



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA

Análisis de la Curva de Kuznets Ambiental:
un análisis global (1971-2018)

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
Licenciatura en Economía

PRESENTA:
Prian Alcántara Daniela Jennifer

TUTOR:
Dr. Saúl Basurto Hernández

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Agosto 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

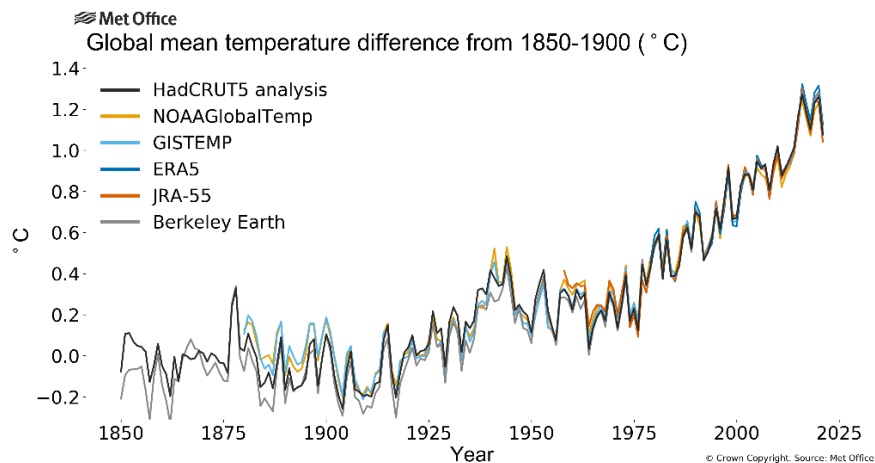
Índice

Capítulo 1. Introducción General	3
Capítulo 2. Marco Teórico	7
Capítulo 3. Revisión de literatura	16
Capítulo 4. Método	30
Capítulo 5. Evidencia de la Curva de Kuznets Ambiental mundial 1971-2018.	37
Capítulo 6. Consideraciones finales	49
Anexos	53
Referencias	58

Capítulo 1. Introducción General

El planeta tierra ha tenido un proceso de degradación y destrucción sin precedentes, debido al uso desmedido de las energías y combustibles de energías fósiles tal es el caso del petróleo, gas y carbón normalmente utilizado en todos nuestros procesos de producción de bienes y servicios, así como de transporte. Este proceso lleva al cambio climático, provocado por emisiones que se traducen en daños a los ecosistemas, pérdida del hielo marino, aumento acelerado del nivel del mar, deforestaciones masivas, olas de calor más intensas, afectaciones temperatura global, como lo podemos ver en la GRAFICA (1).

(GRAFICA 1) Estado del clima en 2021: los fenómenos extremos y sus principales repercusiones



Fuente: State of the Global Climate (2021)

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) las concentraciones registradas de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el calor acumulado conexas han empujado al planeta a un territorio desconocido, lo que trae repercusiones de gran trascendencia para las generaciones actuales y futuras.

Se afirma que “las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las actividades humanas son responsables de un calentamiento de aproximadamente 1,1 °C desde 1850-1900, y se prevé que la temperatura mundial promediada durante los próximos 20 años alcanzará o superará un calentamiento de 1,5 °C”

IPPC Climate Change (2021)

Se debe agregar que el cambio climático es el mayor desafío de nuestra época resultando en pautas meteorológicas cambiantes; sequías, incendios forestales, bajas temperaturas, vientos violentos, huracanes, tormentas tropicales, el aumento del nivel del mar y derretimiento del hielo polar que amenazan la producción y soporte de la vida. Esto se puede notar en la perturbación de los equilibrios planetarios que han permitido el surgimiento y la subsistencia de la vida en la tierra, tal como la conocemos y de una escala sin precedentes.

Todos los días tenemos noticias catastróficas dados los avances económicos, tecnológicos y el aumento desproporcionado de la población hace que sean más violentos, por supuesto es algo inevitable, por ello se plantean estrategias y acuerdos para mitigar los efectos del calentamiento global. Tal es el caso del surgimiento de asociaciones, asambleas y políticas ambientales con el fin de resarcir, contrarrestar y minimizar dichos efectos negativos. Se necesita una revolución en la gestión climática a través de la transición a la energía renovable, eficiencia energética, las empresas a produzcan de una manera limpia, mejora en la eficiencia de combustibles, vehículos cero emisiones; cambios de hábitos y producción de una manera sustentable y pasiva con el medio ambiente para no alcanzar un punto sin retorno en cuanto a la destrucción de ecosistemas y pérdida de biodiversidad, enmarcado en un escenario de cambio climático.

Estos problemas ambientales son estudiados desde distintos campos, en este caso, los estudios realizados en dirección al crecimiento económico y medio ambiente crean distintas corrientes acerca de la existencia de las posibles Curvas de Kuznets Ambientales.

Por un lado, existe la corriente pesimista plantea un trastorno ecológico-económico. (Falconí, Burbano y Cango, 2016) , esto se puede notar en indicadores de destrucción, como argumenta Carabias Lillo (2021) “un grado centígrado más en promedio; las especies se extinguen decenas y más rápido que la tasa natural; dos terceras partes de la superficie terrestre fueron intervenidas por los humanos; las concentraciones atmosféricas son más elevadas que en cualquier otro momento de los últimos 800 mil años; la erosión del suelo agrícola es de 10 a 100 veces mayor que el índice de formación el suelo, y cada vez hay más fenómenos extremos”.

Además, con base en la OMM (2021) la degradación de los ecosistemas avanza a un ritmo sin precedentes que, según se prevé, se acelerará en las próximas décadas. Y con ello, limita su capacidad para promover el bienestar humano y perjudica su capacidad de adaptación para crear resiliencia.

Por el otro lado, la corriente optimista, atribuye al crecimiento económico ser capaz de corregir las afectaciones a los ecosistemas terrestres, costeros, marinos y de agua dulce, con el fin de seguir brindando los servicios que prestan. Esto se puede notar en la intensificación de los esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la necesidad de adaptarse a los impactos del cambio climático se está integrando cada vez más en las políticas y la planificación. Con base en el Informe sobre la Brecha de Adaptación 2021, alrededor del 79% de los países han adoptado al menos un instrumento de planificación de la adaptación a nivel nacional, un aumento del 7% desde 2020.

En relación, más del 55 por ciento de la población en el mundo vive en las ciudades, las cuales emiten más del 70 por ciento de los gases de efecto invernadero globales (Diana Saavedra, 2021). Bajo esta perspectiva, el objetivo general de este estudio será identificar y analizar la Hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) a nivel mundial. Con base en el supuesto de la Curva de Kuznets Ambiental que asume la forma de una U invertida, entre la degradación del medio ambiente y crecimiento económico medido a través del PIB per cápita debido a los efectos de escala, de composición y tecnológicos en una economía. Así como, a un mayor nivel de crecimiento económico corresponde a una disminución en la degradación ambiental.

Los objetivos particulares de esta tesis serán los siguientes;

Primero, reflexionar acerca de la relación medio ambiente (ecosistemas naturales) y el crecimiento económico para comprender desde una perspectiva integral los problemas ambientales y su vínculo en favor de la existencia de una relación de U invertida entre el PIB per cápita y Dióxido de Carbono (CO₂).

Segundo, a partir de un análisis económico mundial con datos del Banco Mundial con la aplicación un método panel con el fin de comprobar la hipótesis de una curva ambiental de Kuznets entre crecimiento económico y emisiones de CO₂, junto a las variables explicativas; Apertura Comercial (AP), Consumo de Energía Renovable (ER) y el Índice de GINI (GINI) dentro del periodo de 1971 al 2018. En este contexto, este trabajo está dirigido demostrar la relación entre emisiones de CO₂ y el Producto Interno Bruto por país y por año de los 178 países en el mundo (CUADRO 3. Nomenclaturas de los países) por medio de un enfoque utilizando una muestra amplia y un periodo de 1971- 2018.

Tercero, comprobar e interpretar cómo la economía ha incorporado los recursos naturales en su análisis. A partir de una explicación; del grado de desacoplamiento o acoplamiento en la economía como lo argumenta la CKA, el deterioro ambiental es una función creciente de la actividad económica hasta un determinado nivel crítico (Turning point), es decir, un punto donde empieza a disminuir.

En este sentido, la estructura capitular del trabajo se plantea de la siguiente manera. El primer capítulo presentara la introducción la cual incluye; justificación y delimitación, objetivos, hipótesis y resultados a los que se llegaron y cómo fue que se lograron. En el capítulo dos el marco teórico a cerca de los mecanismos teóricos de la Curva de Kuznets Ambiental. El tercer capítulo la revisión de literatura a partir de los trabajos destacados a los fines de los objetivos antes mencionados. En el capítulo cuatro describe la metodología empleada para identificar a la Curva de Kuznets Ambiental, así como la descripción y especificación de los datos. Posteriormente el quinto capítulo se exponen los resultados de las estimaciones econométricas y discusión de las principales conclusiones que derivan de la investigación. Por ultimo las consideraciones finales incorporados por; conclusión, recomendaciones de política, limitaciones de la tesis y futuras líneas de investigación.

Capítulo 2. Marco Teórico

En este capítulo se presentarán los fundamentos teóricos a partir de antecedentes, revisión de literatura y los trabajos destacados con el fin de introducir al tema en cuestión, dicho de otra manera, introducir a la Curva de Kuznets Ambiental.

Simón Kuznets, economista norteamericano que a comienzos de la década de los años cincuenta del siglo pasado, descubrió la existencia de cambios definidos como la evolución de la desigualdad en la distribución de la renta (1955) estudió la relación existente entre el crecimiento económico medido a través del PIB per cápita y la distribución del Ingreso (desigualdad), mostrando la evolución semejante a una “U” invertida, es decir, aumenta el ingreso per cápita, la desigualdad de ingresos también aumenta en el corto plazo; empeora en el largo plazo, la desigualdad de ingresos comienza a disminuir después de atravesar punto de inflexión, dicho de otras palabras, el punto en el cual la distribución de ingresos se vuelve más equitativa.

A partir de aquella hipótesis, surgió en 1991 Grossman y Krueger la Hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), siendo uno de los primeros acercamientos a la economía ambiental que explora la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental. Hicieron un modelo econométrico de datos panel con efectos aleatorios para un conjunto de áreas urbanas de 42 países, con tres modelos para tres diferentes tipos de contaminantes: emisiones de dióxido de azufre (SO₂), partículas suspendidas y smog o materia oscura; con el fin de estudiar la relación entre la calidad del aire y el crecimiento económico. Ambos autores concluyeron que las concentraciones de los contaminantes aumentan con relación al PIB per cápita a bajos niveles de ingreso nacional, pero disminuyen con el crecimiento del PIB en mayores niveles de ingreso.

Además los puntos óptimos donde el ingreso máximo en el cual las emisiones de gases disminuyen se encuentran entre los \$ 9, 8954 y \$ 12,368 dólares (precios 2021). Todo esto parece confirmar el hallazgo de la relación de U invertida Algo similar ocurre con el segundo estudio de 1995 siendo en este caso cuatro tipos de indicadores.

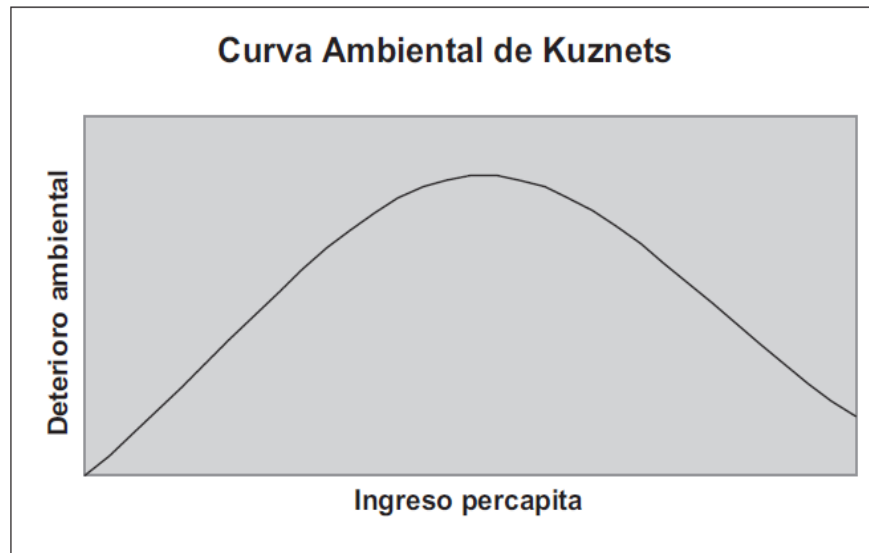
La contaminación del aire urbano, el estado del régimen de oxígeno en las cuencas fluviales, la contaminación fecal de las cuencas hidrográficas y la contaminación de cuencas fluviales por metales pesados.

Se encontró que para la mayoría de los indicadores, el crecimiento económico trae una fase inicial de deterioro seguida de una fase de mejora. De esta manera, los puntos de inflexión para los diferentes contaminantes son diferentes, en su mayoría antes de que un país alcance un ingreso per cápita de \$8000 dólares (Grossman y Krueger, 1995).

La CKA establece la relación acerca de cómo la calidad del medio ambiente sufre un deterioro en las fases iniciales del proceso de crecimiento, debido a que se intensifica la agricultura y la explotación de recursos naturales. La hipótesis plantea como hace referencia (Arrow et al., 1995, Tarazona, 1999, Friedl, et al. 2003; Stern 2004) que el crecimiento económico -el cual es medido a través del ingreso per cápita- y el deterioro ambiental tienen una relación de "U" invertida, es decir, que la contaminación aumenta con el crecimiento económico, alcanza un máximo, en favor de sectores de la industria y servicios (Stern, 2003) y luego comienza a caer a partir de un nivel crítico de ingreso.

Afirmando dos puntos; las ramas de la actividad económica tienen diferentes intensidades de emisiones contaminantes que al modificarse la estructura en favor de estos sectores con menores intensidades de emisiones favorecen la disminución de la degradación ambiental y que en el largo plazo, el crecimiento económico es beneficioso para el medio ambiente: a medida que la economía tiene un mayor crecimiento, se encuentra mejor preparada para afrontar el daño ambiental, como se muestra en la (FIGURA 1).

(FIGURA 1) Curva de Kuznets Ambiental (CKA)



Fuente: Correa, Vasco y Pérez (2005)

Según la hipótesis de la CKA, la gente con mayor riqueza cuenta con más ingreso disponible para gastarlo o invertirlo en un bien de lujo o superior como lo es la calidad ambiental. Vale la pena agregar, desde el punto de vista ambiental, los ingresos altos mejoran la calidad de vida de las personas o de países enteros porque tienen más acceso a bienes y servicios. Pero este aumento de la oferta y la demanda presionará el uso de materias primas y diversas fuentes de energía, principalmente combustibles fósiles, lo que provocará una mayor degradación y contaminación ambiental.

Esto significa que cuando los ingresos aumenten, la calidad ambiental se deteriorará hasta alcanzar cierto nivel (el punto de inflexión), ya que se ha alcanzado un crecimiento económico suficiente.

En este punto es determinante plantear las dos maneras de ver el crecimiento económico, es decir, como el problema y la solución. Con base en el crecimiento económico es beneficioso para el medio ambiente ya que se va acumulando riqueza y se encuentra mejor preparada para afrontar el daño ambiental provocado por el crecimiento económico encontrado solo en países desarrollados.

Cabe aclarar que el crecimiento económico no es la única solución para el deterioro ambiental, tal como argumento Arrow et al. (1995) debido a que el crecimiento económico debe ir acompañado de estrictas reformas en cuanto a las legislaciones ambientales.

Donde una de las principales reformas debería ser generar o encontrar señales que indiquen cuándo el uso de los recursos está causando daños ambientales. Sin dejar de lado mejorar los derechos de propiedad de los recursos ambientales, con el objetivo de una experiencia internacional y de este modo podría existir el crecimiento económico sin deteriorar el medio ambiente.

En suma, Cole (2004) mencionó que el crecimiento puede promover la legislación y la inversión necesarias para ayudar a reducir las emisiones per cápita de ciertos contaminantes, pero no puede reducir la contaminación por sí solo sin las medidas de política ambiental adecuadas. Entonces, el crecimiento por sí solo no reducirá la contaminación, pero lo que puede hacer es promover la legislación y la inversión necesarias para ayudar a reducir las emisiones per cápita de ciertos contaminantes.

La hipótesis CKA también puede ser beneficiosa para proponer soluciones ambientales y económicas en países pobres, buscando principalmente las organizaciones internacionales asignan recursos para desarrollar herramientas para mejorar el medio ambiente y proteger los recursos naturales, a través de más rigor, desarrollando mejores tecnologías y cambiando el crecimiento económico en los sectores más contaminantes (Kolstad, 2001; Molina y Molina, 2005).

La relación entre economía y degradación ambiental ha permitido el surgimiento de un conjunto de estudios que han demostrado empíricamente que la CKA cuando se cumple, sólo para países desarrollados, del mismo modo, existen debates acerca de qué variables utilizar ya sea en la variable endógena (degradación ambiental) o la variable exógena (crecimiento económico), siendo esta última la de mayor controversia debido a que como argumentan Falconí, Burbano y Cango (2016) depende del tipo de contaminación, de las variables exógenas será el resultado que obtendrás acerca del impacto o daño ambiental, así como del país y del periodo de análisis.

En este sentido, este trabajo busca comprobar la validez de esta hipótesis a nivel mundial a partir del análisis de la relación entre el PIB per cápita y el Dióxido de Carbono (CO₂). La Curva de Kuznets representa entonces, una forma reducida que encubre otros fenómenos como la tecnología, la composición del producto, las relaciones ambientales o las demandas de la sociedad (Grossman y Krueger, (1995) y Catalán (2014).

Aspectos relevantes acerca de la Curva de Kuznets Ambiental

El siguiente punto trata de explicar el comportamiento dado de la Curva de Kuznets Ambiental con base en distintos aspectos y causas relevantes; bien de lujo; estructura de la economía; ambiente-comercio; otras que a continuación se detallaran con base en Di Falco (2005) y Sánchez Jiménez (2015).

- Bien de lujo: las economías de altos ingresos tienden a requerir más y mejores servicios ambientales debido a sus medios de subsistencia, y a medida que aumentan los ingresos y para otras actividades, como la mejora del medio ambiente. Lo contrario es cierto en los países de bajos ingresos, porque la elasticidad de los ingresos que utilizan para satisfacer sus necesidades básicas y estos costos son tan altos que no pueden hacer frente a los problemas ambientales de la manera que prometieron.
- Estructura de la economía: La economía ha pasado de estar basada en la agricultura, intensiva en recursos, a industrial, intensiva en contaminación y luego a basada en servicios, creando un modelo de crecimiento intensivo. y uso de tecnología, y menos contaminación. Este comportamiento se puede explicar por las relaciones no monotónicas entre la degradación ambiental y el ingreso per cápita, que sugiere que conforme crece la economía mejorará la calidad ambiental. Es importante tener en consideración esta hipótesis estructural, ya que si es aceptada, se estaría argumentando la idea donde la experiencia de todos los países tiene los mismos escenarios de desarrollo y la misma transición estructural y que esos escenarios de desarrollo económico son

causados por un proceso determinístico como lo muestra la mayoría de la evidencia empírica de la CKA (Sánchez Jiménez, 2015).

- Ambiente-comercio: El comercio y sus diversas políticas comerciales son favorables para una mejor calidad ambiental, debido a que motiva la competencia de las empresas a mejorar la tecnología y así una mayor eficiencia en el uso de recursos naturales y con ello un menor impacto al medio ambiente. También incurre en las industrias más contaminantes se localizan en países donde las regulaciones ambientales son muy débiles o nulas con el fin de evitar las legislaciones en los países con políticas sociales estrictas.
- Otros: Tecnología, investigación y desarrollo que contribuyen a una mayor productividad hablando de insumos contaminantes por producto. Un incremento del total de los factores productivos será resultado de bajas emisiones por unidad de producto, aunque esto no es necesariamente una consecuencia esperada (Stern, 2004). En suma La CKA, de acuerdo con la evidencia puede servir para plantear soluciones ambientales y económicas en países pobres con la ayuda de organizaciones internacionales que destinen financiamiento para generar políticas e instrumentos y protejan la enorme cantidad de recursos naturales mediante regulaciones precisas, el desarrollo de la ciencia y tecnología y transformar los patrones de producción en algunos de los sectores que generen mayores impactos ambientales (Sánchez Jiménez, 2015).

Efectos teóricos CKA

Grossman y Kruger (1991) plantean la existencia de un conjunto de efectos que explican la pendiente de la Curva de Kuznets Ambiental; efecto escala, efecto composición y el efecto tecnológico.

En primer lugar, el *efecto escala* plantea una producción en ascenso demanda mayores transformaciones de recursos, por ello, la generación de desechos y emisiones incrementara. Dicho en otras palabras, el mayor ingreso emergente de la actividad productiva, elevara la demanda dual de los bienes de todo tipo, generando mayores volúmenes de transacciones que conllevaran a una mayor degradación ambiental. Es por ello por lo que ante un aumento en la actividad económica generara un mayor deterioro en el medio ambiente siendo la primera fase.

En segundo lugar, el *efecto composición* argumenta que puede generar un efecto positivo ya que se desvía la producción de un país hacia los productos que tienen ventaja comparativa, obteniendo eficiencia económica; esto se lleva a cabo siempre y cuando los sectores que tengan esa ventaja consuman menos energía en su desempeño productivo. El caso negativo el medio ambiente ya que cada país tiende a especializarse y participe más en actividades que no estén estrictamente reguladas por su gobierno y abandone las actividades que les genere un mayor costo de abatimiento de contaminación altos.

Tal como lo argumental Gross y Kruger (1991) es el resultado de la política comercial en las economías; llegando con este efecto a un máximo punto gráficamente hablando donde comenzara a descender, ante esta explicación Perman et al (2006) alude a medida que la liberalización comercial aumente los niveles de ingreso per cápita, los ciudadanos exigirán una mayor calidad ambiental y asumiendo que el gobierno corresponde a las demandas, endurecerá las regulaciones ambientales.

En tercer lugar, el *efecto tecnológico* busca formas más eficientes de producir y transportar bienes y servicios para contribuir a una mayor eficiencia energética, que genere menores emisiones de GEI basadas en el argumento que a medida que los ingresos van más allá del punto de inflexión de la CKA, se supone que iniciará la transición para una calidad ambiental

mejorada. En relación a Grossman y Kruger afirman que los productores extranjeros no pueden transferir tecnologías modernas a la economía local incluso cuando las restricciones a la inversión extranjera se relajan y que los estándares de contaminación se van volviendo más estrictos conforme el aumento del nivel del ingreso, es decir, se tiene un interés particular por un entorno más limpio y por el cumplimiento más estricto de las leyes existentes pueden ser respuesta política natural del crecimiento económico.

A través de los años, la hipótesis propuesta por Kuznets ha promovido nuevas líneas y enfoques de investigación, estos estudios plantean determinar la relación que existe entre el crecimiento económico y la calidad ambiental de un país o región, buscando comprobar la existencia, o no, de una relación en forma de U invertida entre dichas variables, (Godínez M., Figueroa H. y Pérez, 2021).

Es importante mencionar que para comprobar empíricamente la CKA no existe una relación funcional específica entre el crecimiento y degradación ambiental, ya que existe infinidad de estudios que, si bien presentan algunas similitudes, utilizan distintas relaciones funcionales.

Por otro lado, Catalán (2014) plantea la posibilidad de obtener los resultados con dependencia del indicador que mide el deterioro ambiental, el periodo considerado, si las observaciones son de sección cruzada o de panel, el nivel de ingreso per cápita considerando, así como la topografía de la región, la densidad poblacional, el nivel de educación alcanzado, por los individuos, el grado de concentración de la riqueza, entre otras. (Correa, Vasco y Pérez, 2005).

Controversia de la Curva de Kuznets Ambiental

La hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental explora la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental, intentando demostrar que a corto plazo el crecimiento económico genera un mayor deterioro medio ambiental, pero en el largo plazo, en la medida que las economías son más ricas, se plantea que el crecimiento económico es beneficioso para el medio ambiente, esto es, la calidad del medio ambiente mejora con el incremento en

el ingreso. Sin embargo la relación entre crecimiento económico y medio ambiente ha sido polémica durante mucho tiempo.

Por ejemplo, United Nations (2020) señala que el PIB es el parámetro más utilizado para medir la prosperidad y el rendimiento económico, pero no revela nada sobre cómo se distribuye el ingreso dentro de un país, ni sobre los efectos de la actividad económica en los recursos naturales y el medio ambiente, por lo que ampliar la visión del análisis para tener en cuenta variables críticas podría fortalecer esta investigación.

Otro punto para resaltar es la evidencia empírica obtenida sobre algunos indicadores ambientales no llegan a ser decisivos y/o pueden presentar dinámicas complejas que dependen del tipo y origen del contaminante, así como por conectores geográficos, demográficos, espaciales, económicos y tecnológicos. Siguiendo el hilo conductor De Bruyn (2000) plantea que una simple descripción no facilita la percepción de cuál ha sido la causa de las reducciones principales observadas en los niveles de contaminación.

Esta teoría es frecuentemente analizada y se intenta verificar su posible existencia en los países a partir de la aplicación de diversos métodos econométricos, con resultados que dependen de la estructura económica y ambiental, aun así como se desarrolla en el Capítulo 3. Revisión de literatura, los autores llegan a la conclusión que el crecimiento no es por sí solo la solución de los problemas ambientales que debe de ir acompañadas por otras herramientas con el fin de mitigar el daño ambiental.

Capítulo 3. Revisión de literatura

De lo anterior resulta que, la existencia de la Curva de Kuznets Ambiental ha sido utilizada para estimar distintos modelos para países en momentos determinados. A partir de la investigación de Grossman & Krueger (1991) ha surgido una gran cantidad de investigaciones con el fin de capturar la relación original de deterioro ambiental a través de una múltiples variables proxy con el objetivo principal de comprobar el planteamiento de la forma reducida, en adición podemos encontrar distintos enfoques dependiendo los intereses particulares de cada investigación.

En esta sección se menciona los estudios consultados acerca de la curva medioambiental de Kuznets, tanto nivel mundial como particular se presentará un breve compendio de algunos de ellos que han sido pilares fundamentales para esta investigación no solo por su elección y argumentación de variables, utilización de metodología econométrica, si no por su gran aporte teórico y los resultados a los que llegaron dependiendo del estudio del país y/o región.

El sustento teórico descansa sobre una base extensa de documentos académicos dígase; artículos, revistas, libros, tesis, entre otros (*CUADRO 1. Evidencia empírica*). Con el fin de analizar y estudiar la comprobación de la Curva de Kuznets Ambiental con variables diversas para para medir el crecimiento económico, así como la degradación ambiental, planteando variables que fungen como proxy con el fin de explicar mejor esta relación.

Del mismo modo las metodologías pueden llegar a ser diferentes ante el propósito del estudio, tal es el caso, al analizar el comportamiento a lo largo de un periodo con una serie de tiempo hasta un modelo panel con efectos aleatorios para poder analizar con mayor detenimiento los países en cuestión a lo largo de uno o más periodos.

CUADRO 1. Evidencia empírica

Autor	País y periodo	Variable endógena	Variable exógena	Metodología	Evidencia de CKA-
Acaravci, A., & Ozturk, I. (2010).	19 países de Europa (1960-2005)	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita y consumo de energía	Series de tiempo	Únicamente Dinamarca e Italia cumplen con dicha hipótesis.
Arévalo Pacheco, Georgina Jatziré. (2017).	México (1960-2016)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita y PIB per capita al cuadrado	MCO	Confirman la relación CKA
Aslanidis and Iranzo (2009)	77 países no pertenecientes a OCDE (1971-1997)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per capita	Modelo panel	No existe la relación de la CKA.
Azomahou et al. (2006)	100 países (1960-1996)	Emisiones CO2 per cápita	Crecimiento económico- PIB per capita	Modelo panel	No existe la relación de la CKA.
Begum, Sohag, Abdullah y Jaafar (2015)	Malasia (1970-1980)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per capita	Mínimos cuadrados ordinarios (DOLS) y Sasabuchi-Lind-Mehlum U (prueba SLM U)	No se cumplía para esta economía.
Carson et al. (1997)	Estados Unidos (1990)	Contaminación de emisiones (SO2, SMP, NOx, CO)	Crecimiento económico- PIB per capita	Sección cruzada	Se llegó a la relación "U" invertida, es decir, comprueba la existencia CKA.
Catalán H.(2014)	144 países (1990-2010)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per capita (lineal, al cuadrado, al cubo). Participación porcentual del sector servicios en el PIB (serv), Consumo de energía de origen fósil respecto al total del consumo de energía (ffe) eficiencia energética (efe) y porcentaje de áreas protegidas respecto al territorio (aprot)	1. Datos panel. 2. MCO, FE, RE, Between (BE) y primeras diferencias (FD)	Curva en forma de N.
Cole et al (1997)	11 países OCDE (1970-1992)	Dióxido de carbono, CFCs, metano, dióxido de nitrógeno, dióxido de sulfuro, partículas suspendidas en el aire, monóxido de carbono, nitrato, residuos municipales, consumo de energía y tráfico.	PIB per capita, variables dummies por país y nivel de tecnología.	Datos panel, log al cuadrado.	CKA existe únicamente para la variable partículas suspendidas en el aire, mientras que los indicadores con un impacto medioambiental más global o indirecto se encontró. Turning point \$22,014 dls.
Correa Restrepo (2004)	Diversos países y periodos	Contaminación	Ingreso	Panel de observaciones	Colombia de encuentra en fase de crecimiento de la CKA,
Correa, Vasco y Pérez (2005)	Colombia 1975-2000	CO2 y SO2. Demanda biológica de oxígeno (DBO)	PIB per, GINI, (Freedom)		Para SO2, CO2 y DBO se encuentra en la fase creciente de la EKC.
Dinda (2010)		Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita		Forma de una L invertida o de una J invertida
Esteve and Tamarit (2012)	España (1857-2007)	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso	Series de tiempo	Se llegó a la relación "U" invertida, es decir, comprueba la existencia CKA.
Falconí, Burbano y Cango (2016)	164 países (1996-2011)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita	Modelo de regresión por tramos (dos tramos).	Se cumpliría una forma débil de la CKA. Ingreso per cápita de \$22.258 (US\$ 2005)
Farhani et al (2014)	10 países de oriente medio y	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita, consumo de energía, valor agregado de la manufactura;	Panel cointegrado (fmols-Fully Modified ols)	Confirman CKA.

Autor	País y periodo	Variable endógena	Variable exógena	Metodología	Evidencia de CKA-
	África del norte (1990-2010)		Apertura comercial e índice de desarrollo humano		
Fosten et al (2012)	Reino Unido entre 1830 y 2003	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita	Series de tiempo	Evidencia sobre la CKA en ese país.
Godínez M., Figueroa H. y Pérez F. (2021)	México (2003-2017)	Costos totales por agotamiento de los recursos naturales y degradación ambiental (CosAyD)	PIB per cápita (real, al cuadrado y cubico) y población en pobreza de patrimonio (PobPobre).	Lineal múltiple y polinomial cubico mediante MCO	Relación positiva entre la degradación ambiental y el crecimiento económico.
Gómez-López, Barrón y Moreno (2011)	32 entidades federativas de la República Mexicana (1999-2006)	Población, Árboles plantados per cápita, Áreas naturales protegidas per cápita, Superficie reforestada per cápita, Volumen de recolección de basura per cápita, Vehículos recolectores de basura, Volumen de aguas residuales (millones de metros3/año), Plantas de tratamiento, Capacidad instalada (Its. /seg.) pc, Volumen tratado (metros3/año), Licencias ambientales a establecimientos,	PIB per cápita y al cuadrado	Análisis de convergencia por medio de datos de corte transversal y datos de panel, efectos fijos y MCG.	No hay relación entre crecimiento económico y aumento en el cuidado de las variables medioambientales, excepto para el volumen de aguas residuales y volumen de recolección de basura, y los resultados sugieren que México está lejos de preocuparse por el medio ambiente.
Grossman y Kruger (1992)	40 países desarrollados y en desarrollo	Emisiones de Dióxido de azufre, smog y SMP	Ingreso per cápita	Evolución	CKA para los primeros dos primeros contaminantes (SMP y SO) per cápita 4.500 dólares (dólares de 1985).
Grossman y Kruger (1995)	40 países desarrollados y en desarrollo	Dióxido de carbono (Co2) Total de partículas suspendidas (PS), contaminación del aire (se clasifican dos), contaminación del agua (se clasifican tres)	Ingreso per cápita	Evolución	Dióxido de sulfuro (SO2) y el humo muestra una relación en forma de U invertida pero luego se alcanza el punto de inflexión. Dióxido de sulfuro la curva es en forma de N. contaminantes del agua alcanzan su punto umbral alrededor de un valor mínimo de \$7.500 dólares, para los tres tipos de mediciones de calidad del agua.
Hanen Ragoubi y Zouheir Mighri (2021)	50 países de ingresos medios (1996–2013)	In CO2 (primary greenhouse gas responsible for global warming and proxies for overall environmental pollution in a country)	(TRO) apertura comercial; (POP) población total y mide el impacto de los factores demográficos; (RGDP) Producto Interior Bruto per cápita; (URBA) nivel de urbanización; (TECH) mejora tecnológica; (EL) intensidad energética una puerta proxy de consumo de energía; (CV) potenciales variables de control que podrían influir en las emisiones de (CO).	Datos espaciales dinámicos de panel con efectos fijos de país y de periodo de tiempo.	Punto crítico de la CKA para las emisiones de CO2 en el modelo dinámico SDM es aproximado a \$ 1 849 516.4465, es decir, una trayectoria de U invertida.
Holtz-Eakin and Selden (1995)	130 países 1951-1986	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita	Modelo panel	Relación causal por el que el proceso de crecimiento afecta al medio ambiente. No obstante, estos estudios aportan pruebas de que, al menos en el caso de los contaminantes que entrañan riesgos locales para la salud a corto plazo, los

Autor	País y periodo	Variable endógena	Variable exógena	Metodología	Evidencia de CKA-
					mecanismos institucionales y de mercado han acabado por reducir los daños medioambientales en el curso del crecimiento económico.
Infante Solís (2018)	México 1965-2014	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita	Método Generalizado de Momentos (GMM)	Se comprueba la hipótesis de CKA para México con punto de inflexión de \$107,615 per cápita
JARDÓN, KUIK and S.J. (2017)	20 países de América Latina y el Caribe durante el periodo 1971-2011.	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita real	Pruebas de raíces unitarias y técnicas de cointegración robustas para la presencia de dependencia en el panel.	En presencia de dependencia cruzada en el panel, no se puede establecer una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables, i.e., se rechaza la existencia de una CKA.
He, J., & Richard, P. (2010).	Canadá 1948-2004	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita	Paramétrico semiparamétrico y no lineal flexible.	No se cumple la Curva de Kuznets Ambiental.
Jin & Kim (2019)	Latinoamérica	Emisiones CO2 per cápita	PIB		En Latinoamérica no se cumple la hipótesis Curva de Kuznets Ambiental.
Kunnas and Myllyntaous (2007)	Finlandia (1800-2003)	Air pollution	PIB	Series de tiempo	No se cumple la hipótesis Curva de Kuznets Ambiental.
Maddison(2006)	135 países(1990 y 1995)	Emisiones deSO2, NOx, VOCy CO	PIB per cápita y tendencia	Modelo panel (econometría espacial)	Hay evidencia de CKA para cada país pero no se calculan puntos de inflexión.
Marcela Tarazona (1999)		CO2 (lineal, al cuadrado y cubico)	Ingreso per cápita	Incluye una dummy que representa la regulación sobre las emisiones de Ginebra.	Puntos de quiebre para la proxy PNB son en todos los casos mayores que para la proxy PIB. el país alcance el nivel en el cual sus emisiones empiezan a decrecer, se demorará en volver a alcanzar el punto en el cual las emisiones vuelvan a crecer.
Moomaw and Unruh (1997)		Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita	Modelos de transición estructural	Confirman la relación hipotética planteada por la CKA.
Nasir et al (2011)	Pakistán entre 1971 y 2011.	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita	Cointegración utilizando Auto Regresivo Distribuido Se incorpora el enfoque de prueba de límites de retraso (ARDL).	Existe una Curva de Kuznets Ambiental.
Navarrete et al. (2009)	México 1980 a 2004.	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita y PIB per cápita al cuadrado	Cointegración por mínimos cuadrados ordinarios.	Confirman para México la relación hipotética planteada por la CKA.
Özokcu y Özdemir (2017)	26 países de la OCDE y 52 países emergentes (1980-2010)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita y uso de energía per cápita	Modelo panel	No hay evidencia de CKA en ningún modelo estimado.
Panayotou (1993)	55 países desarrollados y en desarrollo (1987-1988)	Emisiones de SO2, NOx, y tasa de deforestación	PIB per cápita, densidad de la población y variables dummies para los países tropicales	Modelo panel	Confirman la existencia de la CKA y encuentran puntos de inflexión; SO2: \$5,444 dls., NOx: \$9,981 dls., SPM: \$8,166 dls. y deforestación: \$1,494 dls.

Autor	País y periodo	Variable endógena	Variable exógena	Metodología	Evidencia de CKA-
Parra Ocampo M. (2016)	34 países de la OCDE (1995-2011)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita, el consumo de energía eléctrica, el porcentaje de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles, las exportaciones, importaciones y los impuestos.	Modelo panel dinámicos.	Existencia CKA; Se encontró que la aplicación de impuestos ambientales y el uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica pueden ayudar de manera significativa.
Pincheira, et al (2021)	177 economías de todo el mundo.	7 Límites Planetarios (cambio climático, ciclos bioquímicos, agotamiento del ozono, acidificación de los océanos, uso de agua dulce, uso de la tierra y biodiversidad)	PIB anual por país representado en dólares estadounidenses	Enfoques econométricos (lineales y no lineales), desde métodos convencionales como OLS y el modelo de efectos fijos hasta el procedimiento GMM del sistema, y por lo tanto cubre todos los posibles problemas de endogeneidad.	La CKA existe cuando los cambios en las concentraciones de CO2 se tienen en cuenta en el análisis. El resto de los límites no apoyan la existencia de la hipótesis, mostrando comportamientos como la forma de U, relaciones monótonamente positivas o negativas.
Sánchez Jiménez A. (2015)	23 países de América Latina y el Caribe (1980-2010)	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita (también al cuadrado), consumo total de energía per cápita consumo de energía per cápita renovable y apertura comercial.	Cointegración para datos panel.	Existencia CKA; se cumple que en una primera etapa el nivel de emisiones per cápita aumentará conforme se incrementen las magnitudes de las variables de ingreso, consumo de energéticos, principalmente fósiles, y apertura comercial. Posteriormente se estabilizará y, finalmente, decrecerá como lo indica el término cuadrático del ingreso per cápita y el aumento en el uso de los energéticos renovables.
Sánchez L. y Caballero K. (2019)	América Latina y el Caribe (1980-2015)	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita, ingreso per cápita al cuadrado, consumo de energía per cápita (sin energía renovable), consumo de energía renovable per cápita, índice de apertura comercial de cada país.	Panel de cointegración de variables no estacionarias, raíces unitarias, FMOLS.	Existencia de CKA existencia de U-invertida. A partir de 10.134 dólares pr (a precios de 2010) para alcanzar el punto de inflexión, conseguir estabilizar las emisiones de CO2 y, en consecuencia, disminuir la contaminación y degradación ambiental.
Saravia López, V. Alejandra. (2005).	17 países de Latinoamérica, 1968-1990 y 1980-2004,	SO2 y CO2	PIB (cuadrático y cubico), GINI, Coeficiente de Percepción a la Corrupción (IPC)	Modelo panel	La hipótesis de la CKA no es un argumento válido para la región en ninguno de los dos casos analizados dada la relación positiva entre el CO2 y el PIB per cápita luego, esta relación se vuelve negativa ante incrementos de PIBper cápita
Saravia Alejandra (2002)	América Latina y el Caribe (11 países de la región) 1980-1997	Emisiones CO2 per cápita y SO2	PIB real per cápita (dólares constantes de 1985, Coeficiente de GINI, población y el tiempo como variables explicativas	Serie de tiempo	La CKA se cumple para PIB, no para GINI.
Selden y Song (1994)	22 OCDE y 8 países en desarrollo	Emisiones de Dióxido de azufre, smog, SMP, óxido de nitrógeno (NOx) y el Monóxido de Carbono (CO)	PIB per cápita, densidad de población	Panel	Relación en forma de U invertida entre las emisiones de los cuatro contaminantes estudiados, y el PIB per cápita\$10,391-10-620 (1990 USD).

Autor	País y periodo	Variable endógena	Variable exógena	Metodología	Evidencia de CKA-
Simioni(2003)	São Paulo, Brasily Santiago,Chile (nd)	Contaminantesdel aire	PIB per cápita	MCO	Existe evidencia de CKA y se pronostican reducciones del 50% en los contaminantes durante la próxima década.
Sosa y Navarro (2020)	Colombia (1971 y 2014)	Emisiones CO2 per cápita	Índice de complejidad económica (ICE), (ln)PIB per cápita y (ln)su cuadrado, consumo de energía (ENG)	Modelo ANFIS. Además, como análisis de robustez, se utilizan algunas técnicas de series de tiempo tradicionales (fmols, dols y ccr).	No existe relación para Colombia con ICE y PIBpr.
Soytas, et al., (2007)	Estados Unidos entre 1960 y 2004	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita	Modelo VAR	Se comprueba la inexistencia de la CKA.
Stokey (1998)		Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita		Se encuentra V-invertida (que obviamente tiene las mismas implicaciones de política ambiental que la U-invertida).
Suárez (2011)	América Latina y el Caribe 23 países (1970-2008)	Emisiones de 6 contaminantes (CO, CO2, HC, NOx, PAR y SO2)	PIB per cápita	Regresiones no paramétricas, panel, series de tiempo y regresiones aparentemente no relacionadas.	Existe la presencia de una CKA para las emisiones de CO y HC. Los niveles óptimos del PIB per cápita son inalcanzables por su heterogeneidad.
Urrieta (2017)	México (1980-2021)	PIBpr CO2, CH4 y N2O a nivel per cápita	Inversión Extranjera Directa (IED) y Saldo en la Cuenta Corriente (SCC) como comportamiento del PIB	Modelo panel	No hay evidencia de CKA en México.
Vásquez Sanchez y García Rendon (2001)	Valle de Aburrá	Emisiones CO2 per cápita	PIB per capita. Variable tecnológica (profesionales de pregrado graduados)	Modelo Log-lineal (1) como en el modelo semi-log (2)	Ningún país o región puede esperar de modo pasivo hasta alcanzar una mejor posición económica para invertir y demandar mejoras en la calidad de su ambiente.
Xu (2012)	China (1980-2008)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita, consumo de energía per cápita y ratio de apertura comercial	Cointegración (Engle-Granger).	Confirman la existencia de la CKA y encuentran punto de inflexión; \$4,341 dls.
Yang, et al. (2015)	67 países (1971-2010)	Emisiones CO2 per cápita	Ingreso per cápita	Método de regresión simbólica	Haya existencia débil de la CKA.
You and Lv (2018)	83 países desarrollados y países en desarrollo (1985-2013)	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita	Modelo panel (espacial).	Se llevo a la relación "U" invertida, es decir, comprueba la existencia CKA.
Zilio y Caraballo (2014)	Conjunto de países de la América Latina y el Caribe	Emisiones CO2 per cápita	PIB per cápita real, participación de la industria en la estructura sectorial del país (IND), grado de apertura de la economía (OPEN), importaciones netas de energía del país (MNE)	Semiparamétrico; MCO, regresión no paramétrica, semiparametrica.	Inexistencia de una Curva de Kuznets en la región.

Fuente: Elaboración propia.

Evidencia de la CKA

Existe una relación determinativa a los resultados que puede llegar el análisis de la Curva de Kuznets Ambiental dependiendo del País, periodo, variables y metodología que se usen en el estudio. Como se explica a continuación dividido en 4 secciones; primero: evidencia donde se especificarán bajo que supuestos se cumple o no la CKA, segundo: variables, tercero: país y periodo del análisis, cuarto: metodología.

Primero, cerca de dos terceras partes del CUADRO 1. Evidencia empírica de corroboraron la existencia de la Curva de Kuznets Ambiental a manera de que una sociedad se hace más rica, la misma sociedad intensificará sus demandas de un ambiente más sano y sostenible, con ello la degradación ambiental disminuye conforme aumenta el crecimiento económico bajo ciertas condiciones .

La primera *excepciones*; Acaravci, et, al.(2010) únicamente Dinamarca e Italia cumplen con dicha hipótesis o solo para ciertas variables como es el caso (Alejandra Saravia, 2002) se cumple para PIB, no para GINI, (Gómez-López, Barrón y Moreno, 2011) excepto para el volumen de aguas residuales y volumen de recolección de basura, y los resultados, (Grossman y Kruger, 1991) para emisiones de Dióxido de azufre, smog, (Pincheira, et al ,2021) existe cuando los cambios en las concentraciones de CO₂ se tienen en cuenta en el análisis, contaminantes atmosféricos locales (Cole et al, 1998).

La segunda *forma de la gráfica*; (Catalán 2014) la curva no era exactamente una U invertida tal como lo plantea la teoría, si no presenta alguna otra forma parecida a una N, J, V, L invertida; Dinda (2010) Yang, et al. (2014).

En la Figura 2. Curva de Kuznets Ambiental: Resumen de la evidencia empírica se muestra el resultado grafico de un conjunto de estudios acerca de la CKA, acerca del comportamiento de las variables de flujo. Como se puede apreciar la gran mayoría de autores presentan corroboran la hipótesis pero cabe aclarar que se encuentran crecientes, es decir, aún no se llega el Tuning Point donde el crecimiento sigue aumentando pero las emisiones de CO₂, SO₂, SPM siguen aumentando.

Figura 2. Curva de Kuznets Ambiental: Resumen de la evidencia empírica.

Autor(es)	Variable de flujo					Variable Stock	
	SO ₂	SPM	NO _x	CO	CR	basura	CO ₂
Grossman y Krueger (1993)	∩	∩	∩				
Selden y Song (1994)	∩	∩	∩				
Shafik (1994)	∩	∩	∩		∩	→	→
Grossman (1995)	∩	∩	∩	∩	∩		
Grossman y Krueger (1995)	∩	∩	∩		∩		
Holtz-Eakin y Selden (1995)	∩	∩	∩				→
Panagotou (1995)	∩	∩	∩				
Carson et al. (1997)	∩	∩	∩	∩	∩		∩
Cole et al. (1997)	∩	∩	∩	∩	∩	→	∩
Lim (1997)	∩	∩	∩		∩		∩
Moomaw y Unruh (1997)							∩
Panagotou (1997)	∩						∩
Robert y Grimes (1997, p. 192)							→
Kaufmann et al. (1998)	∩						∩
Schmalensee et al. (1998)	∩						∩
Sorrgs (1998)	∩	∩					
Torras y Boyce (1998)	∩	∩			∩		
Wu (1999)		∩					
Agras y Chapman (1999)							∩
List y Gallet (1999)	∩		∩				→
Barrett y Graddy (2000)	∩	∩	∩	∩	∩		
Cavlovic et al. (2000)	∩	∩	∩	∩	∩		→
Cole (2000, p.112)	∩	∩	∩	∩	∩		
Dinda et al. (2000)	∩	∩		∩			
Hettige et al. (2000)	∩	∩		∩			
List y Gerking (2000)	∩		∩				
Perrings y Ansuategi (2000)	∩						
Halkos y Tsonas (2001)							→
hell y Selden (2001)							→
Minliang et al. (2001)						→	→
Roca et al. (2001)	∩						→
Stern y Common (2001)	∩	→					→
Barrett y Graddy (2000)	∩						→
Hill y Magnani (2002)	∩		∩				∩
Cole y Elliott (2003)	∩						∩
Friedl y Gletzner (2003)	∩						∩
Millimet et al. (2003)	∩		∩				∩
Martinez et al. (2004)							∩
Auchi y Beocheti (2005)							∩
Cole (2005)	∩						∩
Dijkgraaf y Vollebergh (2005)							∩
Mazzanti et al. (2007)			∩	∩			∩
Ordás (2007)				∩			∩
Brajer et al. (2008)	∩	∩					∩
Flores (2008)			∩				

Monotonicamente creciente	↗	SO ₂ -dióxido de azufre	CO ₂ -dióxido de carbono
U - Inversa	∩	SPM -materia particulada suspendida	NO _x -dióxidos de nitrógeno
Forma - N	∩	CR - contaminación en ríos	CO -monóxidos de carbono
		Desperdicios	

Fuente: Navarrete, M et al (2009)

Tercer aspecto *punto creciente*; se comprueba la hipótesis pero el país de estudio se encuentra en él; todo crecimiento económico se está traduciendo en un mayor deterioro ambiental (Correa, Vasco y Pérez (2005), Vázquez Sanchez y García Rendon (2001)); se encuentra a partir de una cantidad específica de ingresos (Falconí, Burbano y Cango 2016) a partir de un ingreso per cápita de \$22.258 (US\$ 2005) las emisiones de CO₂ se estabilizan (no aumentan ni disminuyen), Panayotou (1993) "SO₂: \$5,444 dls., NO_x: \$9,981 dls., SPM: \$8,166 dls. y deforestación: \$1,494 dls.", Xu (2012).

El cálculo el punto de inflexión para PIB per cápita \$4,341 dls., (Sánchez L. y Caballero K. 2019) a partir de 10.134 dólares pr (a precios de 2010); no se encuentra el punto de inflexión (Farhani et al (2014), Maddison (2006).

Dicho de otro modo, en estos artículos se encuentra algún tipo de relación entre el deterioro ambiental y el crecimiento económico medido a través de los efectos del crecimiento sobre las emisiones y/o concentraciones de los principales GEI; destacando las emisiones de CO₂, SO₂ y el NO_x así como otras mediciones de impactos ambientales con el fin de medir la degradación ambiental como puede apreciarse en el CUADRO 2 (Nomenclaturas de los gases).

Distinto del resto del CUADRO 1. Evidencia empírica, es decir el 30% no encontraron relación alguna (Aslanidis and Iranzo (2009), Azomahou et al. (2006), Begum, Sohag, Abdullah y Jaafar (2015), Esteve and Tamarit (2012), Jie (2010), Jin & Kim (2019), Keneeth Arrow et al (1995), Kunnas and Myllyntaus (2007), Özokcu y Özdemir (2017), Saravia (s. f.), Sosa y Navarro (2020) Soytaş, et al., (2007), Urrieta (2017) Zilio y Caraballo (2014) Zilo (2010). Estos autores comprobaron la no existencia de la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets.

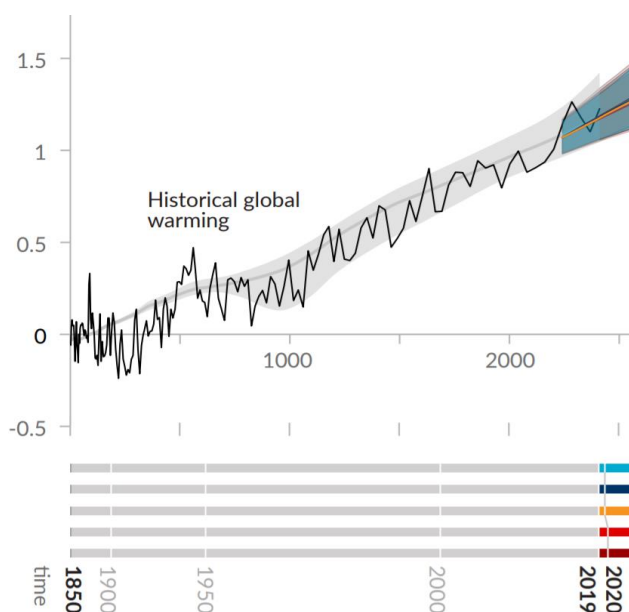
Por lo tanto el modelo de Kuznets parece cumplirse solo en determinadas realidades, lo anterior quiere decir que la degradación ambiental no tiende a disminuir cuando la sociedad alcanza mayores niveles de vida (Azqueta, 2007).

Sin embargo, aunque algunos autores señalan que el supuesto CKA no siempre se aplica a los países en desarrollo. En los países en desarrollo, la reducción de varios contaminantes puede ser controvertida a largo plazo (Desgupta, 2002). Aunado a ello los factores como el

patrón de crecimiento entre naciones, el patrón de crecimiento de la población y la desigualdad en la distribución como menciona Mendoza (2015) implica mayores niveles de pobreza y desigualdad, ello generaría mayor propensión a contaminar.

En este sentido argumenta Falconí, Burbano y Cango (2016), el planeta no está en un punto estacionario de emisiones, es decir, los GEI sufren de un cambio estructural. Así la concentración de CO₂ es mayor en la atmósfera como se puede apreciar en (GRÁFICA 2).

(GRÁFICA 2) Evolución de CO₂ respecto a la temperatura global mundial 1850-2020.



Fuente: IPCC Climate Change 2021.

La tendencia del calentamiento global a largo plazo se debe en gran medida a las actividades humanas que han aumentado las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera con base en NASA (2022).

Por último, pero no menos importante dos artículos en específico Holtz-Eakin and Selden, (1992) y Marcela Tarazona (1999) llegaron a un resultado no concluyente, es decir, puntos de quiebre para el proxy PNB son en todos los casos mayores que para el proxy PIB. De lo anterior resulta; los modelos cuadráticos, la omisión de la variable de ingreso per cápita al cubo hace que las otras variables absorban el efecto omitido y encuentran puntos de quiebre muy altos.

Lo anterior implicaría que después de que el país alcance el nivel en el cual sus emisiones empiezan a decrecer, se demorará en volver a alcanzar el punto en el cual las emisiones vuelvan a crecer.

Segundo, concierne las variables que utilizaron los autores existe una diversidad que analizaremos puntualmente en dos partes; la variable dependiente la cual tiene por fin explicar la degradación ambiental. La variable independiente que explica el crecimiento económico, añadiendo algunas variables explicativas más utilizadas por el acervo de los autores antes mencionados

Variable dependiente

En cuanto a la metodología econométrica, varios estudios agregan diversos indicadores ambientales para la estimación la variable de degradación ambiental, desde la década de los 90's, autores como; Cole et al (1998), Navarrete (2009), Zilo (2010), Arévalo (2017), Sánchez L. y Caballero K. (2019), Azomahou et al. (2006) plantean la relación de medio ambiente a partir de la variable medida por el CO₂ que se consideran como el principal gas de efecto invernadero responsable para el calentamiento global y sustitutos de la contaminación ambiental general en un país (Hanen Ragoubi y Zouheir Mighri (2021 y Falconí, Burbano y Cango (2016). Siendo CO₂ una variable con influencia directa. Así mismo, Grossman y Krueger (1995); Selden y Son (1994) estudian la existencia de la CKA para los contaminantes del aire CO₂ y TPS. La variable es considerada en su nivel y se ha dividido entre la población par, es decir, en términos per cápita.

Otros estudios adicionan la contaminación del agua, contaminación patógena y metales pesados, así como, Oxígeno de Nitrógeno (NOX), Monóxido de Carbono (CO) correspondientemente. Esta relación en forma de U invertida es válida para análisis de calidad ambiental asociada con costos locales de corto plazo; pero no es válida cuando se analizan grandes acumulaciones con base en Keneeth Arrow et al (1995) ya que los desechos o basuras durante largos períodos, al igual que cuando se analizan variables ambientales como el C02, con costos más dispersos, los cuales tienden a aumentar en función del ingreso.

Ahora bien, algunos autores que han realizado este tipo de investigaciones han encontrado que los indicadores S02 y DBO son los más factibles a presentar la evidencia de la curva de Kuznets (Maddison (2006); Panayotou (1993), Saravia (s. f.), Suárez (2011).

A partir de la contaminación del aire tomando como base las aportaciones de Selden y Song (1994) “Se encuentra el cambio de tendencia esperado, a un menor nivel de ingreso per cápita en relación con las emisiones agregadas”.

La calidad del aire urbano es una de las variables a las que los *policy makers* le prestan más atención. Esta variable se medirá a partir de CO2 que se consideran como el principal gas de efecto invernadero responsable para el calentamiento global y sustitutos de la contaminación ambiental general en un país (Hanen Ragoubi y Zouheir Mighri, 2021) y (Falconí, Burbano y Cango, 2016) a demás surge de las principales actividades que utilizan combustibles fósiles para procesos de producción.

Variable independiente

PIB per cápita

En relación a la variable del crecimiento económico medido por un conjunto de autores; Alejandra Saravia (2002), Arévalo (2017), Begum, Sohag, Abdullah y Jaafar (2015), Catalán (2014), Correa, Vasco y Pérez (2005), Falconí, Burbano y Cango (2016), Gómez-López, Barrón y Moreno (2011), Holtz-Eakin and Selden (1992), Jardón, Kuik and S.J. (2017), Jin & Kim (2019), Maddison (2006), Simioni (2003), Suárez (2011), Pincheira, et al (2021) a través del Producto Interno Bruto-PIB con el fin de capturar la importancia en el análisis de la economía.

De acuerdo con Banxico (2022) el PIB contabiliza sólo los bienes y servicios “finales”, lo que implica que no se añaden los bienes que contribuyen a la elaboración del producto definitivo. El PIB es “interno” dado que la suma los bienes y servicios producidos dentro de un país, son por los nacionales o por residentes y empresas extranjeras. Se calcula durante un año de manera per cápita. Sin olvidar que este cálculo lo realiza sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales.

Cabe aclarar llegado este punto que la Curva de Kuznets Ambiental no es lineal debido la característica principal grafica de forma de U invertida, por lo que las variables consideradas para observar esta relación de, PIB per cápita al cuadrado y al cubo por autores como Navarrete et al. (2005). Mientras que Moomaw and Unruh (1997,) De Bruyn et al., (1998); Acaravci, et al. (2010), Yang, et al. (2014), Stokey (1998), Soyatas, et al., (2007), Nasir et al (2011), Moomaw and Unruh (1997), Marcela Tarazona (1999), Jie (2010), Grosssman y Kruger (1991), Fosten et al (2012), Dinda (2010) buscan medir la relación a través del Ingreso per cápita, así como la variable al cuadrado.

Otras

En el mismo sentido más autores en busca de una variable que sea precisa han incluido el consumo de energía per cápita, (Özokcu y Özdemir (2017), Farhani et al (2014),) nivel de tecnología (Cole et al, 1998), densidad de la población (Panayotou, 1993), índice de la apertura comercial- Sánchez L. y Caballero K., 2019, Sánchez Jiménez A. (2015); Coeficiente de Gini- Saravia Alejandra (2002); los impuestos relacionados con el ambiente en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂)- Parra Ocampo M. (2016) y algunas otras variables orientadas a la participación de la industria en la estructura sectorial del país (IND), grado de apertura de la economía (OPEN), importaciones netas de energía del país (MNE)- Zilio y Caraballo (2014).

País

Tercero, el siguiente punto trata de desarrollar acerca del país y periodo de ciertos autores y su relevancia que fue al elegir estos. Bloques económicos; OCDE- Cole et al (1997), Selden y Song (1994). Una cantidad de países elegidos al azar Azomahou et al. (2006), Catalán (2014), Farhani et al (2014) Grosssman y Kruger (1992), Hanen Ragoubi y Zouheir Mighri (2021), Holtz-Eakin and Selden (1995), Correa Restrepo (2004), Maddison (2006),Özokcu y Özdemir (2017), Panayotou (1993), Pincheira, et al (2021), Saravia Alejandra.

Países en específico: México- Arévalo (2017), Godínez M., Figueroa H. y Pérez F. (2021), Gómez-López, Barrón y Moreno (2011), Infante Solis (2018), Navarrete et al..(2009);

Malasia- Begum, Sohag, Abdullah y Jaafar (2015); Estados Unidos- Carson et al. (1997); Colombia- Correa, Vasco y Pérez (2005), Sosa y Navarro (2020); España- Esteve and Tamarit (2012); Reino Unido- Fosten et al (2012); Canadá- Jie (2010); Finlandia- Kunnas and Myllyntaous (2007); Pakistán- Nasir et al (2011). Regiones: América Latina y el Caribe- JARDÓN, KUIK and S.J. (2017), Sánchez L. y Caballero K. (2019), Saravia Alejandra (2002).

Metodología

Cuarto, lo mismo ocurre al implementar la metodología econométrica, a través de distintos métodos, tal como series de tiempo; Kunnas and Myllyntaous (2007), Esteve and Tamarit (2012), Alejandra Saravia (2002), por MCO; Simioni (2003) y Arévalo (2017), Panel con el argumento que de medir los impactos del crecimiento económico aproximado por el PIB per cápita y otras variables de control; Urrieta (2017), Saravia (s. f.), Panayotou (1993), Özkücü y Özdemir (2017), Maddison (2006), Holtz-Eakin and Selden (1992), Cole et al (1998), Catalán (2014), Azomahou et al. (2006), Aslanidis and Iranzo (2009), cross-sectional; Carson et al. (1997), modelo de regresión; Sánchez L. y Caballero K. (2019), así como por tramos Falconí, Burbano y Cango (2016), cointegración (Engle-Granger; Navarrete et al(2005); Navarrete (2009)), Semiparamétrico (Zilio y Caraballo 2014).

Los autores anteriormente mencionados se caracterizan por tener una metodología econométrica distinta, al igual que el tiempo y países – en desarrollo, desarrollados y en vías de desarrollo. En la gran mayoría destacan los problemas operativos, desde la falta de disponibilidad y calidad de los datos, hasta los procedimientos econométricos de estimación para alcanzar estimaciones que se ajusten a los datos para comprobar la existencia de la Curva de Kuznets Ambiental.

Capítulo 4. Método

En este capítulo se describe la metodología empleada y la aplicación en Stata con el fin de apoyar la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental que explora la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental, incluye la descripción y especificación de las variables, así como el modelo econométrico utilizado. Al llegar a este punto, cabe aclarar que el análisis temporal para evaluar la evolución para confirmar o rechazar la CKA, que guardan en relación entre variables C02 y PIB per cápita en el mundo en determinando momento.

Se parte de la idea, la CKA considera una forma paramétrica de la hipótesis (Ekins, 1887; Grossman y Kruger, 1995; Selden y Song, 1994) como se muestra a continuación el siguiente modelo.

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 YP_{it} + \beta_2 YP_{it}^2 + \beta_3 YP_{it}^3 + \sum_{j=1}^k Y_j X_{j,it} + \mu_{it} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Donde; E_{it} es del deterioro ambiental; YP_{it} , es el producto real per cápita; $X_{j,it}$, es el conjunto de variables que inciden en el deterioro ambiental. Con el objetivo de capturar el efecto escala, el efecto composición, el efecto de la tecnología (Grossman, 1995). μ_{it} , es el termino error. Los subíndices i t indican los distintos países y periodos de tiempo, esto es, observaciones de datos Panel (Catalán, 2014).

A partir de la forma funcional anterior se pueden identificar siete distintos tipos de relaciones entre calidad ambiental y crecimiento económico.

- 1) $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$; implica una relación creciente monotónica, indicando que altos niveles de ingreso están asociados con más altos niveles de emisiones.
- 2) $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$; involucra una relación monotónica decreciente, señalando que altos niveles de ingreso están asociados con niveles declinantes de emisiones
- 3) $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$; implica una relación cuadrática en forma de U invertida representando la curva ambiental de Kuznets e indicando que altos niveles de ingresos

están asociados con niveles declinantes después que un nivel particular de ingreso ha sido alcanzado.

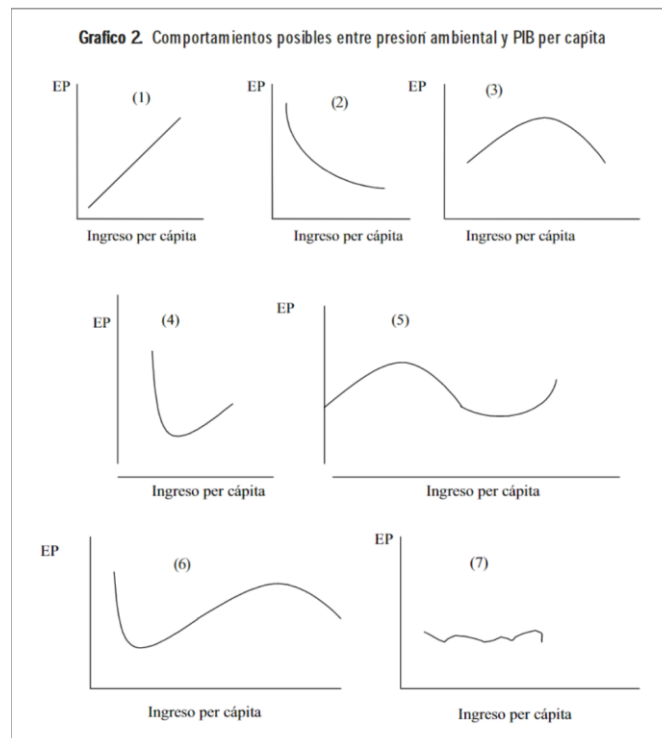
4) $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ y $\beta_3 = 0$; implica una relación cuadrática en forma de U, en oposición a la CKA.

5) $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$; implica un polinomio cúbico, representando la gráfica en forma de N, similar a la CKA pero con un subsiguiente incremento en emisiones para altos niveles de ingreso.

6) $\beta_1 < 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$; implica un polinomio cúbico contrario a la curva en forma de N, los niveles de presión inicialmente declinan, luego se incrementan y posteriormente declinan de nuevo.

7) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$; implica un comportamiento plano, indicando que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingreso (Tomado de Correa, 2004: 87-89).

(Figura 3) Comportamientos entre presión ambiental y PIB per cápita



Fuente: Tomado de Correa, 2004:88.

Variable dependiente CO2

Por lo que se refiere a la variable del deterioro ambiental, se utilizara Dióxido de Carbono (CO₂) per cápita, ya que como afirma el Informe sobre la Brecha de Emisiones (2021), “El cambio climático y los fenómenos extremos pueden atribuirse a la acumulación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) antropogénicos en la atmósfera”. Siendo consideradas las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) como el principal gas de efecto invernadero más importante en términos del forzamiento climático antropogénico actual.

Las emisiones de CO₂ son medidas en toneladas métricas per cápita obtenidas del Banco Mundial, compuestas en el periodo de 1971 al 2018.

La OMM (2021) señala que el calentamiento global es casi linealmente proporcional a la cantidad neta total de CO₂ que se haya emitido en toda la historia a la atmósfera como resultado de actividades humanas. Por lo tanto, para limitar el calentamiento global a un nivel específico se requiere que la cantidad total de CO₂ emitido se mantenga dentro de un presupuesto de carbono finito. Las emisiones mundiales anuales actuales de CO₂ superan los 40 GtCO₂/año.

Variable independiente PIB

La variable exógena para tratar es el PIB per cápita. El Productor Interno Bruto (PIB) per cápita, PPA son en dólares a precios internacionales constantes de 2017, es obtenido del Banco Mundial son anuales de manera desagregada compuesto por el periodo de 1971 al 2018.

En primera instancia se realizó una estimación considerando únicamente las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita en nivel, en logaritmo ambas, es decir una versión simple de la hipótesis CAK, La periodicidad está comprendida a partir de 1971 al 2018, siendo este el último dato disponible en el Banco Mundial, partimos de la idea que ante una mayor periodicidad de datos dará un mayor peso al análisis temporal, desplazando progresivamente el análisis.

Variables adicionales/ Variables de control adicionales

Dentro de la base de referencia, han usado el modelo planteado en la ecuación (1) o en su transformación, logaritmo natural, para probar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets utilizando una amplia variedad de indicadores de presión ambiental o indicadores que describen el crecimiento económico. En otras palabras, ante la diversidad de resultados resulta del uso de diferentes métodos de estimación econométrica, distintas muestras, diferentes indicadores ambientales y también de la introducción de diferentes variables explicativas adicionales (Raymond 2004, Bruvoll 2003, Lieb 2004), se han incluido tres variables explicativas al modelo; Apertura comercial (AC), Consumo de energía renovable (ER) y el índice de GINI (GINI).

Apertura comercial (AC)

Teniendo en cuenta una de las críticas hechas por Stern et al. (1996) al estudio empírico de la CAK es la ausencia de la variable “comercio” en la explicación de la calidad ambiental. Ya que en un mundo cada vez más globalizado, es totalmente irreal realizar análisis en el marco de economías cerradas. Se agrega la variable Apertura Comercial con el fin de agregar el impacto de la apertura comercial en tres efectos independientes: escala, composición y técnica. Tal como lo menciona la Organización Mundial del Comercio (WTO) 2022.

En primer lugar, el efecto escala dada la apertura comercial aumentarán la actividad económica y, por lo tanto, aumentarán el consumo de energía. Si todos los demás factores son iguales, un aumento en la escala de la actividad económica y el consumo de energía aumentará las emisiones de gases de efecto invernadero.

El efecto composición se refiere al hecho de que la apertura comercial desplaza la producción de un país hacia productos con ventajas comparativas, es decir, es difícil predecir si el efecto composición reducirá o aumentará las emisiones de gases de efecto invernadero.

Finalmente, la apertura comercial puede ayudar a mejorar la eficiencia energética, el efecto "tecnológico", para que la producción de bienes y servicios produzca menos emisiones de gases de efecto invernadero. Esta reducción se puede lograr de dos maneras. En primer lugar, la liberalización del comercio aumentará la disponibilidad y reducirá el costo de las

mercancías, los servicios y las tecnologías inocuos para el medio ambiente y en el aumento en los ingresos que genera el comercio puede alentar a la sociedad a exigir una mayor calidad ambiental —es decir, menos emisiones de gases de efecto invernadero.

El efecto en la técnica es el principal mecanismo por el que la apertura del comercio puede ayudar a mitigar el cambio climático. De ahí la importancia de la hipótesis del paraíso del contaminador (HPH), como lo sugieren Zilio y Caraballo (2014) Fosten et al. (2012), Sánchez L. y Caballero K. (2019), según la HPH, un alto grado de apertura combinado con regulaciones ambientales débiles o inexistentes puede constituir una salida para la estricta legislación ambiental vigente en los países desarrollados (Zilio, 2011).

Lo dicho hasta ahora supone que el signo positivo del coeficiente de la variable abierta indica un efecto positivo del comercio sobre las emisiones de carbono, lo que respalda Hipótesis del paraíso ambiental. Por otro lado, un signo negativo indica el impacto positivo del comercio sobre la calidad ambiental.

Consumo de energía renovable (ER)

Suelen realizar modelos en los que se agrega el consumo de energía con el fin de obtener un mejor comportamiento de las emisiones de efecto invernadero, por mencionar algunos; Sánchez L. y Caballero K. (2019), Catalán (2014), argumentan que el uso de energías renovables se ha hecho una alternativa importante para el uso de combustibles fósiles en los últimos años por lo que se han registrado tendencias y tasas de crecimiento positivas en relación con el crecimiento económico, a la par, Sánchez Jiménez A., (2015) señala el uso principalmente en la generación eléctrica, que está relacionada con la eficiencia técnica y la actividad económica y ha calidad de vida de la sociedad en su conjunto.

Por lo tanto, se considera el uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica que puede ayudar de manera significativa a la disminución de este gas de efecto invernadero (Parra Ocampo M., 2016)

Por el otro lado, distintos estudios argumentan que el consumo de energía renovable no tiene un efecto significativo en la reducción de contaminación, tal es el caso de Al-Mulali, Saboori y Ozturk (2015). Jebli y Ben Youssef (2015) llegaron a la conclusión que las energías renovables impactan débil y negativamente a las emisiones de CO2 cuando se usa el modelo con exportaciones y este impacto es estadísticamente no significativo cuando se usa el modelo con importaciones.

Ahora bien, el tercer argumento que implica la existencia de la hipótesis de la CKA es el efecto tecnología, esto significa que, con una tecnología diversa puede producirse la misma cantidad de bienestar y servicios. El proceso tecnológico permite adquirir lo mismo sin dañar a la misma magnitud al medio ambiente, a partir de una menor utilización de los recursos naturales y de la energía, y consecuentemente, consecuentemente, con un menor nivel de emisiones contaminantes (Azqueta, 2007).

Índice de GINI (GINI)

El uso del Índice de GINI tiene por objetivo de capturar efecto diferenciado del crecimiento económico en la calidad ambiental al analizar entre los países, como lo desarrolla Saravia. Se puede influir aquí, a juicio de Scruggs (1996), el aumento de la desigualdad favorece la calidad ambiental.

El argumento se basa en el hecho de que las personas con mayores ingresos son más conscientes de la degradación ambiental y utilizan su poder para articular su preferencia por una mejor calidad ambiental. En comparación con la clase pobre, esta clase rica no solo tiene una mayor disposición a pagar, sino que también es más capaz de pagar por la mejora de la calidad ambiental. Desde el punto de vista de Magnani (2000) esto crearía una gran brecha entre la disposición a pagar y la capacidad de pago por una mejor calidad ambiental.

TABLA 1. Estadísticas descriptivas

Variable	Descripción	Min.	Max.	Media	Des.Std.	Unidad
CO2	Las emisiones de dióxido de carbono per cápita son las derivadas de la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento por país dividido el valor de la población total.	0	360.8532	4.757705	10.9963	Toneladas métricas per cápita.
PIB	El producto interior bruto per cápita contabiliza sólo los bienes y servicios finales por país dividido el valor de la población total.	436.7204	161971	17900.21	20338.91	Dólares internacionales constantes de 2017.
PIB2	El producto interior bruto per cápita contabiliza sólo los bienes y servicios finales por país dividido el valor de la población total.	190724.7	2.62e+10	7.34e+08	1.70e+09	Dólares internacionales constantes de 2017 al cuadrado.
AC	El comercio de mercancías como proporción del PIB es la suma de las exportaciones e importaciones de mercancías dividida por el valor del PIB.	0	957.784	47.83742	42.67376	% del PIB.
CE	El consumo de energía renovable es la proporción de energía renovable en el consumo total de energía final. (como energía hidroeléctrica, eólica, solar y geotérmica).	0	98.3429	30.46739	30.68817	% del consumo total de energía final.
GINI	El índice de Gini mide la medida en que la distribución de la renta entre los individuos u hogares de una economía se desvía de una distribución perfectamente equitativa.	29.8	45.36	38.89235	3.730286	Índice de Gini de 0 representa una igualdad perfecta, mientras que un índice de 100 implica una desigualdad perfecta.
Se evalúan 178 países. (CUADRO 3)Nomenclaturas de los países.						
Datos: Fuente de datos Banco Mundial 2022. Fuente: Elaboración propia.						

Capítulo 5. Evidencia de la Curva de Kuznets Ambiental mundial 1971-2018.

En este capítulo se exponen los resultados del modelo empírico y las principales conclusiones que derivan de la investigación acerca de la Curva de Kuznets Ambiental. Con base en las consideraciones anteriores, las especificaciones iniciales del modelo son las siguientes. Análisis de datos del panel.

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1(PIB_{i,t}) + \beta_2(PIB_{i,t})^2 + \beta_3(AC_{i,t}) + \beta_4(CE_{i,t}) + \beta_5(GINI_{i,t}) + \mu_i$$

Donde

E = Nivel de emisiones per cápita (CO2)

PIB = PIB Per Cápita Real

AC= Apertura Comercial

CE= Consumo de Energía Renovable

GINI = Coeficiente Gini

μ_i = error

Añádase aquí, que en el caso de las variables; CO2 (Dióxido de carbono) y PIB (Per Cápita Real) son variables que se analizaron en logaritmos. Además la variable GINI (Coeficiente de Gini) se le ejecutó el comando `ipolate` ya que tenemos un número limitado de valores de la variable, con dicha función podemos interpolar el valor de esa función para un valor intermedio de la variable, es decir, construir nuevos puntos de datos dentro del rango de un conjunto discreto de puntos de datos conocidos.

La TABLA 2, reporta los resultados de las estimaciones de la Curva de Kuznets Ambiental. A través de tres modelos; regresión lineal, panel de efectos fijos y panel de efectos aleatorios. Los coeficientes del PIB per cápita son estadísticamente significativos y confirman la curva. Las variables de control consideradas con excepción del Índice de GINI también resultaron estadísticamente significativas.

TABLA 2 -Resultados de regresiones para evaluar los efectos sobre las emisiones de CO2

VARIABLES	(1) ICO2	(2) <u>ICO2</u>	(3) ICO2
IPIB	3.6825*** (0.1058)	2.8117*** (0.1275)	2.6857*** (0.1278)
IPIB2	-0.1392*** (0.0057)	-0.1302*** (0.0072)	-0.1157*** (0.0072)
AC	0.0010*** (0.0003)	0.0004** (0.0002)	0.0006*** (0.0002)
CE	-0.0070*** (0.0004)	-0.0107*** (0.0006)	-0.0102*** (0.0006)
GINI	0.0297*** (0.0030)	-0.0054*** (0.0014)	0.0017 (0.0014)
Constante	-22.2093*** (0.4945)	-13.5299*** (0.5734)	-13.9103*** (0.5783)
Observaciones	4,631	4,631	4,631
R-squared	0.872	0.453	0.448
Número de Países		178	178

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Periodo 1971-2018.

(1) Regresión lineal

(2) Modelo Panel Efectos fijos

(3) Modelo Panel Efectos aleatorios

Nota: A GINI se le ejecuto el comando ipolate.

Fuente: elaboración propia.

Con todo lo anterior, la elección del modelo que explique la CKA mundial a través del tiempo. Por dos importantes razones. La primera, basado en la analogía de Mendoza-Velázquez (2013) llamada “fotografías y películas”. Una base de datos de corte transversal es una fotografía que captura la información de un conjunto de unidades i en un periodo específico t . Por el otro lado, se habla de una serie de tiempo cuando existe una película sobre el comportamiento de una sola unidad i en t periodos diferentes. Finalmente, una base de datos tipo panel es la cereza del pastel, en el sentido de que permite obtener más información estadística. Sería la película del grupo de los mismos individuos i a lo largo de t diferentes periodos.

La segunda y más importante, el modelo panel se elige por la estructura de datos, porque se tiene varios individuos a través del tiempo. Lo dicho hasta aquí supone la elección del Modelo Panel.

Ahora bien, con base al test propuesto por Hausman (1978) siendo un test chi cuadrado que determina si las diferencias son sistemáticas y significativas en las estimaciones de ambos modelos, es decir, el Modelo Panel de Efectos fijos (2) y el Modelo Panel de Efectos aleatorios (3). El valor de la prueba es alto (p.e. p-valor menor de 0.05), es decir, se elige al que se considera consistente en este caso, el Modelo panel efectos fijos es el más eficiente como a continuación se muestra en la TABLA 3.

TABLA 3 -Resultados test Hausman

- Coefficients -				
	(b) fe	(B) re	(b-B) Difference	Sqrt (diag(V_b- V_B)) S.E.
IPIB	2.811724	2.685669	.1260558	*
IPIB2	-0.1301925	-0.1156999	-0.0144927	.0005984
AC	0.0004033	0.0006045	-0.0002012	*
CE	-0.0107362	-0.012297	-0.0005065	.0001492
GINI	0.0054028	-0.0017247	-0.0071275	.0001571

b= consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B= inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\chi^2(5) = (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B) = 403.00$$

$$\text{Prob} > \chi^2 = 0.000$$

(V_b - V_B is not positive definite)

Fuente: elaboración propia

El modelo estimado indica una alta correlación entre las variables de acuerdo con su coeficiente de determinación (R²) ajustada (0.453) esto indica que las emisiones de CO₂ per cápita son explicadas por cada una de las variables exógenas, debido a que son estadísticamente significativas. La asociación porcentual de la variable PIB es positiva correspondiente a la teoría, es decir, considerando los signos, se puede probar que existe la CKA, es decir, que si crece el PIB así lo harán las emisiones de CO₂. Por otra parte se observa que el signo del termino cuadrático es negativo, implica que en una segunda etapa, cuando el PIB se incrementa, las emisiones de dióxido de carbono reducen.

Recordemos que la variable PIB per cápita se evalúan lineal, al agregar más términos independientes que no poseen el mismo orden de integración que las demás variables se corre el riesgo de obtener una regresión espuria con la cual no se podría concluir nada de manera confiable acerca del fenómeno. Es por ello que se analizará qué tan sensible es la emisión de contaminantes a un cambio porcentual de 1 % en el PIB per cápita de la siguiente manera.

$$\frac{\Delta\%CO_2}{\Delta\%PIB} = \frac{\partial CO_2}{\partial PIB}$$

$$= (\beta_1 + 2\beta_2 * PIB)$$

Es decir:

$$\frac{\partial \ln(CO_2)}{\partial \ln(PIB)} = 2.81 + 2(-0.1302) * 17900$$

$$= -4,658.35$$

Dados los resultados de la estimación cuadrática que se hizo de la relación entre contaminación y PIB per cápita, se observa que el resultado es -4,658.35, es decir que por un aumento del PIB per cápita de 1% disminuirán en la contaminación será de -4,658.35%. El que se dé una relación positiva con el PIB per cápita y una negativa con este mismo al cuadrado, es lo que hace que se compruebe la hipótesis inicial de que la relación entre ambas variables sigue la forma de una U invertida.

Siguiendo con la apertura comercial (AC) el signo positivo refleja esta relación, es decir un mayor porcentaje de comercio mundial muestran un aumento de las emisiones de CO₂ sobre las consecuencias ambientales confirmando el impacto de la apertura comercial en tres efectos independientes: escala, composición y técnica.

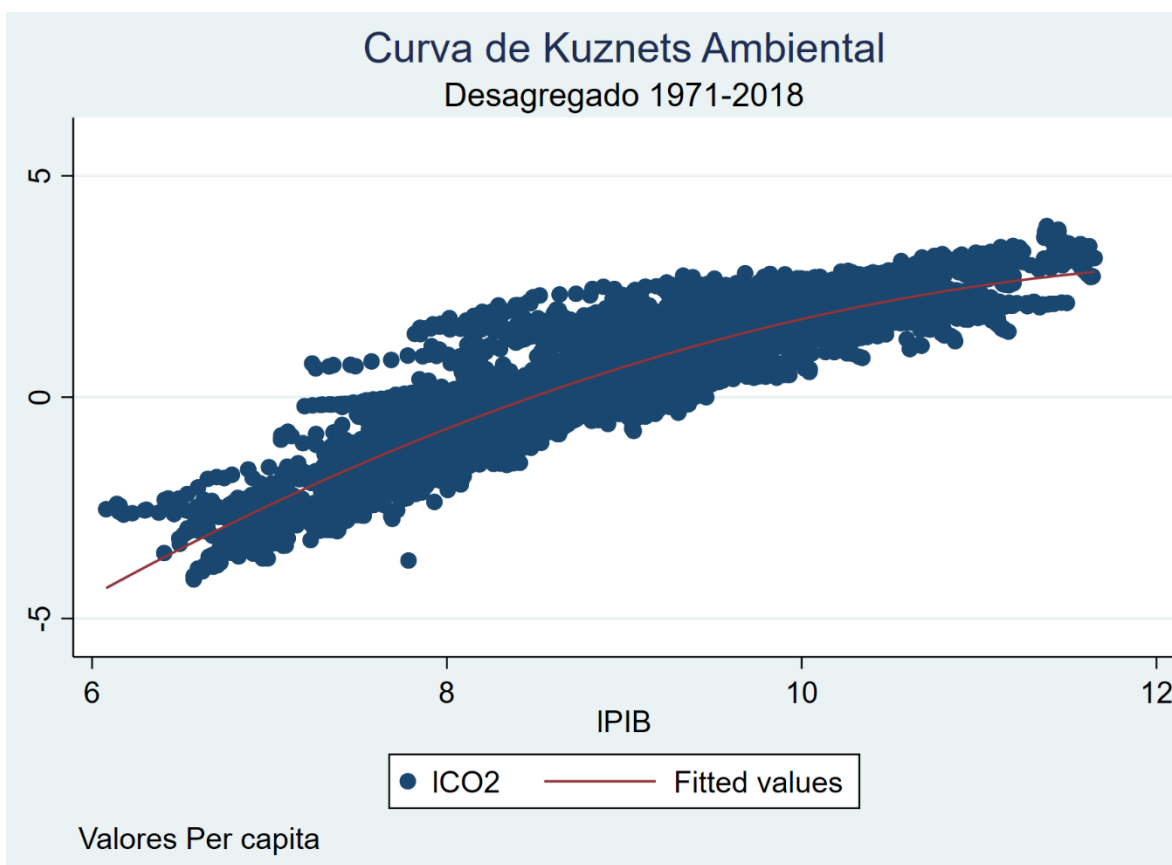
Tal es el caso, “representa una evidencia relevante, cuyo significado es que sigue existiendo una opción para industrias contaminantes de los países desarrollados y en consecuencia de que las legislaciones ambientales aún no son demasiado exigentes y justas en la mayoría de los países”, (Sánchez y Caballero, 2019).

La variable de consumo de energía renovable (CE) resulto negativa y estadísticamente significativa, pero además la magnitud del coeficiente muestra una relevancia importante en la trayectoria de las emisiones de CO₂. Como argumenta Catalán (2014) la eficiencia energética es una de las principales variables que inducen una reducción en el consumo de energía de origen fósil y permiten desacoplar la trayectoria de la actividad económica y el producto.

Por último el Índice de GINI resulta significativa en un nivel del 5%, con un signo negativo de 0.0054 indicando que a mayor concentración del ingreso, se da una disminución de la contaminación medida a través del CO₂. Se confirma lo planteado por Ravallion (2000) la población con mayor ingreso es más consciente acerca del deterioro ambiental y usa su poder y conduce sus preferencias hacia el cuidado del medio ambiente, porque este segmento ya ha cubierto sus necesidades básicas y cuenta no sólo con una mayor predisposición de pagar sino también con una mayor habilidad de pagar en comparación con el sector pobre de la población.

Finalmente la estimación econométrica comprueba la existencia de la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental en el mundo, es decir, se cumple que en una primera etapa el nivel de emisiones de CO2 per cápita aumentará conforme se incrementen las magnitudes de las variables exógenas.

(GRÁFICA 3) Curva de Kuznets Ambiental

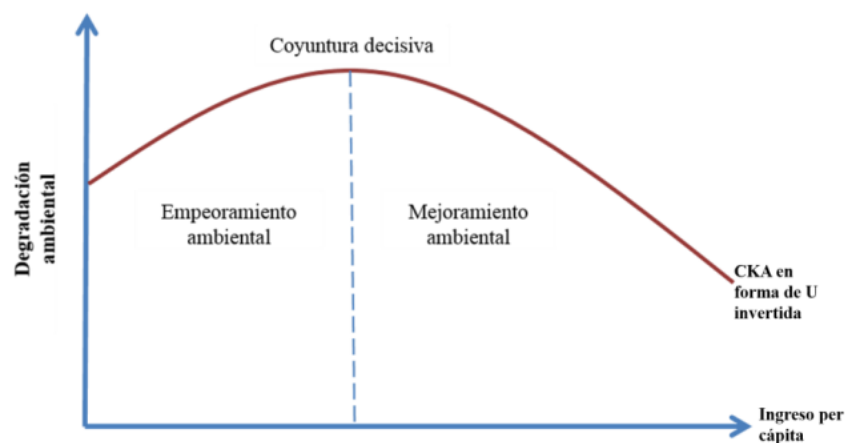


Fuente: Elaboración propia

$\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$; implica una relación cuadrática en forma de U invertida representando la curva ambiental de Kuznets e indicando que altos niveles de ingresos están asociados con niveles declinantes después que un nivel particular de ingreso ha sido alcanzado.

Turning Point

(FIGURA 4) Punto de coyuntura (Turning point)



Fuente: Tomado de Parra, 2016: 13.

Para la segunda fase donde la CKA establece que el crecimiento económico -el cual es medido a través del PIB per cápita- y el deterioro ambiental -medido a través de las variables independientes- tienen una relación de "U" invertida, es decir, que la contaminación aumenta con el crecimiento económico, alcanza un máximo, en favor de sectores de la industria y servicios (Stern, 2003) y luego comienza a caer a partir de un nivel crítico de ingreso.

Afirmando dos puntos; las ramas de la actividad económica tienen diferentes intensidades de emisiones contaminantes que al modificarse la estructura en favor de estos sectores con menores intensidades de emisiones favorecen la disminución de la degradación ambiental y que en el largo plazo, el crecimiento económico es beneficioso para el medio ambiente: a medida que la economía tiene un mayor crecimiento, se encuentra mejor preparada para afrontar el daño ambiental.

“Existe una presión sobre el uso de materias primas y energías, principalmente de origen fósil, tanto por el lado de la oferta como de la demanda, lo que obliga a una mayor

degradación y contaminación ambiental hasta llegar a un punto de inflexión, ya que se han producido importantes procesos de industrialización”(Sánchez y Caballero, 2019).

Por lo tanto, al diseñar herramientas para mejorar el medio ambiente y proteger los recursos naturales, la hipótesis CKA ayudará a servir como punto de referencia para las soluciones ambientales y económicas en los países pobres y en desarrollo.

La forma funcional de la CKA debe ser cuadrática con los siguientes parámetros: $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 = 0$; $|\beta_2| \ll |\beta_1|$. Así mismo, el punto de inflexión per cápita se obtiene derivando la ecuación (1) e igualando a cero (con $\beta_3=0$). Obteniendo como resultado lo siguiente: (Tomado de Correa, 2004: 89).

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

$$Y = \frac{-\beta_1}{2(\beta_2)}$$

Es decir,

$$\log CO_2 = (2.81) \log PIB - (0.13) \log_{PIB}^2$$

$$\frac{\log CO_2}{\log PIB} = 2.81 - 2(0.13) \log PIB = 0$$

$$\log PIB = \frac{2.18}{2(0.13)}$$

$$\log PIB = 10.807$$

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_1 representa la importancia relativa de las variables exploratorias, $Z_{i,t}$ determina las otras variables de influencia sobre la presión ambiental y $e_{i,t}$ es el término de error normalmente distribuido.

En el caso de que se utilice la especificación logarítmica se utiliza la misma expresión añadiéndole exponencial afuera de los paréntesis.

$$PIB = exp(10.807)$$

$$PIB = 49,365$$

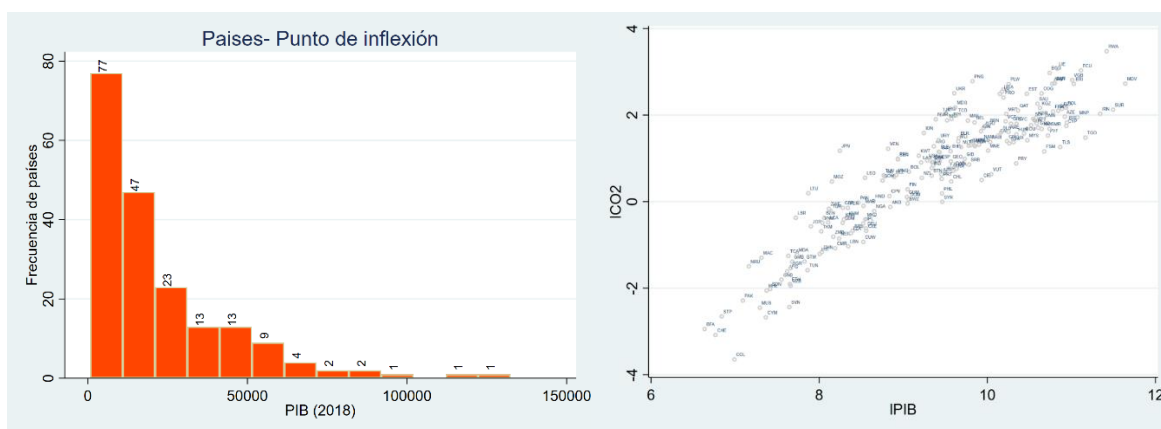
Haciendo referencia (Sánchez y Caballero, 2019) “el punto de inflexión que representa el cambio en el comportamiento de las emisiones de CO2 per cápita mediante el desacoplamiento y la descarbonización para el mundo” es de 49,365 dólares per cápita (a precios constantes de 2017) esta magnitud se encuentra aún por encima del ingreso per cápita de muchos países en el mundo.

En cuanto a la comparación los puntos de inflexión (CUADRO 1. Evidencia empírica), existe gran diversidad de resultados con magnitudes distintas que dependen, principalmente, de la zona o grupo de países, del ingreso per cápita y de las emisiones y/o concentraciones de determinado tipo de gas invernadero y de la composición productiva de sus economías. Partiremos de aquellos que confirmaron la CKA y encontraron el Turning point.

Primero, donde el rango de punto de inflexión en algunos de esos estudios se encuentra entre los 1,744 y los 44,237 dólares, lo que equivale a un valor promedio de 15,463 dólares aproximadamente; Grossman y Kruger (1992) y (1995) para ciertos contaminantes (SMP y SO) per cápita \$4.500 y para los contaminantes del agua de \$7.500 (dólares de 1985); Xu (2012) en \$4,341 dls; así como Panayotou (1993) Confirman la existencia de la CAK y encuentran puntos de inflexión; SO2: \$5,444 dls., NOx: \$9,981 dls., SPM: \$8,166 dls. y deforestación: \$1,494 dls y Selden y Song (1994) \$10,391-10-620 (1990 USD). Añádase aquí, Cole et al (1997) - CKA existe únicamente para la variable partículas suspendidas en el aire, mientras que los indicadores con un impacto medioambiental más global o indirecto se encontró. Turning point \$22,014 dls. Algo similar ocurre con Falconí, Burbano y Cango (2016) -la Curva Ambiental de Kuznets, se cumpliría una forma débil de la CAK. Ingreso per cápita de \$22.258 (US\$ 2005).

Por último, destacan estudios, tal es el caso de Hanen Ragoubi y Zouheir Mighri (2021) cuyo Turing point es aproximado a \$ 1 849,516, es decir, una trayectoria de U invertida donde el punto de inflexión es cercano o supera los cien mil dólares de PIB per cápita, los cuales, prácticamente, son muy difíciles de alcanzar para muchos países y cuyos resultados se debe de tomar con precaución.

(GRAFICA 4) Crecimiento económico mundial

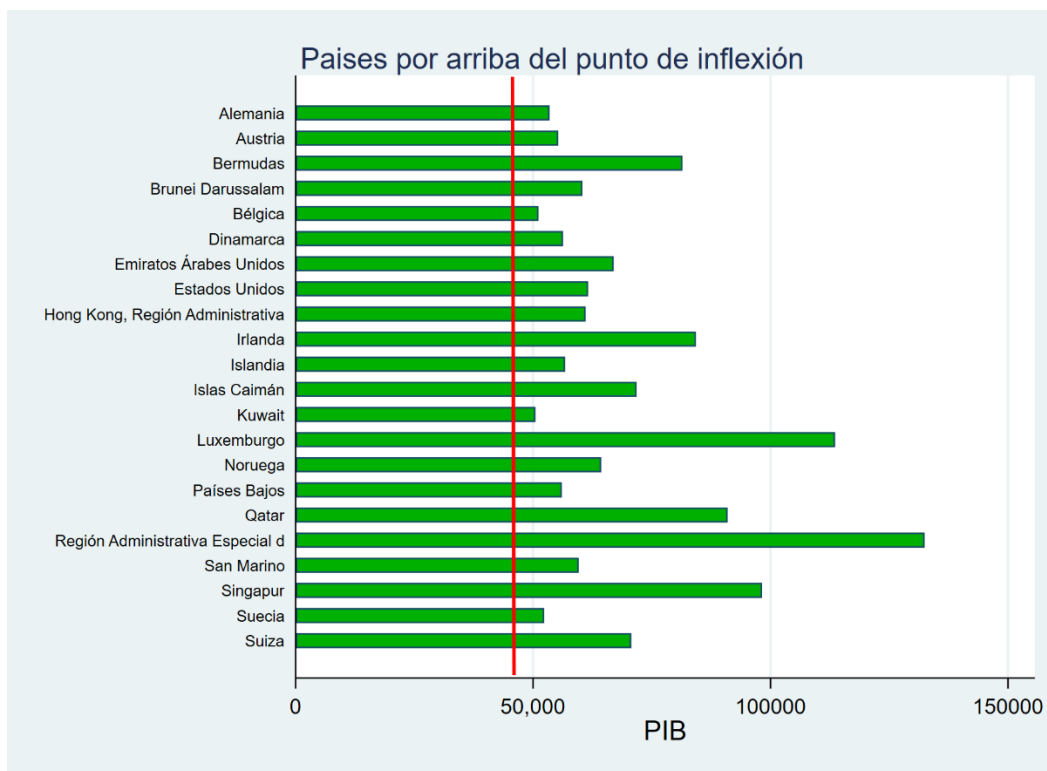


Fuente: Elaboración propia

Para comenzar, en la (GRAFICA 4) podemos apreciar cómo es que el 77% de los países del estudio (178 países) no han llegado al punto de coyuntura, y no solo eso, si no que 77 de esos países están en el comienzo de la primera etapa, es decir, les falta todo el recorrido para poner llegar a un desacoplamiento. De este modo, el crecimiento contribuye al crecimiento del producto en este tipo de países, y, por ende, incrementa las emisiones de CO2 en mayor medida.

Ahora bien, al llegar a este punto se plantea lo siguiente, ¿Cuáles son aquellos países que ya han logrado un desacoplamiento? Al respecto conviene decir, la CKA plantea que la relación entre las emisiones de carbono y los productos en las economías cuyo crecimiento crece a un ritmo decreciente, ya que estas relaciones se encuentran a la izquierda de sus respectivos puntos de inflexión, y los resultados muestran que las relaciones no exhiben la concavidad que permitiría tener certeza de que en el futuro aumentos en los productos conducen a la mejora de la calidad ambiental.

(GRAFICA 5) Países por arriba del punto de inflexión



Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la (GRAFICA 5), podemos apreciar el otro 33% de los países que han superado el punto de coyuntura, por lo tanto, desde el punto de vista ambiental, los ingresos altos mejoran la calidad de vida de las personas o de países enteros porque tienen más acceso a bienes y servicios. Pero este aumento de la oferta y la demanda presionará el uso de materias primas y diversas fuentes de energía, principalmente combustibles fósiles, lo que provocará una mayor degradación y contaminación ambiental.

Cuando los ingresos aumentan, la calidad del medio ambiente se deteriora hasta que alcanza un cierto nivel, el proceso de industrialización, como en los países en desarrollados. Andreoni y Levinson (1998), lo dicho hasta aquí es claro que para cualquier parametrización de la utilidad y de la tecnología de reducción de contaminación que lleve a una contaminación positiva para algún nivel de ingreso, la contaminación óptima debe incrementarse desde cero hasta cierto punto máximo, pero luego disminuirá de nuevo a cero.

Saravia (2005) revisó los principales hallazgos y métodos utilizados en los estudios basados en CKA hasta la fecha para identificar las fortalezas y debilidades de este argumento y destacó este análisis en el contexto actual. Una de las principales conclusiones es que la hipótesis de la CKA no es un elemento válido en esta área, en base a las investigaciones realizadas sobre este tema hasta el momento.

Además de la forma simplificada de CKA, se ha encontrado que variables como la desigualdad en la distribución del ingreso, los aspectos institucionales, la gobernabilidad, la reforma estructural, etc. son factores importantes para explicar el lento proceso de CKA para alcanzar una extensión benigna. Los resultados muestran que los altos niveles de desigualdad en la distribución del ingreso, las ineficiencias institucionales, la inestabilidad política y social, y los aspectos adversos del comercio exterior, tienen el poder de disminuir el efecto positivo del crecimiento económico en el mejoramiento de la calidad ambiental, localizando el *turning point* más hacia un horizonte de tiempo más lejano lo cual deja un gran “esperar y crecer” cuya solución no es totalmente viable para la situación ambiental.

De lo anterior resulta que, dentro de este proceso de transición por el otro lado la realidad indica que muchos países con ingresos muy bajos tienen como prioridad la satisfacción de necesidades básicas como lo son alimentación, vestido y calzado, vivienda y transporte (Sánchez, 2013). A pesar de los esfuerzos continuos de las agencias de la ONU, grupos y personas comprometidos y algunos gobiernos nacionales (principalmente en países de altos ingresos) se puede identificar poco progreso real contra la contaminación en general, sobre todo en las naciones de bajos y medianos ingresos, donde aquélla es más severa.

Por último, el pequeño gran problema, debido a que se pretende crecer antes de reducir la contaminación, por lo tanto, creará mayor contaminación. Además, si el punto de inflexión que deben alcanzar los países es exagerado o podría llevar muchos años para desarrollar este nivel óptimo, los errores dejados atrás en el tiempo no se compondrían en el largo plazo (Panayotou, 1993).

Capítulo 6. Consideraciones finales

El objetivo general de este estudio fue el identificar y analizar la Hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) a nivel mundial desagregado -178 países-. Con base en el supuesto de la curva ambiental de Kuznets que asume la forma de una U invertida, entre la degradación del medio ambiente y crecimiento económico medido a través del PIB per cápita debido a los efectos de escala, de composición y tecnológicos en una economía y CO₂ como principal variable explicativa de la degradación ambiental, junto con las variables adicionales Apertura Comercial (AC), Consumo de Energía Renovable (ER) y el Índice de GINI (GINI).

Con lo cual se comprobó en una primera etapa; un mayor nivel de crecimiento económico corresponde a una disminución en la degradación ambiental enfocando en tres puntos importantes.

-La importante relación medio ambiente (ecosistemas naturales) y el crecimiento económico con el fin de comprender desde una perspectiva integral los problemas ambientales y su vínculo en favor de la existencia de una relación de U invertida entre el PIB per cápita y Dióxido de Carbono (CO₂).

-Un análisis económico mundial con datos del Banco Mundial aplicando un método panel de efectos fijos con el fin de comprobar la hipótesis de una curva ambiental de Kuznets entre crecimiento económico y emisiones de CO₂, junto a las variables explicativas -Apertura Comercial (AP), Consumo de Energía Renovable (ER) y el Índice de GINI (GINI) dentro del periodo de 1971 al 2018.

-Argumentación exhaustiva respecto al grado de desacoplamiento en la economía como lo argumenta la CKA, el deterioro ambiental es una función creciente de la actividad económica hasta un determinado nivel crítico (Turning point), es decir, un punto donde empieza a disminuir.

Por último, se calculó el punto de inflexión que representa el cambio en el comportamiento de las emisiones de CO₂ per cápita mediante el desacoplamiento y la descarbonización para el mundo es de 49,365 dólares per cápita (a precios constantes de 2017) anuales, indicando que, en 2022, esta magnitud se encuentra aún por encima del ingreso per cápita de muchos países en el mundo.

Observaciones

En este sentido, la estructura capitular del trabajo permite identificar los problemas y limitaciones que conllevan estimar la CKA.

Primero, tal como argumenta Saravia (2008) el proceso de crecimiento económico puede ser compatible con una mejor calidad ambiental, si y solo si, políticas adecuadas, especialmente en términos sociales, son aplicadas en cada caso específico. Ya que de no hacerlo, se están poniendo en peligro nuestro bienestar económico y social, al tiempo que socavan las oportunidades de reducir la pobreza y mejorar la vida y los medios de subsistencia (ONU, 2021).

Segundo, en cuanto a "la concentración actual de gases de efecto invernadero es mayor que en cualquier otro momento de la historia de la humanidad, es decir, es una señal muy preocupante" Pascal Peduzzi (2022) , director de la Base de Datos de Recursos Mundiales (GRID). Sin olvidar que los Estados miembros del Acuerdo de Paris, se comprometieron a limitar el calentamiento global a bastante menos de 2°C, y preferiblemente a 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales. Con ello, el planeta seguirá calentándose al menos 2,7°C, advierte el Informe sobre la Brecha de Emisiones del PNUMA para finales de siglo, mientras que el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) indica que el calentamiento global medio será de 3,2°C para 2100.

Lo anterior sirve para dejar el claro, que si bien se ha tomado un movimiento de cambio con mayor fuerza e importancia que antes, a humanidad, continúa, ha impactado tres cuartas partes de la superficie terrestre y dos tercios de los océanos. No obstante, hoy somos 7.8 mil millones de personas y el crecimiento de la población no va a parar hasta que se establezca entre nueve mil millones y 12 mil millones; es decir, aún vendrán entre dos mil millones y cuatro mil millones de personas más. La producción y el consumo que ocasionan actividades en los sectores agropecuario, forestal, cacería, minería, infraestructura, etcétera, elementos que generan el cambio de uso de suelo, deforestación, sobreexplotación, introducción de especies invasivas, cambio climático, contaminación e incendios. Romero Laura (2022).

Recomendaciones de política

Para lograr un cambio hay que encarar el problema de manera científica, marcando la importancia de la naturaleza en el ecosistema ciudad dado los grandes cambios de las temperaturas (DW, 2022). Ya que estamos ante la existencia de tres crisis planetarias –el cambio climático, la pérdida de la diversidad biológica y la contaminación– que nos ponen en peligro de modificar irreversiblemente nuestra relación con el mundo natural. Abordar estos desafíos para lograr la estabilidad climática, vivir en armonía con la naturaleza y avanzar hacia un planeta libre de contaminación requerirá una recalibración de nuestras economías y sociedades hacia modelos más sostenibles y equitativos.

Es por lo que políticamente hablando se debe tener un mayor control con las industrias a partir de los líderes y los encargados de la formulación de políticas de todo el mundo convinieran en combatir las causas de esa crisis y que si bien han marcado un cambio significativo con la importancia de implementar producción más limpia sigue existiendo el gran problema del greenwashing, la irresponsabilidad de las empresas por respetar los derechos humanos, es decir abordar los impactos negativos con una alta dependencia y un impacto significativo sobre los recursos naturales, procesos y las prácticas tal es el caso de la corrupción, el soborno, de competencia leal, fiscales y de divulgación.

Para terminar, la crisis climática requiere una urgente respuesta colectiva institucional y ciudadana sin precedentes basada en la razón, ya que pese a que las organizaciones internacionales destinen recursos para generar instrumentos que mejoren el ambiente y protejan los recursos naturales mediante regulaciones más estrictas, el desarrollo de mejores tecnologías y la modificación del crecimiento económico de los sectores más contaminantes (Kolstad, 2001; Molina y Molina, 2005) se necesita una atención urgente para controlar la contaminación y prevenir las enfermedades relacionadas con ella, con énfasis en la del aire y el envenenamiento por plomo, y un mayor enfoque en la química peligrosa. La contaminación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad están estrechamente relacionados.

Futuras líneas de investigación

Al llegar a este punto, las políticas que promueven la producción más limpia, la eficiencia energética y reducción de la contaminación en las industrias son los esfuerzos destinados a mejorar la calidad vida. El seguimiento continuo de los avances es importante, ya que ayuda a fundamentar y promover una acción acelerada. Incluidos los esfuerzos realizados en respuesta a las resoluciones de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, los acuerdos internacionales y otros marcos de acción pertinentes como parte de los esfuerzos y coaliciones mundiales que aspiran a promover políticas integradas sobre la calidad del aire y el clima.

Se observan avances en todos los sectores en lo relativo a la adopción de políticas y acciones clave que se sabe que reducen la contaminación todavía siguen existiendo importantes lagunas. El análisis hecho en este trabajo cuantifica el grado de adopción de las medidas clave por parte de los países, pero no tiene en cuenta la aplicación o la ausencia de ella.

Los países también se enfrentan a retos sistémicos de mayor envergadura, como los déficits de financiación, que pueden dar lugar a la incapacidad de invertir en el análisis de datos, y la falta de capacidad de aplicación cuando se adoptan políticas y medidas (ONU, 2022).

Anexos

(CUADRO 2) Nomenclaturas de los gases

Sigla	Concepto
CH4	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO2	Dióxido de carbono
CosAyD	Costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental
IED	Inversión extranjera directa
MCO	Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios
N2O	Óxido Nitroso
NOx	Óxido de nitrógeno
PIBpr	Producto Interno Bruto per cápita
PobPobre	Población en pobreza de patrimonio (número de personas al año)
SCC	Saldo en la cuenta corriente
SMP	Partículas suspendidas en el aire
CO21	Kilogramos de C02 por dólar de PIB a precio de 1987
CO22	Kilotoneladas de C02
CO23	Toneladas métricas de C02 per cápita
SO2	Bióxido de azufre

Matriz de correlaciones

Como complemento de la parte de análisis de los datos, se ha optado por realizar una matriz de correlaciones con el fin de capturar la relación entre ellas individualmente.

(TABLA 4) -Resultados de regresiones para evaluar los efectos sobre las emisiones de CO2 variable a variable.

VARIABLES	(1) ICO2	(2) ICO2	(3) ICO2	(4) ICO2	(5) ICO2
IPIB	0.6442*** (0.0130)	3.1546*** (0.1183)	3.4878*** (0.1252)	2.7759*** (0.1274)	2.8117*** (0.1275)
IPIB2		-0.1426*** (0.0067)	-0.1601*** (0.0071)	-0.1259*** (0.0071)	-0.1302*** (0.0072)
AC			0.0004** (0.0002)	0.0005*** (0.0002)	0.0004** (0.0002)
CE				-0.0107*** (0.0006)	-0.0107*** (0.0006)
GINI					-0.0054*** (0.0014)
Constante	-5.2989*** (0.1183)	-16.1322*** (0.5200)	-17.7299*** (0.5499)	-13.7839*** (0.5704)	-13.5299*** (0.5734)
Observaciones	5,052	5,052	4,864	4,631	4,631
R-squared	0.334	0.391	0.411	0.451	0.453
Número de Países	182	182	178	178	178

Standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Nota: Modelo Panel Efectos fijos.

(CUADRO 3) Nomenclaturas de los países

País	Nomenclatura	País	Nomenclatura
Afganistán	AFG	República Democrática Popular Lao	LAO
Albania	ALB	Letonia	LVA
Argelia	DZA	Líbano	LBN
Samoa Americana	ASM	Lesotho	LSO
Andorra	AND	Liberia	LBR
Angola	AGO	Libia	LBY
Antigua y Barbuda	ATG	Liechtenstein	LIE
Argentina	ARG	Lituania	LTU
Armenia	ARM	Luxemburgo	LUX
Aruba	ABW	Región Administrativa Especial de Macao, China	MAC
Australia	AUS	Madagascar	MDG
Austria	AUT	Malawi	MWI
Azerbaiyán	AZE	Malasia	MYS
Bahamas	BHS	Maldivas	MDV
Bahrein	BHR	Malí	MLI
Bangladesh	BGD	Malta	MLT
Barbados	BRB	Islas Marshall	MHL
Belarús	BLR	Mauritania	MRT
Bélgica	BEL	Mauricio	MUS
Belice	BLZ	México	MEX
Benin	BEN	Micronesia (Estados Federados de)	FSM
Bermudas	BMU	República de Moldova	MDA
Bhután	BTN	Mónaco	MCO
Bolivia	BOL	Mongolia	MNG
Bosnia y Herzegovina	BIH	Montenegro	MNE
Botswana	BWA	Marruecos	MAR
Brasil	BRA	Mozambique	MOZ
Islas Vírgenes Británicas	VGB	Myanmar	MMR
Brunei Darussalam	BRN	Namibia	NAM
Bulgaria	BGR	Nauru	NRU
Burkina Faso	BFA	Nepal	NPL
Burundi	BDI	Países Bajos	NLD
Cabo Verde	CPV	Nueva Caledonia	NCL
Camboya	KHM	Nueva Zelandia	NZL
Camerún	CMR	Nicaragua	NIC
Canadá	CAN	Níger	NER
Islas Caimán	CYM	Nigeria	NGA

República Centroafricana	CAF	Macedonia del Norte	MKD
Chad	TCD	Mariana	MNP
Islas del Canal	CHI	Noruega	NOR
Chile	CHL	Omán	OMN
China	CHN	Pakistán	PAK
Colombia	COL	Palau	PLW
Comoras	COM	Panamá	PAN
Congo, República Democrática del	COD	Papua Nueva Guinea	PNG
Congo, República del	COG	Paraguay	PRY
Costa Rica	CRI	Perú	PER
Côte d'Ivoire	CIV	Filipinas	PHL
Croacia	HRV	Polonia	POL
Cuba	CUB	Portugal	PRT
Curacao	CUW	Puerto Rico	PRI
Chipre	CYP	Qatar	QAT
República Checa	CZE	Rumania	ROU
Dinamarca	DNK	Federación de Rusia	RUS
Djibouti	DJI	Rwanda	RWA
Dominica	DMA	Samoa	WSM
República Dominicana	DOM	San Marino	SMR
Ecuador	ECU	Santo Tomé y Príncipe	STP
Egipto, República Árabe de	EGY	Arabia Saudita	SAU
El Salvador	SLV	Senegal	SEN
Guinea Ecuatorial	GNQ	Serbia	SRB
Eritrea	ERI	Seychelles	SYC
Estonia	EST	Sierra Leona	SLE
Eswatini	SWZ	Singapur	SGP
Etiopía	ETH	Sint Maarten (Dutch part)	SXM
Islas Feroe	FRO	República Eslovaca	SVK
Fiji	FJI	Eslovenia	SVN
Finlandia	FIN	Islas Salomón	SLB
Francia	FRA	Somalia	SOM
Polinesia Francesa	PYF	Sudáfrica	ZAF
Gabón	GAB	Sudán del Sur	SSD
Gambia	GMB	España	ESP
Georgia	GEO	Sri Lanka	LKA
Alemania	DEU	Saint Kitts y Nevis	KNA
Ghana	GHA	Santa Lucía	LCA
Gibraltar	GIB	Isla de San Martín (parte francesa)	MAF
Grecia	GRC	San Vicente y las Granadinas	VCT
Groenlandia	GRL	Sudán	SDN

Granada	GRD	Suriname	SUR
Guam	GUM	Suecia	SWE
Guatemala	GTM	Suiza	CHE
Guinea	GIN	República Árabe Siria	SYR
Guinea-Bissau	GNB	Tayikistán	TJK
Guyana	GUY	Tanzanía	TZA
Haití	HTI	Tailandia	THA
Honduras	HND	Timor-Leste	TLS
Hong Kong, Región Administrativa Especial	HKG	Togo	TGO
Hungría	HUN	Tonga	TON
Islandia	ISL	Trinidad y Tobago	TTO
India	IND	Túnez	TUN
Indonesia	IDN	Turquía	TUR
Irán, República Islámica del	IRN	Turkmenistán	TKM
Iraq	IRQ	Islas Turcas y Caicos	TCA
Irlanda	IRL	Tuvalu	TUV
Isla de Man	IMN	Uganda	UGA
Israel	ISR	Ucrania	UKR
Italia	ITA	Emiratos Árabes Unidos	ARE
Jamaica	JAM	Reino Unido	GBR
Japón	JPN	Estados Unidos	USA
Jordania	JOR	Uruguay	URY
Kazajstán	KAZ	Uzbekistán	UZB
Kenya	KEN	Vanuatu	VUT
Kiribati	KIR	Venezuela	VEN
Corea, República Popular Democrática de	PRK	Viet Nam	VNM
Corea, República de	KOR	Islas Vírgenes (EE.UU.)	VIR
Kosovo	XKX	Ribera Occidental y Gaza	PSE
Kuwait	KWT	Yemen, Rep. del	YEM
Kirguistán	KGZ	Zambia	ZMB
		Zimbabwe	ZWE

Referencias

1. Acaravci, A., & Ozturk, I. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35(12), 5412-5420.
2. Arévalo Pacheco, Georgina Jatziré. (2017). Curva ambiental de Kuznets en México 1960-2016. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, México, (agosto 2017). 13 p. En línea: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/mx/2017/curva-kuznets-mexico.html>Aslanidis and Iranzo (2009).
3. Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., ... & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
4. Azomahou, T., Laisney, F., & Van, P. N. (2006). Economic development and CO2 emissions: A nonparametric panel approach. *Journal of Public Economics*, 90(6-7), 1347-1363.
5. Aslanidis, N., & Iranzo, S. (2009). Environment and development: is there a Kuznets curve for CO2 emissions?. *Applied Economics*, 41(6), 803-810.
6. Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594-601.
7. Carabias Lillo (2021) QUEDAN MENOS DE DIEZ AÑOS PARA ACTUAR. Boletín UNAM-DGCS-317. Ciudad Universitaria. 12:00 hrs. 11 de abril de 2021.
8. Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, núm. 389, noviembre-diciembre 2014. Pp. 19-37.
9. Correa Restrepo (2004) Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.
10. Correa Restrepo, F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: Evidencia empírica para América Latina. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Volumen 6, número 10, pp. 11-30. Enero-junio 2007. Medellín, Colombia. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242007000100002.
11. Cortés Silva, 2022. Boletín UNAM-DGCS-313, Ciudad Universitaria. 12:00 hs. 17 de abril de 2022.

12. 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
13. De Bruyn (1998) "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of Environmental Kuznets Curves", *Ecological Economics*, vol. 25 N. Z pp. 161-175.
14. De Bruyn (2000) *Economic Growth and the Environment: An Empirical Analysis*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-98.
15. Esteve, V., & Tamarit, C. (2012). Threshold cointegration and nonlinear adjustment between CO2 and income: the environmental Kuznets curve in Spain, 1857–2007. *Energy economics*, 34(6), 2148-2156.
16. Falconi, F., Burbano, R., & Cango, P. (2016). La discutible curva de Kuznets. Document o de trabajo. Flacso: Quito, Ecuador, 19p.
17. Farhani, S., Mrizak, S., Chaibi, A., & Rault, C. (2014). The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy* 71, 189-198.
18. Feenstra, R. C., & Alan, M. (2012). *Macroeconomía internacional*/Robert C. Feenstra, Alan M. Taylor (No. 339 F4Y 2012).
19. Fosten, J., Morley, B., & Taylor, T. (2012). Dynamic misspecification in the environmental Kuznets curve: evidence from CO2 and SO2 emissions in the United Kingdom. *Ecological Economics*, 76, 25-33.
20. Godínez Montoya, L., Figueroa Hernández, E., & Pérez Soto, F. (2021). El medio ambiente, la pobreza y el crecimiento económico en México. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 16(2).
21. Gómez López, C. S., Barrón Arreola, K. S., Moreno, L. (2011). Crecimiento económico y medio ambiente en México. *El Trimestre Económico*, vol. LXXVIII (3), núm. 311, julio-septiembre de 2011, pp. 547-582. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ete/v78n311/2448-718X-ete-78-311-00547.pdf>.
22. Grossman y Kruger (1992). Studies of the effect of cyclosporine in psoriasis in vivo: combined effects on activated T lymphocytes and epidermal regenerative maturation. *Journal of investigative dermatology*, 98(3), 302-309.
23. Grossman, G. and Krueger, A. (1995). *Economic Growth and the Environment*. *Quarterly Journal of Economics* (Cambridge), vol. 110(2), pp. 353-377.

24. Holtz-Eakin, D., & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth. *Journal of public economics*, 57(1), 85-101.
25. Ragoubi, H., & Mighri, Z. (2021). Spillover effects of trade openness on CO2 emissions in middle-income countries: A spatial panel data approach. *Regional Science Policy & Practice*, 13(3), 835-877.
26. IPCC Climate Change (2021) Climate Change 2021. The Physical Science Basis.
27. Jardón, A., Kuik, O., & Tol, R. S. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: An analysis of Latin America and the Caribbean. *Atmósfera*, 30(2), 87-100.
28. He, J., & Richard, P. (2010). Environmental Kuznets curve for CO2 in Canada. *Ecological economics*, 69(5), 1083-1093.
29. Jin, D. Y., & Han, B. (2019). Transcultural fandom of the Korean Wave in Latin America: through the lens of cultural intimacy and affinity space. *Media, Culture & Society*, 41(5), 604-619.
30. Kunnas, J., & Myllyntaus, T. (2007). The environmental Kuznets curve hypothesis and air pollution in Finland. *Scandinavian Economic History Review*, 55(2), 101-127.
31. Maddison, D. (2006). Environmental Kuznets curves: A spatial econometric approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51, 218-230
32. Mendoza-Velázquez (2013) *Aplicaciones en economía y ciencias sociales con Stata / Alfonso Mendoza Velázquez - xxi, [5], 381 páginas. ISBN: 9781597181341 (rústica) 159718134X.*
33. Marcela, T. G. (1999). El cambio climático en el desarrollo económico: Revisión de la hipótesis de Kuznets. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (43), 173-224.
34. Moomaw, W.R. Y G. Unruh (1997) "Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO2 emissions", *Environment and Development Economics*, 2, pp. 451-463.
35. NASA (2021) Observatorio de la Tierra de la NASA (2022) Mundo de cambio: temperaturas globales. Al día 25/01/2022. Disponible en: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/149321/2021-continued-earths-warming-trend>.
36. Nasir, M., & Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets curve for carbon emissions in Pakistan: an empirical investigation. *Energy policy*, 39(3), 1857-1864.

37. Navarrete, M. et al. (2009): “Verificación de la Curva Ambiental de Kuznets: El caso de México”, *Revista Estudiantil de Economía*, 1:37-54.
38. Organización Meteorológica Mundial (2021) Estado del clima en 2021: los fenómenos extremos y sus principales repercusiones.
39. Organización Meteorológica Mundial (2021) Informe sobre la Brecha de Adaptación 2021.
40. Organización Mundial del Comercio WTO (2022) ¿Cómo afecta el comercio a la emisión de gases de efecto invernadero?
41. Özokcu, S., & Özdemir, Ö (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639-647.
42. Panayotou, T., (1993). Empirical Test and policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Geneva, World Employment Research Program, Working Paper, International Labour Office.
43. Parra Ocampo M. (2016) La Curva de Kuznets Ambiental para los países de la OCDE a través de un modelo panel.
44. Pincheira, R., Zúñiga, F., & Valencia, F. (2021). An environmental measurement for a dynamic and endogenous global environmental Kuznets curve in the global context. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(46), 65573-65594.
45. Ragoubi, H., & Mighri, Z. (2021). Spillover effects of trade openness on CO2 emissions in middle-income countries: A spatial panel data approach. *Regional Science Policy & Practice*, 13(3), 835-877.
46. Romero Laura (2022). La pérdida de biodiversidad se puede detener. *Gaceta UNAM*. Abr 28, 2022.
47. Saavedra Diana (2021) Academia UNAM Octubre 2021. Debe revolucionarse la planificación y movilidad urbana. *Gaceta*. Al día 16.10.2021.
48. Sánchez Jimenes A. (2015) El cambio climático y la curva de Kuznets Ambiental en América Latina y el Caribe: un modelo de cointegración con panel 1980-2010.
49. Sánchez L. y Caballero K. (2019) La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel. 1980-2015.

50. Sanchez, E. V., Rendon, J. J. G., & Burkard, H. M. (2001). Aspectos de la calidad ambiental y su relacion con el crecimiento economico en el Area Metropolitana del Valle de Aburra.
51. Saravia López A. América latina y el Caribe: Efectos de equidad e institucionalidad en la Curva ambiental de Kuznets.
52. Saravia López, V. Alejandra. (2005). Evidencias de la relación medio ambiente-economía en el caso Latinoamericano. En: La economía mundial y América Latina. Tendencias, problemas y desafíos. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20101013125319/10ParteII5.pdf>.
53. Selden, T., Song, D. (1994). Environmental quality and development: are there a Kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 27, pp. 147-162.
54. Simioni, D. (2003). Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana. Documento de Trabajo. Santiago de Chile: CEPAL.
55. Sosa, P. V., & Navarro, D. M. (2020). Crecimiento, complejidad económica y emisiones de CO₂: un análisis para Colombia. *Revista CIFE: Lecturas de Economía Social*, 22(37), 21-41.
56. Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B. T. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62(3-4), 482-489.
57. Stokey Nancy (1998) "Are there limits to growth?", *International Economic Review*, No. 39, pp.1-31.
58. Suárez Moncayo, Gabriel Antonio. (2011). Crecimiento económico vs degradación ambiental: ¿existe una curva d Kuznets ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1980-2008, Maestría en Economía del Desarrollo, FLACSO Sede Ecuador. Quito, 96 p. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/5436>.
59. Urrieta Cruz, Carlos Miguel. (2017). Análisis del crecimiento económico y la contaminación del aire en México de 1980-2012, basado en el proceso de la curva ambiental de Kuznets. Tesis para obtener el título de Licenciado en Economía. Facultad de Economía. Universidad Autónoma del Estado de México. 198 p. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68004>.

60. Xu, B. (2012). Climate change and mitigation in China (Tesis doctoral). School of Industrial Engineering and Management, Royal Institute of Technology (kth): Stockholm. Yang, et al. (2014).
61. You, W., & Lv, Z. (2018). Spillover effects of economic globalization on CO2 emissions: a spatial panel approach. *Energy economics*, 73, 248-257.
62. Zilio, M. y, & Caraballo, M.A. (2014). ¿El final de la curva de Kuznets de carbono? Un análisis semiparamétrico para América Latina y el Caribe. *El Trimestre Económico* lxxxii, (321), 241-270.
63. Zilo, M. (2010). La curva de Kuznets ambiental: evidencia para América Latina y el Caribe. Universidad Nacional del Sur. Tesis de Doctor en Economía. Argentina. 195 p. Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2156/1/ZILIO%202011.pdf>.