evaluar porque seguir usando esta hipótesis que para muchos carece de vigencia para abordar la afectación de la

---

<sup>9</sup> Cambio climático, cambio en la integridad de la biosfera, eliminación del ozono estratosférico, acidificación de los océanos, ciclos biogeoquímicos (ciclos del exceso de nitrógeno y de fósforo), cambio de los sistemas de suelo, uso de agua dulce, la carga de aerosoles en la atmósfera y la carga de químicos.

actividad económica en el ambiente. En sus inicios la CAK fue polémica porque daba la falsa impresión de que su planteamiento se oponía al de desarrollo sostenible, que tan solo con el simple crecimiento se podrían resolver los problemas ambientales en el futuro.

Además la literatura muestra que las primeras explicaciones basadas en los *determinantes de primer orden* son considerados como una explicación limitada y reducida a los problemas ambientales. Y aunque en la actualidad las investigaciones han ampliado el análisis a través de los *determinantes de segundo orden* todavía no son suficientes para abordar toda la complejidad de la degradación.

Donde es común la preferencia por los indicadores atmosféricos, el poco uso de indicadores biofísicos y compuestos para el vector ambiental, el escaso consenso en los efectos de los determinantes (mismo país diferentes resultados), lo inusual de la confrontación conceptual de los postulados de la curva y a pesar de la preferencia de los paneles a series de tiempo las estimaciones requieren ir a la par de las innovaciones en la econometría.

Asimismo evaluamos las principales críticas, si bien la mayoría son verdaderas esto no invalida a la hipótesis, simplemente son consideraciones a tomar en cuenta al abordar el análisis.

Ante el argumento de que la calidad ambiental es un proceso endógeno del crecimiento económico (C1) demostramos que la premisa es inválida, desde el planteamiento la CAK reconoce que el ingreso es uno de los factores para mejorar la calidad ambiental. Los investigadores advertían de la medida con la que debían tomar sus hallazgos.

En cuanto a qué técnica econométrica es adecuada (*T.E.*), esto depende de la naturaleza de los datos y de su comportamiento. La literatura

ha señalado ciertos problemas de estimación al comprobar la presencia de la CAK, tales como heterocedasticidad, simultaneidad-endogeneidad, sesgo de variables omitidas y cointegración. En la actualidad estos son superados con técnicas econométricas avanzadas.

Referente a que las investigaciones son resultado particulares que derivan en conjeturas incorrectas (C3) y poca evidencia de formas alternativas (C4) esto es verdadero. Y posiblemente está siendo incentivado por el modesto contexto en las investigaciones que limita el alcance de sus resultados: están más dedicadas a detallar la técnica econométrica y estimar los mejores parámetros, olvidando que el periodo que analizan es una parte de la senda total de contaminación. Es decir, las CAK demuestran resultados parciales de contextos más amplios y complejos que seguramente en un futuro con mayor disponibilidad de datos deriven en nuevas formas.

Sobre el argumento que sugiere la necesidad de incluir al análisis de la CAK criterios con soportes ecológicos (C4) es verdadero, se demostró que al incorporar consideraciones ecosistémica como la resiliencia y los umbrales aporta mejor información para la toma de decisiones en la protección ambiental. Usando un modelo estático de comportamiento se comprobó que el supuesto de competencia perfecta es incorrecto. Este hallazgo sugiere que el agente planificador posee información asimétrica, con ello está imposibilitado en corregir la degradación con un impuesto óptimo, desconoce el verdadero valor que se define por las variables de soporte ecológico y de conciencia ambiental de la sociedad. En circunstancias reales se requiere de un esfuerzo considerable en investigación para hacer la medición y eso limita su aplicación.

Si logramos entender que una CAK es una imagen parcial de una senda de contaminación amplia, compleja, donde los tiempos de asimilación y

regeneración de la naturaleza son diferentes a los tiempos de mercado, entender las limitantes de la teoría y especificar bien el modelo en cuanto variables que reflejen la degradación ambiental y técnicas econométricas, la hipótesis de la CAK sigue siendo válida.

Aún quedan muchas preguntas sin respuesta acerca de los factores que determinan la relación crecimiento económico-degradación en la CAK, pero nos queda claro que para mejorar el análisis se debe migrar a la transdisciplina, las estimaciones siguen basadas en los mismos indicadores y para captar algo tan complejo como es un fenómeno ambiental debe innovarse en la creación de indicadores compuestos que reflejen la heterogeneidad existente de ecosistemas y degradación en los países. Por ejemplo, la disponibilidad de datos que dan las herramientas geoespaciales abre la puerta a mejores investigaciones.

La principal limitación de nuestro estudio podría radicar en haber dejado fuera alguna investigación que se considere relevante, aunque consideramos que la selección fue representativa para probar la validez de la hipótesis.

Por último, el objetivo de la CAK es emplearla como técnica para evaluar políticas públicas que mitiguen la contaminación, enfrascarse en encontrar los “turning points” o alguna forma de la curva mediante técnicas econométricas (U, N) limita el alcance del enfoque. Sería reforzar la idea equivocada de que la contaminación se reduce con el simple crecimiento.

**REFERENCIAS:**

- Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466–479. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.043>
- Andreoni, J., & Levinson, A. (2001). The simple analytics of the environmental Kuznets curve. *Journal of Public Economics*, 80(2), 269–286. [https://doi.org/10.1016/S0047-2727\(00\)00110-9](https://doi.org/10.1016/S0047-2727(00)00110-9)
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B.-O., Levin, S., Mäler, K.-G., Perrings, C., & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. In *Ecological Economics* (Vol. 15, Issue 2). [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(95\)00059-3](https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00059-3)
- Beckerman, W. (1992). Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment? *World Development*, 20(4), 481–496.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S., & Ozturk, I. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, 60(2016), 824–831. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.031>
- Bestelmeyer, B. T. (2006). Threshold Concepts and Their Use in Rangeland Management and Restoration: The Good, the Bad, and the Insidious. *Restoration Ecology*, 14(3), 325–329. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00140.x>
- Bimonte, S., & Stabile, A. (2019). The Effect of Growth and Corruption on Soil Sealing in Italy: A Regional Environmental Kuznets Curve Analysis. *Environmental and Resource Economics*, 74(4), 1497–1518. <https://doi.org/10.1007/s10640-019-00376-1>
- Bradford, D. F., Fender, R. A., Shore, S. H., & Wagner, M. (2005). The Environmental Kuznets Curve: Exploring a Fresh Specification. *Contributions in Economic Analysis & Policy*, 4(1). <https://doi.org/10.2202/1538-0645.1073>
- Bradford, D., Schlieckert, R., & Shore, S. (2000). The Environmental Kuznets Curve: Exploring A Fresh Specification (Vol. 3). <https://doi.org/10.3386/w8001>
- Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (Nuestro futuro común). [http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)

- Chan, Y. T., & Wong, Y. F. (2020). Estimating the tourism-induced province-specific environmental Kuznets curve: Evidence from panel analyses of Chinese provinces. *International Journal of Tourism Research*, 22(6), 751–766. <https://doi.org/10.1002/jtr.2370>
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1), 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.09.007>
- Cole, M. A., Rayner, A. J., & Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: An empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 2(4), 401–416. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000211>
- Cole, Matthew A. (2007). Corruption, income and the environment: An empirical analysis. *Ecological Economics*, 62(3–4), 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.08.003>
- Coscieme, L., Sutton, P., Mortensen, L. F., Kubiszewski, I., Costanza, R., Trebeck, K., Pulselli, F. M., Giannetti, B. F., & Fioramonti, L. (2019). Overcoming the Myths of Mainstream Economics to Enable a New Wellbeing Economy. *Sustainability*, 11(16), 4374. <https://doi.org/10.3390/su11164374>
- Cropper, M., & Griffiths, C. (1994). The interaction of population growth and environmental quality. *The American Economic Review*, 84(2), 250–254. <http://www.jstor.org/stable/2117838>
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168. <https://doi.org/10.1257/0895330027157>
- De Vita, G., Katircioglu, S., Altinay, L., Fethi, S., & Mercan, M. (2015). Revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis in a tourism development context. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(21), 16652–16663. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4861-4>
- Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650, 2483–2489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017>
- Dogan, E., & Turkekul, B. (2016). CO2 emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1203–1213. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5323-8>
- Georgescu Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Cambridge, Massachusetts / Londres: Harvard UP.

- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement (Working Paper No. 3914; NBER Working Papers Series, Issue 3914). <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <http://www.jstor.org/stable/2118443>
- He, J., & Richard, P. (2010). Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> in Canada. *Ecological Economics*, 69(5), 1083–1093. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.030>
- Heerink, N., Mulatu, A., & Bulte, E. (2001). Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 38(3), 359–367. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00171-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00171-9)
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- IUCN. (1980). World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/wcs-004.pdf>
- Iwata, H., Okada, K., & Samreth, S. (2010). Empirical study on the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> in France: The role of nuclear energy. *Energy Policy*, 38(8), 4057–4063. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.031>
- Jalil, A., & Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: A cointegration analysis. *Energy Economics*, 33(2), 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.003>
- Jalil, A., & Rao, N. H. (2019). Time Series Analysis (Stationarity, Cointegration, and Causality). In *Environmental Kuznets Curve (EKC)*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816797-7.00008-4>
- Jinping, X. (2015). *La gobernación y administración de China* (Ediciones en Lenguas Extranjeras (ed.); 1 ra.).
- Katircioğlu, S., & Katircioğlu, S. (2018). Testing the role of urban development in the conventional Environmental Kuznets Curve: evidence from Turkey. *Applied Economics Letters*, 25(11), 741–746. <https://doi.org/10.1080/13504851.2017.1361004>
- Katircioğlu, S. T. (2014). Testing the tourism-induced EKC hypothesis: The case of Singapore. *Economic Modelling*, 41, 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.05.028>
- Kearsley, A., & Riddell, M. (2010). A further inquiry into the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve. *Ecological*



- Economics, 69(4), 905–919.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.014>
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28. <http://www.jstor.org/stable/1811581>
- Leitão, A. (2010). Corruption and the environmental Kuznets Curve: Empirical evidence for sulfur. *Ecological Economics*, 69(11), 2191–2201. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.004>
- López, R., & Mitra, S. (2000). Corruption, pollution, and the Kuznets environment curve. *Journal of Environmental Economics and Management*, 40(2), 137–150. <https://doi.org/10.1006/jeeem.1999.1107>
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Iii, W. W. B. (1972). *The Limits to growth; a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind.*
- Panayotou, T. (1993). *Empirical Test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development.* World Employment Research Programme. International Labour Office, Geneva.
- Panayotou, Theodore. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), 465–484. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000259>
- Panayotou, Theodore. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In ILO Working Papers (WEP 2-22/WP. 238; World Employment Programme Research). International Labour Organization. [http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09\\_31\\_engl.pdf](http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf)
- Panayotou, Theodore. (2001). *Economic Growth and the Environment* (CID Working Paper No. 56) (Issue 56).
- Pincheira, R., & Zuniga, F. (2020). Environmental Kuznets curve bibliographic map: a systematic literature review. *Accounting & Finance*. <https://doi.org/10.1111/acfi.12648>
- Ridzuan, S. (2019). Inequality and the environmental Kuznets curve. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1472–1481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.284>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on Environmental Kuznets Curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the*

- Total Environment, 649, 128–145.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276>
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147–162.  
<https://doi.org/10.1006/jjeem.1994.1031>
- Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: An econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 46, 757–773.  
[https://doi.org/10.1093/oeq/46.Supplement\\_1.757](https://doi.org/10.1093/oeq/46.Supplement_1.757)
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality Time-Series and Cross-Country Evidence (No. WPS904; Policy Research Working Paper). <http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/Economic-growth-and-environmental-quality-time-series-and-cross-country-evidence>
- Shahbaz, M., & Lean, H. H. (2012). Does financial development increase energy consumption? The role of industrialization and urbanization in Tunisia. *Energy Policy*, 40(1), 473–479.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.050>
- Shahbaz, M., & Sinha, A. (2019a). Environmental Kuznets Curve for CO<sub>2</sub> emission: A survey of empirical literature. MPRA Paper.  
<https://ideas.repec.org/p/prapa/mprapa/100257.html>
- Shahbaz, M., & Sinha, A. (2019b). Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: a literature survey. *Journal of Economic Studies*, 46(1), 106–168. <https://doi.org/10.1108/JES-09-2017-0249>
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Stern, D. I. (2017). The environmental Kuznets curve after 25 years. *Journal of Bioeconomics*, 19(1), 7–28. <https://doi.org/10.1007/s10818-017-9243-1>
- Stern, D. I., Common, M. S., & Barbier, E. B. (1996). Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24(7), 1151–1160.  
[https://doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00032-0](https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00032-0)
- Sulaiman, J., Azman, A., & Saboori, B. (2013). The Potential of Renewable Energy: Using The Environmental Kuznets Curve Model. *American Journal of Environmental Sciences*, 9(2), 103–112.  
<https://doi.org/10.3844/ajessp.2013.103.112>
- Suri, V., & Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195–208. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00180-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00180-8)

- Tamazian, A., Chousa, J. P., & Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, 37(1), 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>
- Taylor, M. S. (2004). Unbundling the Pollution Haven Hypothesis. *Advances in Economic Analysis & Policy*, 4(2), 1–28. <https://doi.org/10.2202/1538-0637.1408>
- Torras, M., & Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: A reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 147–160. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8)
- Yin, J., Zheng, M., & Chen, J. (2015). The effects of environmental regulation and technical progress on CO2 Kuznets curve: An evidence from China. *Energy Policy*, 77, 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.008>