

México: una economía acoplada a su degradación ambiental y sus costos ambientales de 2003 a 2020

Mexico: an economy coupled to its environmental degradation and its environmental costs from 2003 to 2020

Abril Yuriko Herrera Ríos

Beatriz M Terán-Pérez

Correspondencia:
yurikoherrera@uas.edu.mx
Universidad Autónoma de Sinaloa
Profesora-Investigadora

Correspondencia:
bea.teran@uas.edu.mx
Universidad Autónoma de Sinaloa
Profesora-Investigadora

Fecha de recepción:
18-octubre-2022

Fecha de aceptación:
07-noviembre-2023

Resumen

En México, la relación entre crecimiento económico y medio ambiente es un tema controversial, pues al ser un país que no ha logrado hacer la transición hacia una economía desarrollada de acuerdo a la Curva Ambiental de Kuznets y encontrarse en el lugar 14 de los países que más contribuye a las emisiones de calentamiento global, juega un papel crucial. Por ello, es necesario determinar si en el país todavía existe una economía acoplada entre crecimiento económico y degradación ambiental, para lo cual se realizó un análisis de un modelo de mínimos cuadrados ordinarios durante el periodo 2003 a 2020, comparando las emisiones de dióxido de carbono per cápita con el Producto Interno Bruto y una variable compuesta de la relación entre los gastos en pro del medio ambiente y los costos que genera la degradación ambiental en México. Así, todavía existe una correlación positiva entre estas variables, siendo necesario ampliarse el estudio a nivel regional para poder definir programas más focalizados que atiendan a los acuerdos de París y encaminar a reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero para 2030, teniendo como una de las principales limitantes para trabajos regionales los datos a nivel estatal y municipal.

Palabras clave: crecimiento económico, deterioro ambiental, curva de Kuznets, emisiones de CO².

Abstract

In Mexico, the relationship between economic growth and the environment is a controversial issue, since it is a country that has not managed to make the transition to a developed economy according to the Kuznets Environmental Curve and is in 14th place among the countries that contribute the most to global warming emissions, plays a crucial role, so it is necessary to determine if there is still an economy coupled between economic growth and environmental degradation in the country, for which an Ordinary Least Squares model were carried out. during the period 2003 to 2020, comparing carbon dioxide emissions per capita with the Gross Domestic Product and a variable composed of the relationship between expenses for the environment and the costs generated by environmental degradation in Mexico, finding that still there is a positive correlation between these variables and it is necessary to extend the study to a regional level in order to define go more focused programs that meet the Paris agreements and direct us to reduce total emissions of greenhouse gases by 2030, having as one of the main limitations for regional work the data at the state and municipal level.

Keywords: economic growth, environmental deterioration, Kuznets curve, CO² emissions.

Introducción

En el mundo, las sociedades se plantean dos objetivos deseables: preservación de un medio ambiente limpio y crecimiento económico (Li et al., 2016; Godínez et al., 2021). No obstante, la situación actual es de una crisis ambiental de carácter global, donde el cambio climático, la erosión de la biodiversidad y de suelos, el agotamiento de agua dulce, la contaminación atmosférica y el agujero de la capa de ozono son una realidad.

En este sentido, la interacción entre crecimiento económico y medio ambiente ha sido tema de debate por largo tiempo, diversos planteamientos cuestionan si existe relación o no entre las dos variables. Algunos académicos argumentan que un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) afecta las condiciones del medio ambiente, mostrando que el incremento en la actividad económica se ha generado utilizando energía y la implementación de recursos naturales. Otros autores sostienen que una economía puede crecer sin perjudicar la calidad del medio ambiente.

Esta última idea establece que la relación entre los indicadores del estado ambiental y la renta tiene forma de U invertida, lo cual es la hipótesis presentada por el economista Kuznets que sostiene que el crecimiento económico tiene efectos ambientales negativos, pero, a partir de un nivel crítico de renta, la situación ambiental mejora. En este sentido, un indicador proxi para medir la degradación ambiental por habitante es la huella ecológica, que mide la demanda de recursos y las externalidades producidas por los seres humanos.

Las emisiones de CO² a nivel mundial de 2003 a 2020 han crecido un 25%, esto debido principalmente al aumento en las emisiones de los procesos industriales y el sector energético. Países como China, Estados Unidos e India suelen encabezar la lista de los países que generan más emisiones, teniendo que para el 2020 estos emitieron 45% de las emisiones globales y siendo China el que tuvo un mayor incremento en el periodo analizado con un aumento del 128% en estos 18 años. México, para este mismo año, se posicionaba en el décimo cuarto lugar de países que emite más emisiones de GEI, produciendo 609.07 millones de toneladas de CO² equivalente, correspondientes a 1.32% de las emisiones mundiales (CLIMATEWATCH, 2022).

En el contexto latinoamericano, México ocupa el segundo lugar, seguido de Brasil, que de 2003 a 2020 ha conseguido disminuir sus emisiones en un 24.8%, mientras que México en el mismo periodo ha aumentado sus emisiones en un 18.9%. Posteriormente le siguen:

Argentina, Colombia y Venezuela que presentan situaciones diversas, pues tanto Argentina como Venezuela, a partir de su situación económica, también han disminuido sus emisiones en el periodo analizado (CLIMATEWATCH, 2022).

En México, la relación entre crecimiento económico y medio ambiente se ha vuelto un tema prioritario en la agenda, pues en los compromisos climáticos presentados en el Acuerdo de París, en 2016, se comprometió incondicionalmente a reducir en un 22% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y a reducir en un 51% el uso de Carbono Negro para el año 2030, en comparación con el escenario Business as usual (BAU) (ONU, 2021).

El país ha tenido el problema de no poder transitar hacia una economía desarrollada, con un crecimiento económico por debajo del 2% anual promedio en la última década y sin lograr una mejor distribución del ingreso, por lo que es cuestionable si ha alcanzado el punto de inflexión en la Curva Ambiental de Kuznets, por lo que se considera todavía puede estar en la primera parte de la U invertida.

Este artículo tiene como propósito determinar la interacción entre crecimiento económico y degradación ambiental en México durante el periodo 2003 a 2020, a través de las siguientes variables: Producto Interno Bruto y emisiones de Dióxido de Carbono per cápita, respectivamente, usando el análisis de mínimos cuadrados ordinarios para verificar la hipótesis de la Curva de Kuznets. De acuerdo con la revisión de la literatura, hay pocos estudios empíricos y no son concluyentes respecto a la hipótesis de CAK en el contexto mexicano. Por lo que esta investigación contribuye al conocimiento de este fenómeno. La estructura es la siguiente: se presenta la revisión de literatura de la relación existente entre el crecimiento económico y el medio ambiente, y la evidencia empírica de la Curva de Kuznets. Posteriormente, se presenta la metodología empleada que incluye la descripción y especificación de las variables y el modelo econométrico. Después, se expone el análisis de los resultados del modelo, la problemática que ocasiona el crecimiento de la contaminación ambiental en México. Por último, se establecen las principales conclusiones de la investigación.

Revisión literatura

En general, el estudio de la economía se caracteriza por no considerar un vínculo entre los sistemas ecológicos, las actividades de producción y consumo. Para los economistas, el medio

ambiente es considerado externo al sistema económico, el cual no tiene límites autosuficientes y no necesita preocuparse por extraer recursos para la producción o verter residuos en los que termina el proceso económico. Sencillamente, el problema ambiental es algo ajeno al sistema, por lo que recibe un trato precario o simplemente se ignora (De Oliveira, 2017).

Esta visión de la economía sobre el medio ambiente comenzó a cambiar en la década de 1970, debido a tres factores: 1) el aumento del valor del petróleo, lo cual provocó un debate en la existencia permanente de este recurso natural; 2) la aportación del informe “Los límites del crecimiento” permitió reflexionar acerca de que si se mantuviera el crecimiento poblacional y económico, el medio ecológico no podría seguir abasteciendo tal producción y demanda de consumo, lo que provocaría diversos impactos sociales, ambientales y económicos negativos; y 3) el aumento de la contaminación en países desarrollados (De Oliveira, 2017).

Hoy en día, la relación del medio ambiente y crecimiento económico es un tema discutido desde diversos planteamientos teóricos: por un lado, algunos economistas han argumentado que un aumento del Producto Interno Bruto (PIB) dañará el medio ambiente, en lo que otros han señalado que la economía puede crecer continuamente sin afectar la calidad ambiental, para lo cual consideran al cambio tecnológico como un componente determinante para el acercamiento entre estas dos variables (Godínez et al., 2021).

En este contexto, se introduce la noción de acoplamiento o desacoplamiento para medir la relación entre un sistema económico y un sistema ecológico. La economía es considerada acoplada si el aumento del PIB provoca degradación ambiental y una economía es desacoplada cuando el crecimiento económico no disminuye la calidad ambiental. Es decir, el concepto de desacoplamiento en economía se utiliza para referirse al final de la correlación entre el aumento de la producción económica y el menoscabo de la calidad ambiental; es decir, el concepto pretende nombrar un fenómeno donde el crecimiento económico ocurre sin un crecimiento asociado al uso de recursos materiales o un impacto ambiental negativo (Kan et al., 2019; Vadén et al., 2020).

Los términos de economía acoplada y desacoplamiento de la economía son necesarios para la formulación de políticas que, en primer lugar, considera necesario o deseable el crecimiento económico y, en segundo lugar, acepta que los niveles actuales de uso de materiales y daños ambientales causados por la economía son insostenibles. Si el crecimiento

económico va a continuar, tiene que estar desconectado del uso creciente de materiales y del impacto ambiental creciente (Vadén et al., 2020).

De acuerdo con la literatura, existe una serie de análisis de desacoplamiento. Varios autores se centran en desvincular el crecimiento económico de los impactos ambientales negativos, como la generación de desechos, agua dulce, nitrógeno amoniacal y emisiones de CO². Mientras tanto, otros estudios tratan de desvincular el progreso económico de uso de recursos naturales como: agua, mineral y material total de consumo. Se realizan esfuerzos adicionales para arrojar evidencia sobre el estado de desacoplamiento, entre el consumo de energía y la economía a nivel mundial, nacional y regional (Kan et al., 2019; Wang y Jiang, 2020).

Wang y Jiang (2019) investigaron si el crecimiento económico de China está desacoplado de las emisiones de CO², durante el periodo de 2000 a 2014, obteniendo como resultado que la elasticidad de desacoplamiento fue siempre positiva, lo que indica que las emisiones de CO² de China y la producción económica estuvo en constante aumento. Durante ese periodo, la elasticidad de desacoplamiento mostró una tendencia a la baja en su conjunto, lo que indica que, con los esfuerzos del gobierno chino en la conservación de energía y reducción de emisiones, su eficiencia energética mejoró continuamente. En el estado de desacoplamiento débil, las emisiones de CO² de China y la producción económica estaban aumentando, pero el crecimiento económico fue mayor que la velocidad de las emisiones de CO². Durante 2002 a 2005, el consumo de energía aumentó durante el crecimiento de la economía, pero el aumento de las emisiones de CO² fue aún más significativo, causando un desacoplamiento negativo expansivo.

Por su parte, Huh (2020) encontró que el crecimiento económico y los problemas ambientales están relacionados de forma dependiente y sólida. En particular, la investigación obtuvo que, entre los países de la OCDE y China, el PIB y las emisiones de CO² está firmemente acoplada.

Crecimiento económico y medio ambiente

El concepto de crecimiento económico es definido como el incremento de producción de bienes y servicios de una economía nacional en un lapso determinado. Así, el Producto Interno Bruto (PIB) es considerado como una medida de crecimiento económico, que considera todos los ingresos agregados generados por la economía en su conjunto en un

determinado período de tiempo, normalmente un año. Por lo tanto, el PIB es el indicador principal para medir el desempeño económico de un país (Guillen et al., 2015; Nawapanan et al., 2022).

En este sentido, el mayor consumo de energía para lograr un ritmo rápido de crecimiento económico provoca una degradación significativa de la calidad del medio ambiente. El crecimiento económico se caracteriza por la urbanización, industrialización y mejora de la infraestructura de transporte, causando un mayor nivel de consumo de energía y en última instancia compuestos de emisiones de carbono (Ullah et al., 2022). Por lo tanto, es de mayor relevancia la demanda social para reducir el impacto ambiental destructivo que genera la actividad económica y buscar una correcta interacción entre economía y medio ambiente respetuosa con el entorno natural (Aguilera y Alcántara, 1994; Gill et al., 2018; Huh, 2020).

La discusión acerca de la relación entre crecimiento económico y medio ambiente se ha centrado en el análisis de la hipótesis conocida como Curva Ambiental de Kuznets (CAK), así llamada por su similitud con la relación que Simon Kuznets estableciera entre crecimiento económico y desigualdad en la distribución del ingreso. La CAK sostiene que entre el crecimiento económico y la degradación ambiental existe una relación funcional con forma de U invertida, lo que significa que el deterioro ambiental es una función creciente del nivel de actividad económica hasta un determinado nivel crítico de renta o punto de inflexión, a partir del cual a mayores niveles de renta se asocian a niveles progresivamente mayores de calidad ambiental.

Diversas investigaciones sustentan que la exploración del nexo entre las emisiones de CO² y el crecimiento económico se han concentrado principalmente en dos corrientes: la primera sugiere que existe una asociación inconsistente entre las emisiones de CO² y el crecimiento económico, sin embargo, los resultados de estos estudios dependen en gran medida de dinámicas específicas a nivel regional y nacional (Fang et al., 2019). De acuerdo con Velázquez (2005), la importancia de analizar las emisiones de CO² como variable representativa de la degradación ambiental es debido a que estas contribuyen al cambio climático, siendo este uno de los problemas ambientales más importantes que atraviesa la Tierra, a diferencia de otras alteraciones ambientales que eran más locales o regionales. El cambio climático actual está ocurriendo a una velocidad sin precedentes en la historia de la Tierra, lo que dificulta la adaptación de las especies y plantea desafíos para la sociedad, incluyendo la agricultura, el agua y los fenómenos meteorológicos. El clima es un sistema

complejo con muchas variables interconectadas, lo que dificulta la predicción de sus cambios y crea incertidumbre sobre sus consecuencias.

La segunda corriente de literatura examina la relación entre el consumo de energía y crecimiento económico, se postula una asociación entre las dos variables, la cual se atribuye a la elección de conjuntos de datos, al modelo de especificaciones y a la técnica econométrica involucrada; como Grossman y Krueger (1995), quienes validaron la CAK en el estudio de impacto del acuerdo comercial de América del Norte en el medio ambiente. Los mismos autores sustentan que el bajo nivel de ingreso per cápita está correlacionado con un creciente deterioro del medio ambiente, pero después de cierto punto de inflexión del nivel de renta, la relación entre las dos variables se torna negativa, por lo que a mayor ingreso per cápita, menor degradación ambiental.

Existen estudios que tienen como objetivo la relación entre el crecimiento económico y emisiones de carbono desde la perspectiva de un solo país o de varios países. Usando el caso de China y empleando la cointegración y la causalidad de análisis, los resultados muestran que las emisiones de CO² conducen a un aumento en el crecimiento económico actual y futuro (Lv et al., 2019). Igualmente, Abid (2015) examinó la relación entre crecimiento económico y emisiones de carbono para Túnez de 1980 a 2009. Los resultados confirmaron una causalidad entre el crecimiento económico y las emisiones de carbono y encontró una relación monótonamente creciente entre estos dos aspectos en Túnez.

Por su parte, Yang et al. (2015) probaron la relación causal entre el turismo y las emisiones de carbono entre 71 países de 1971 a 2010. Se encontró la asociación entre diversas variables de naturaleza dinámica debido a varios patrones de desarrollo y características específicas de la región. Los países en desarrollo muestran modelos agregados y curvas en forma de U invertida. De igual manera, Ahmad et al. (2017) examinó la interacción entre el crecimiento económico y las emisiones de carbono en Croacia, a largo plazo, considerando el período de 1992 a 2011, su estudio permitió testear la hipótesis de la Curva de Kuznets, encontrando una asociación en forma de U invertida entre las dos variables.

El estudio de Khan et al. (2022) sustenta la correlación progresiva entre emisiones de carbono, crecimiento económico, uso de energía y petróleo, en el sector turismo. La técnica de regresión utilizada permite demostrar que el crecimiento económico impacta negativamente en la degradación ambiental; por lo tanto, los autores, en la búsqueda de lograr un turismo estable y duradero en los países estudiados, consideraron como primer paso educar

a las masas para que utilicen el transporte público y otros combustibles alternativos como tecnologías híbridas avanzadas.

De acuerdo con Ortiz-Paniagua y Gómez (2021), la adaptación de la CAK entre crecimiento económico y medio ambiente, parte de suponer las siguientes situaciones: elasticidad ingreso positiva respecto a la demanda por calidad ambiental; cambios en la estructura de la producción y el consumo; incremento en los niveles de educación y conciencia ambiental y un sistema político abierto. Es decir, el trayecto del desarrollo económico es un efecto de las fuerzas del mercado y de cambios en las regulaciones gubernamentales, que dan como resultado que el desarrollo atraviese por etapas, en las cuales al menos algunos aspectos del medio ambiente, primero se deterioran y luego mejoran.

En la Gráfica 1 se observa que, en la CAK a largo plazo, el crecimiento económico beneficia al medio ambiente, ya que cuando aumenta el nivel de renta o PIB, se destinan mayores recursos económicos para corregir el daño ambiental provocado por la actividad económica, pero a corto plazo existe una relación directa en el crecimiento económico y la degradación ambiental.

Gráfica 1

Curva Ambiental de Kuznets



Fuente: elaboración propia.

Existen diversidad de estudios teóricos y empíricos para comprobar si la CAK presenta una interacción en forma de U invertida en sus variables; considerando además factores económicos y sociales que afectan al medio ambiente.

Tarazona (1999) demuestra que existe la hipótesis de Kuznets, dado que los resultados de los modelos estimados muestran que las emisiones de CO² aumentan con el crecimiento del PIB per cápita. Por su parte, Vasquez y García (2003), al estudiar la relación calidad

ambiental y actividad económica, sustentan que existe el peligro de creer que toda economía sigue automáticamente un proceso, bajo el cual, la calidad del medio ambiente mejora una vez que los ingresos se han elevado. Por lo tanto, según los autores, 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.

En la frontera del conocimiento se encuentra variedad de estudios empíricos relacionados con la CAK, en general, para los países desarrollados (Zilio et al., 2012). En el Cuadro 1 se observan algunas investigaciones sobre la CAK, en particular, estudian la relación crecimiento económico y emisiones de CO², la mayoría de ellos refiere a grupos de países (Cetin et al., 2022; Taghvaei et al., 2022) y, en menor cantidad, aquellos estudios que muestra a un solo país o ciudad (Massagony y Budiono, 2022; Alsaedi et al., 2022).

Cuadro 1

Estudios empíricos de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK)

Autores	Objeto de Estudio	Periodo de estudio	Método	Hallazgos CAK
Cetin et al. (2022)	47 países desarrollados	1976-2017	Test de raíz unitaria en panel	*Hipótesis CAK confirmada
Massagony y Budiono (2022)	Indonesia	1990-2016	Modelo Autoregresivo Distribuido Rezagado	*A largo plazo, la hipótesis CAK no es válida
Taghvaei et al. (2022)	Países de OCDE	1971-2016	Método de Momentos Generalizados	*Hipótesis CAK confirmada *Solo Japón, Suiza y Alemania, gráficamente, están después de la inflexión de la CAK
Alsaedi et al. (2022)	Arabia Saudita	1980-2018	Método de Causalidad e Integración de Granger	*Hipótesis CAK confirmada *Causalidad bidireccional entre PIB y emisiones CO ²
Ortiz-Paniagua y Gómez (2021)	19 países, América Latina	1970-2016	Test de raíz unitaria en panel	*Hipótesis CAK confirmada *Causalidad bidireccional entre PIB y emisiones CO ²

Chu (2021)	118 países	2002-2014	Modelo STIRPAT	*Hipótesis CAK confirmada *Existe relación, en forma de U invertida, entre la complejidad económica y emisiones CO2
Adedoyin et al. (2021)	119 países	1995-2016	Método de Momentos Generalizados	*Hipótesis CAK confirmada
Pinilla-Rivera et al. (2018)	10 países, América Latina	1990-2015	Test de raíz unitaria en panel	*No se ajusta la CAK debido al aumento de las elasticidades del ingreso al largo plazo con respecto al corto plazo.
Catalán (2014)	144 países	1990-2010	Mínimos cuadrados ordinarios, efectos fijos y aleatorios	*Relación emisiones CO2 y PIB, se ajustan a una CAK en forma de N

Fuente: elaboración propia.

La revisión de la literatura sobre degradación ambiental, emisiones de CO² y Curva Ambiental de Kuznets, permite identificar que existen diversas técnicas para comprobar la hipótesis de la CAK. En esta investigación se emplearon datos a nivel estatal en México.

La CAK en economías emergentes

En las economías emergentes, el uso excesivo de la energía es inevitable, debido a la necesidad de crecimiento económico, lo que resulta en dilemas ambientales causados por las emisiones excesivas de dióxido de carbono. Por lo tanto, las economías emergentes se enfrentan a un doble reto para la economía y el medio ambiente: por una parte, tener fuentes de energía limpia para evitar el crecimiento global de las emisiones de GEI; por otra parte, satisfacer las demandas de la población, ya que la mayoría se encuentran en un período crítico de desarrollo económico, enfrentando dificultades como la erradicación de la pobreza, distribución del ingreso y la reestructuración económica (Wang y Jiang, 2019).

En ausencia de cambios drásticos en las políticas para mejorar la compensación entre el crecimiento y el deterioro ambiental, las economías emergentes enfrentarán consecuencias

ambientales cada vez mayores, las cuales eventualmente limitarán el crecimiento. Las sanciones y los controles administrativos son en algunos casos necesarios para evitar la destrucción de recursos esenciales. Sin embargo, una mayor dependencia de impuestos, subsidios y precios adecuados para fomentar la eficiencia en el uso de materias primas y reducir la contaminación resultante tanto de la producción como del consumo lograría mejoras ambientales a un costo mínimo para el crecimiento. El problema político que se tendría que enfrentar para frenar la tendencia de crecimiento de las emisiones de carbono bajo la premisa del desarrollo económico es un gran desafío para las economías emergentes, donde todavía no se alcanza el punto de inflexión en la CAK.

En el caso de Wang y Jang (2020), analizó los países que conforman los BRICS: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, los cuales a pesar de ser países emergentes juegan un papel importante en el escenario del desarrollo mundial y están cambiando el patrón del mundo. En el periodo de 2000 a 2014, la producción económica total de los BRICS en la economía global aumentó del 11.59% en 2000 al 20.36% en 2014. Este rápido crecimiento de la economía causó daños ambientales, especialmente el efecto invernadero causado por las excesivas emisiones de carbono, representando también el 26.80% de las emisiones globales de carbono en 2000 y creciendo para 2014 a 41.41% de las emisiones globales, aunque China superó una cuarta parte de las emisiones de GEI por sí sola.

Por ello, la OCDE considera que los países en desarrollo son la clave para lograr un crecimiento verde global de dos formas principalmente: por una parte, porque tienen impactos económicos y sociales potenciales de degradación ambiental más altos, pues se espera que sigan creciendo a niveles similares una vez recuperados de la pandemia, aunque también son los más vulnerables al cambio climático y tienden a depender más que las economías avanzadas de la explotación de los recursos naturales para el crecimiento económico. Además, muchos países emergentes se enfrentan a graves amenazas económicas, sociales y ecológicas desde la inseguridad energética, alimentaria y del agua hasta el calentamiento global. Estos también enfrentan riesgos de muertes prematuras debido a la contaminación, la mala calidad del agua y las enfermedades asociadas con el cambio climático. Por otra parte, aunque hoy en día la mayoría de los países en desarrollo aportan solo una pequeña parte de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con la OCDE y las principales economías emergentes, aumentarán sus emisiones si siguen patrones de crecimiento económico convencionales. Cada vez más, los países en desarrollo se están convirtiendo en

fuentes de crecimiento económico mundial, emisiones y, con ello, un uso más intensivo de los recursos naturales (OECD, 2012).

Metodología

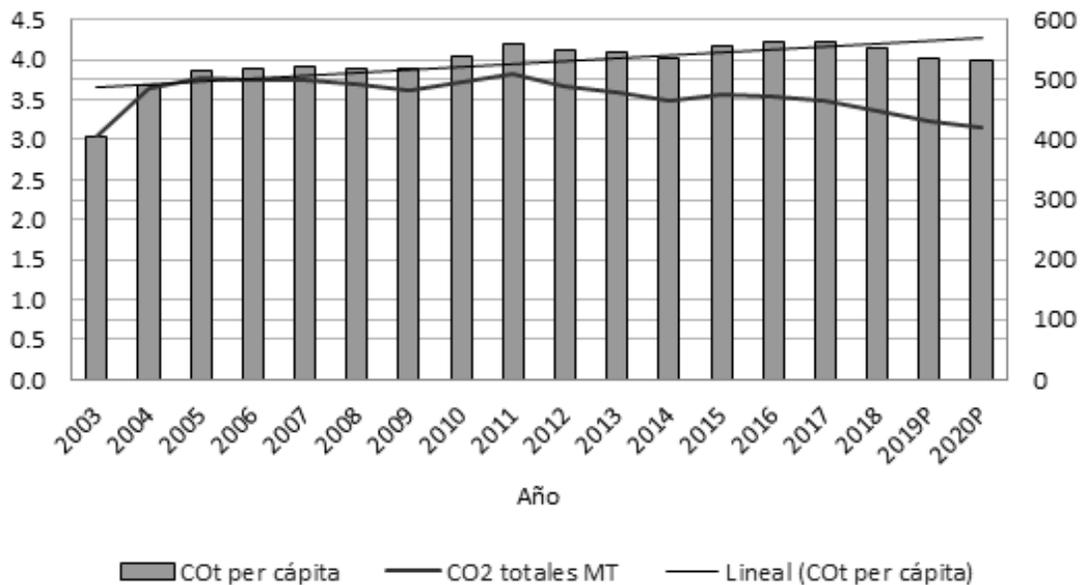
Para lograr los objetivos de este estudio, se utilizaron principalmente modelos econométricos con mínimos cuadrados ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés y MCO, por sus siglas en español), diseñados para dar cuenta de la degradación ambiental causada por las emisiones de dióxido de carbono que proporciona Climatewatch.

Especificación de las variables

Para medir el deterioro ambiental, como variable dependiente, se utilizó principalmente las emisiones de gases de efecto invernadero, específicamente las emisiones de dióxido de carbono de 2003 a 2020, en toneladas per cápita (COt percapita), calculadas para corresponder a la Huella Ecológica, un indicador de impacto ambiental que mide la demanda de recursos y los residuos producidos. Esta se utilizó en lugar de las emisiones de CO² brutas, para evitar el conflicto mencionado por Tarazona (1999): si solo se consideran las emisiones sin normalizarlas por el tamaño de la población, pues esto podría generar medir el efecto de cambios en el tamaño de la población en lugar de reducciones en las emisiones, mostraría una tendencia creciente debido a que en México todavía se está en etapas de crecimiento poblacional moderado. Los datos se obtuvieron de Climatewatchdata promovido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CLIMATEWATHC, 2021).

Gráfica 2

Datos emisiones CO2 totales y CO2 per cápita 2003 a 2020



Fuente: elaboración propia, con base en Climatewatchdata.

De esta forma, se observa que al analizar las emisiones per cápita en los años previos a la pandemia se tenía una tendencia al alza, mientras que a partir de 2019 la tendencia se muestra a la baja.

Como variable independiente se utilizó el PIB en millones de pesos a precios constantes de 2013 para medir los niveles de ingreso en México durante el mismo período de 2003 a 2020; en México también se mide el PIB ajustado ambientalmente, el cual es un indicador que muestra el impacto ambiental de la producción de bienes y servicios, y se obtiene restando los costos de consumo de capital fijo y los costos de agotamiento de los recursos naturales y degradación ambiental del PIB a precios de mercado, pero se decidió usar en millones de pesos para evitar problemas de multicolinealidad, considerando que el PIB ajustado por el medio ambiente representa en promedio el 78.7% del PIB nacional a precios de mercado entre 2003 y 2020, siendo 2007 el año más alto con 80.2% y el más bajo en 2020 es del 75.7%, teniendo la comparación entre PIB nacional y Producto Interno Neto Ajustado, los cuales tienen un coeficiente de correlación de 99.9%.

Además, se usó una variable compuesta para integrar los Gastos de Protección Ambiental (GPA), tales como: Protección del aire-ambiente y clima, Aguas residuales,

Gestión de los residuos, Gastos en protección de agua y suelo, biodiversidad, investigación y desarrollo, Gestión y educación, entre otros, a precios constantes de 2013. Además, se incluyó en la variable compuesta los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) también a precios constantes de 2013, donde dentro del agotamiento se contempla el que generan los hidrocarburos, los recursos forestales y agua subterránea y dentro de la degradación: emisiones de fuentes móviles, emisiones de fuentes área, emisiones de fuentes fijas, contaminación del agua, residuos sólidos y degradación del suelo. De esta manera, existe una variable que contempla tanto los gastos como los costos ambientales, aquí llamada GPACTADA. La fórmula para crear dicha variable fue:

$$GPACTADA = \frac{GPA_t}{CTADA_t}$$

GPACTADA trata de representar la relación entre los gastos en pro del medio ambiente y los costos que genera la degradación ambiental, incluyendo de esta forma que la conexión entre los costos de degradación ambiental y los gastos que se realizan en pro del medio ambiente está más a favor de los costos, teniendo que el año en el que hubo mayores gastos para la protección del medio ambiente de forma comparativa fue en el 2011 y el año en el 2003 fue el menor.

Modelo econométrico

Se utilizó el siguiente modelo MCO para probar cómo el crecimiento económico afecta la degradación ambiental, medida por las emisiones per cápita, y para probar si México se encuentra dentro de la Curva Ambiental de Kuznets, ya que se espera que una economía en crecimiento tenga una correlación positiva, la ecuación del modelo se especificó de la siguiente manera:

$$\hat{COtpercApita}_t = \beta_1 + \beta_2 PIB_t + \beta_3 GPACTADAt + u_t$$

Donde:

$\hat{COtpercApita}$ = Emisiones de dióxido de carbono en toneladas per cápita registradas por año.

PIB= Producto Interno Bruto de México a precios constantes de 2013 por año.

GPACTADA= Relación entre los Gastos en Protección Ambiental y los Costos Totales por Agotamiento y Degradación ambiental de México por año.

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = Representan en qué medida impactan las variables independientes en las emisiones per cápita en México por año.

u_t = Componente de error de la serie de tiempo.

En la presente investigación se espera que para México tanto el PIB como la GPACTADA muestren signos positivos debido a que el costo de la degradación ambiental es mayor que el gasto ambiental, lo que se ve reflejado en una mayor contaminación ambiental y por tanto huella ecológica.

Análisis de resultados

Modelo de degradación ambiental y resultados

El modelo econométrico resultante de correr una regresión considerando a las emisiones per cápita como variable dependiente, así como el PIB y GPACTADA como las variables explicativas para el caso de México en el período 2003-2020 dio significativo tanto individualmente (por los valores t), como globalmente (con un valor de F de 21.91), teniendo una bondad de ajuste del 74.5% (según el valor de R^2 ajustado) que presentó la siguiente especificación:

$$CO_{tpercApita} = 2.79 + 2.49e-08*PIB + 6.50*GPACTADA + u_t$$

Cuadro 2

Modelo MCO de degradación ambiental per cápita

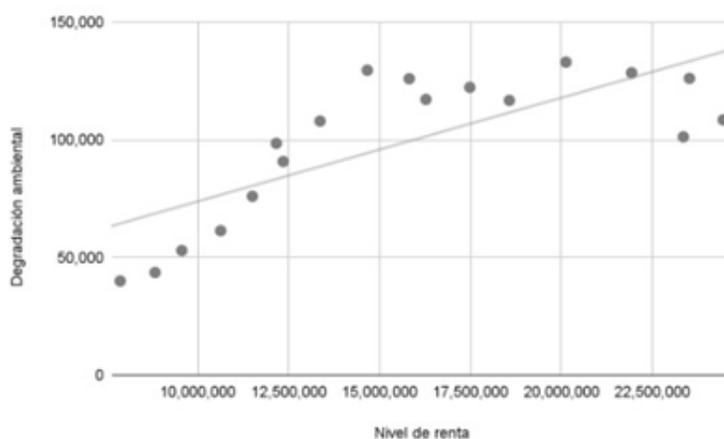
Modelo 1: MCO, usando las observaciones 2003-2020 (T = 18)				
Variable dependiente: COTpercApita				
	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	2.79321	0.186174	15.00	1.94e-010 ***
ProductoInternoB~	2.49246e-08	6.92396e-09	3.600	0.0026 ***
GPACTADA	6.50350	1.49267	4.357	0.0006 ***
Media de la vble. dep.	3.968333	D.T. de la vble. dep.	0.273222	
Suma de cuad. residuos	0.323541	D.T. de la regresión	0.146865	
R-cuadrado	0.745053	R-cuadrado corregido	0.711060	
F(2, 15)	21.91784	Valor p (de F)	0.000035	
Log-verosimilitud	10.62832	Criterio de Akaike	-15.25664	
Criterio de Schwarz	-12.58552	Crit. de Hannan-Quinn	-14.88833	
rho	0.045062	Durbin-Watson	1.349034	

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el Cuadro 2 indican que las emisiones de dióxido de carbono per cápita se ven directamente afectadas por el incremento de la renta, medido a través del PIB. Esta variable tiene un nivel de confianza de 99%, por ello se puede concluir que las emisiones de CO₂ en México reflejan que se está en la primera fase de la Curva Ambiental de Kuznets, por lo que a medida que crece la renta del país es mayor el nivel de contaminación ambiental por persona, de manera gráfica se muestra la relación de ambas variables.

Gráfica 3

Relación renta y degradación ambiental en México

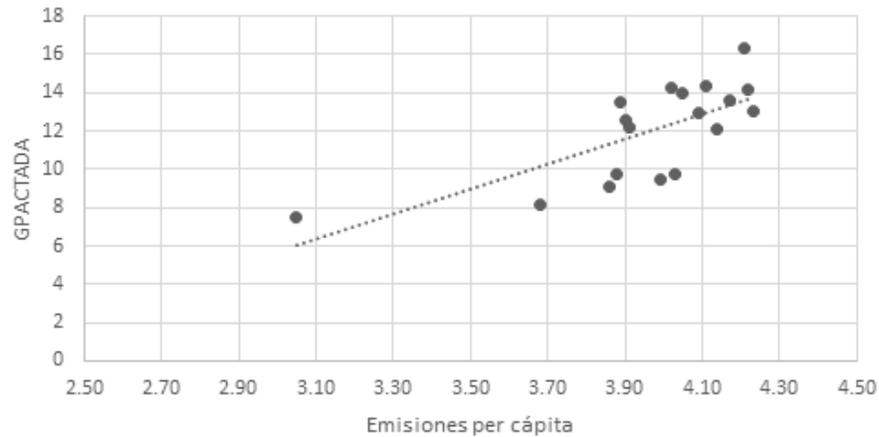


Fuente: elaboración propia, con base en el INEGI (2021).

El coeficiente para la variable GPACTADA presenta también signo positivo indicando que, a mayor relación en los costos de degradación respecto a los gastos en pro del medio ambiente, se tiene un incremento en la degradación ambiental medida en emisiones per cápita, también con un nivel de confianza del 99%.

Gráfica 4

Relación GPACTADA y degradación ambiental en México



Fuente: elaboración propia, con base en el INEGI (2021).

Verificación de hipótesis de modelos MCO

Dentro de los modelos econométricos de Mínimos Cuadrados Ordinarios, es importante que se cumplan algunas hipótesis, como la de no heteroscedasticidad y no autocorrelación. Primero se empezó por hacer la prueba de contraste de heterocedasticidad de White para comprobar si la varianza del término de error es constante, encontrando que no hay problemas de heterocedasticidad y, por lo tanto, se puede asumir que el error particular e individual es diferente en cada observación. Teniendo que la hipótesis nula es que “No hay heterocedasticidad” al encontrar que el estadístico de contraste en la prueba de White fue: $LM = 12.5439$, con valor $p = P(\text{Chi-cuadrado}(5) > 12.5439) = 0.0280487$, se aprueba la H_0 .

Para comprobar que no hay autocorrelación; es decir, el error de una serie de tiempo año tras año, no influirá en la misma medida en el error que se cometerá con otra observación, también es crucial que se cumpla el supuesto de que los términos de perturbación aleatoria son independientes entre sí, para lo que se hizo la prueba de contraste Breusch-Godfrey de

autocorrelación de primer orden, donde de igual manera se encontró que no hay problemas de autocorrelación. En el contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación se tiene la hipótesis nula de que no hay autocorrelación y con un estadístico de contraste: $LMF = 0.0288401$ con valor $p = P(F(1, 14) > 0.0288401) = 0.867578$, se acepta la H_0 .

De esta forma se puede concluir que el modelo OLS que mide la degradación ambiental a través de las emisiones per cápita, respecto a la renta y la variable GPACTADA para el caso de México de 2003 a 2020, es una buena representación al minimizar el cuadrado de los errores, y se sostiene que México tiene una economía acoplada entre su crecimiento económico y la degradación ambiental per cápita, por lo que prácticamente se tiene que las emisiones crecieron todo el tiempo que creció el PIB, cumpliéndose la premisa de la Curva Ambiental de Kuznets.

La desaceleración del crecimiento del PIB en México, en los dos siguientes años al período de análisis, en el modelo utilizado evidenció que todavía se espera una reducción también de las emisiones per cápita, pues el PIB ha crecido a menos de un 1% ponderado, pero este sigue teniendo una tendencia creciente con una correlación con el tiempo muy alta. Situándose en la etapa de la CAK de las economías emergentes, en la que todavía se espera alcanzar el punto en que la tecnología, industrialización, composición de la producción y regulaciones encaminen a un crecimiento con menor impacto en el medio ambiente.

Implicaciones de política pública

En México, el acoplamiento a las emisiones es comprometedor porque acordó tomar acciones ambiciosas para la mitigación de emisiones y la adaptación al cambio climático en el Acuerdo de París, comprometiéndose a ayudar a no aumentar la temperatura global en 2°C. El país tiene como meta la reducción no condicionada del 22% de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2030, lo que significa una reducción de alrededor de 210 megatoneladas de GEI (Cambio climático, 2021), siendo esta una situación retardadora por el acoplamiento entre sus emisiones per cápita y su crecimiento económicos, pues aunque el crecimiento económico en México es moderado con tasas menores al 2%, las emisiones tienen una tendencia similar creciente cercana al 1%, teniendo que uno de los focos de atención es en las ciudades.

El Acuerdo de París solicita a los países entregar nuevas contribuciones determinadas a nivel nacional cada cinco años que estén informadas por los últimos avances en tecnología,

ciencia y tendencias económicas cambiantes. En el caso de México, se han establecido políticas y acciones fortalecidas o añadidas, se ha cumplido con una adaptación reforzada, y se ha acatado en proporcionar información adicional que ha solicitado la Organización de las Naciones Unidas, aun así no se ha conseguido reducir las emisiones de GEI, y no se ha dado un objetivo de GEI reforzado ni un objetivo sectorial reforzado (CLIMATEWATCH, 2022).

Para el gobierno mexicano es necesario aplicar un objetivo de mitigación sectorial para el sector energético que este respaldado por acciones creíbles, que lleve a reducir las emisiones de GEI lo más cerca posible de cero, considerando que las emisiones restantes son reabsorbidas de la atmósfera de forma natural, por ejemplo, por los océanos y los bosques. Un buen acercamiento para alcanzar este objetivo sería reemplazar las energías contaminantes como: el carbón, el gas y el petróleo; con energía de fuentes renovables, como la eólica o la solar, ya que esto reduciría drásticamente las emisiones de carbono en México, siendo importante que se aborde desde la reforma energética como una prioridad. También sería importante implementar programas para el uso de desperdicios pues los gastos en pro del medio ambiente son muy reducidos en este sector, y en el período analizado tuvieron un crecimiento de 128%.

Este fenómeno de una economía acoplada con su deterioro ambiental no es único de México como país emergente, también se presenta en varios países que actualmente cuentan con un vertiginoso crecimiento como: Corea del Sur (Huh, 2020), China, India y Sudáfrica (Wang y Jiang, 2019), siendo este un problema a nivel mundial, con el cual es prioritario trabajar para poder hacer frente a las necesidades del planeta, como se acordó en la COP 21 en París.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

En este artículo se logró determinar que la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental fue positiva en México durante el período 2003 a 2020, evidenciando que en el país todavía existe una correlación directa entre la huella ecológica de los mexicanos y el crecimiento del PIB, lo que coincide con la primera parte de la Curva Ambiental de Kuznets, pues cuando crece el ingreso, aumenta la degradación ambiental, pero en el país no se ha llegado al punto de inflexión de la U invertida en la que esta empieza a declinar, lo que

se considera debe pasar en las economías avanzadas o en las etapas de post-industrialización, donde a mayor crecimiento económico también hay mejoramiento ambiental, debido a que se invierte más en la protección del medio ambiente y las personas al tener un mayor ingreso pueden tomar decisiones más enfocadas en la disminución de la huella ecológica.

Una de las causas que se vislumbra es el escaso crecimiento económico del país en el período analizado, siendo muy similar al crecimiento poblacional y teniendo una gran contracción a principios de la pandemia, sin permitir la redistribución del ingreso y mejor calidad de vida. Aunado a un escaso gasto en protección del medio ambiente en comparación con los gastos que la misma contaminación genera.

De esta forma se descarta que en el caso de México (2003 a 2020) no afecte de forma negativa al medio ambiente el crecimiento económico, por lo cual se considera que en el país no se ha dado ese cambio tecnológico que argumentaba Godínez et al. (2021). Una forma en la que en el país se podría disminuir considerablemente sus emisiones es a través de la modernización del sistema energético, debido a que 69.31% de las emisiones de CO² provienen de este sector, siendo el carbón una de las principales fuentes de contaminación a la cual se tienen que buscar alternativas limpias, por lo que la reforma energética debe tomar en mayor consideración la cuota de generación de electricidad por energías renovables.

México ha realizado varios esfuerzos para disminuir la degradación ambiental, a través de distintos programas como: la acción climática, la revegetación campo y ciudad, el rescate de ríos y cuerpos de aguas, basura cero, la movilidad integrada y sustentable, calidad del aire y ciudad solar (SEDEMA, 2021). Sin embargo, estos no han conseguido reducir las emisiones per cápita o las emisiones totales de forma sostenida, de ahí la importancia de que las políticas económicas deben ser más enfáticas en alentar un crecimiento más equilibrado con el medio ambiente, pues, aunque varias regiones de América latina ya están teniendo tasas de crecimiento de emisiones a la baja México solo consiguió una disminución significativa el 2020, año de gran contracción económica por la pandemia COVID-19. Observando a su vez que el Gasto en Protección Ambiental no está como una prioridad en la agenda de gobierno puesto que en los últimos 10 años no ha conseguido aumentar ni un 5% en total, lo cual es muy bajo comparado con los costos que está generando la degradación ambiental (10%).

Es prioritario que el gobierno comprometa a los diferentes sectores a incorporar acciones, para reducir la huella ecológica. Esto incluye establecer objetivos de reducción y regulaciones estrictas, aplicar impuestos al carbono o sistemas de comercio de emisiones,

ofrecer incentivos y subsidios para adoptar tecnologías limpias, establecer estándares de eficiencia energética, promover la innovación tecnológica, fomentar la movilidad sostenible y el transporte público, así como asegurar el cumplimiento de las regulaciones con sanciones para las empresas que no las respeten.

En México, el reto de desacoplar el PIB de las emisiones para poder cumplir con las obligaciones del Acuerdo de París para el año 2030 y lograr la reducción de las 210 megatoneladas de emisiones de gases de efecto invernadero, si no se trabaja directamente en energías limpias puede ser imposible, eximiendo también uno de los factores principales para lograr el desarrollo de una nación, que es la preservación de la calidad ambiental (Olabe et al., 2016). Es importante recordar que la razón por la que todos los países deben contribuir al Acuerdo de París es para limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C y evitar llegar a un punto sin retorno, por los riesgos sistémicos del calentamiento global.

Recomendaciones

En estudios futuros se recomienda producir información estatal y municipal, así como introducir la renta per cápita a precios constantes, para tener una visión del crecimiento económico normalizado. También es importante generar bases históricas para México, esto para tener estadísticas más representativas y poder realizar análisis con datos de panel, que permita medir efectos regionales, así como promover proyectos gubernamentales que bajen recursos para la inversión en el medio ambiente que tengan mayor impacto.

Es recomendable considerar la elaboración de escenarios Business as usual para determinar qué tan lejos está México actualmente de los objetivos en el Acuerdo de París fijados para el 2030. Además, se sugiere analizar los impactos que puede tener la reforma energética en las emisiones de dióxido de carbono al no considerar como prioritario transitar hacia las energías renovables y eliminar el uso del carbón.

Referencias

Abid, M. (2015). The Close Relationship between Informal Economic Growth and Carbon Emissions in Tunisia since 1980: The (Ir)relevance of Structural Breaks. *Sustainable Cities and Society*, 15, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.11.001>

- Adedoyin, F. F., Nwulu, N. y Bekun, F. V. (2021). Environmental degradation, energy consumption and sustainable development: accounting for the role of economic complexities with evidence from World Bank income clusters. *Business Strategy and the Environment*, 30(5), 2727-2740. <https://doi.org/10.1002/bse.2774>
- Aguilera, F. y Alcántara, V. (1994). *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Icaria-Fuhem.
- Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H.-Z. y Hashmi, M. Z. (2017). Modelling the CO² Emissions and Economic Growth in Croatia: Is There Any Environmental Kuznets Curve? *Energy*, 123, 164-172. <https://10.1016/j.energy.2016.12.106>
- Alsaedi, M. A., Abnisa, F., Alaba, P. A., & Farouk, H. U. (2022). Investigating the relevance of Environmental Kuznets curve hypothesis in Saudi Arabia: towards energy efficiency and minimal carbon dioxide emission. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(4), 1285-1300. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02244-3>
- Cambio Climático (2021). *Contribuciones previstas y determinadas (INDC)*. <https://cambioclimatico.gob.mx/contribuciones-previstas-y-determinadas-indc/> [Consultado el 25 de mayo de 2022].
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19-37. [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(14\)72172-3](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(14)72172-3)
- Cetin, M. A., Bakirtas, I. y Yildiz, N. (2022). Does agriculture-induced environmental Kuznets curve exist in developing countries? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 34019-34037.
- Chu, L. K. (2021). Estructura económica e hipótesis de la curva de Kuznets ambiental: nueva evidencia de la complejidad económica. *Applied Economics Letters*, 28(7), 612–616. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1767280>
- CLIMATEWATCH (2022). *Mexico. Historical GHG Emissions*. https://www.climatewatchdata.org/countries/MEX?calculation=PER_CAPITA&end_year=2019&start_year=1990 [Consultado el 05 de octubre de 2023].
- De Oliveira, E. (2017). Economía verde, economía ecológica e economía ambiental: uma revisão. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 13(6). <https://doi.org/10.22292/mas.v13i6.751>

- Fang, D., Hao, P., Wang, Z. y Hao, J. (2019). Analysis of the Influence Mechanism of CO₂ Emissions and Verification of the Environmental Kuznets Curve in China. *Ijerph*, 16(6), 944. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060944>
- Gill, A. R., Viswanathan, K. K. y Hassan, S. (2018). The Environmental Kuznets Curve (EKC) and the environmental problem of the day. *Renewable and sustainable energy reviews*, 81, 1636-1642. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.247>
- Godínez Montoya, L., Figueroa Hernández, E. y Pérez Soto, F. (2021). El medio ambiente, la pobreza y el crecimiento económico en México. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 16(2).
- Grossman, G. M. y Krueger, A. B. (1995). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. En P. Garber (Ed.). *The U. S. Mexico free trade agreement* (pp. 72-75). MIT Press. <https://doi.org/10.3386/w3914>.
- Guillen, A., Badii, M. H., Garza, F. y Acuña, M. (2015). Descripción y Uso de Indicadores de Crecimiento Económico. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 10(1).
- Huh, T. (2020). Comparative and Relational Trajectory of Economic Growth and Greenhouse Gas Emission: Coupled or Decoupled? *Energies*, 13(10), 2550.
- INEGI (2021). *Ecológicas*. https://www.inegi.org.mx/temas/ee/#Informacion_general [Consultado el 17 de mayo de 2022].
- Kan, S., Chen, B. y Chen, G. (2019). Worldwide energy use across global supply chains: decoupled from economic growth? *Applied energy*, 250, 1235-1245. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.104>
- Khan, A. M., Basit, A., Khan, U. y Khan, M. K. (2022). The Progressive Correlation Between Carbon Emission, Economic Growth, Energy Use, and Oil Consumption by the Most Prominent Contributors to Travel and Tourism GDPs. *Frontiers in Environmental Science*, 1023. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.945648>
- Li, X., Yan, X., An, Q., Chen, K. y Shen, Z. (2016). The coordination between China's economic growth and environmental emission from the Environmental Kuznets Curve viewpoint. *Natural Hazards*, 83, 233-252. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2314-0>

- Lv, Z., Chu, A. M., McAleer, M. y Wong, W.-K. (2019). Modelling Economic Growth, Carbon Emissions, and Fossil Fuel Consumption in China: Cointegration and Multivariate Causality. *Ijerph*, 16(21), 4176. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214176>
- Massagony, A. y Budiono (2022). Is the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis valid on CO2 emissions in Indonesia? *International Journal of Environmental Studies*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2029097>
- Nawapanan, E., Kongboon, R. y Sampattagul, S. (2022). Green GDP Indicator with Application to Life Cycle of Sugar Industry in Thailand. *Sustainability*, 14(2), 918. <https://doi.org/10.3390/su14020918>
- OECD (2012). *Green Growth and Developing Countries: A Summary for Policy Makers*. The Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Olabe, A., González-Eguino, M. y Ribera, T. (2016). *El Acuerdo de París y el fin de la era del carbón*. Real Instituto Elcano.
- ONU (2021). *El Acuerdo de París*. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>. [Consultado el 26 de mayo de 2022].
- Ortiz-Paniagua, C. F. y Gómez, M. (2021). Crecimiento económico y calidad ambiental en América Latina, perspectiva desde Kuznets, 1970-2016. *Economía: teoría y práctica*, (55), 17-36. <http://dx.doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/552021/Ortiz>
- Pinilla-Rivera, M., Díaz-Rodríguez, C. y Sánchez-Buendía, E. E. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO2 en América Latina, 1990-2015. *Semestre Económico*, 21(49), 41-55.
- SEDEMA (2021). *Presenta Gobierno de la Ciudad de México avances del Programa Ambiental y Cambio Climático 2019-2024*. Secretaría del Medio Ambiente.
- Taghvaei, V. M., Nodehi, M. y Saboori, B. (2022). Economic complexity and CO2 emissions in OECD countries: sector-wise Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21491-5>
- Tarazona, M. (1999). El cambio climático en el desarrollo económico: Revisión de la hipótesis de Kuznets. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (43), 173-224.
- Ullah, I., Rehman, A., Svobodova, L., Akbar, A., Shah, M. H., Zeeshan, M. y Rehman, M. A. (2022). Investigating Relationships Between Tourism, Economic Growth, and CO2

- Emissions in Brazil: An Application of the Nonlinear ARDL Approach. *Frontiers in Environmental Science*, 52. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.843906>
- Vadén, T., Lähde, V., Majava, A., Järvensivu, P., Toivanen, T., Hakala, E. y Eronen, J. (2020). Decoupling for ecological sustainability: A categorization and review of research literature. *Environmental Science & Policy*, 112, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.016>
- Vásquez Sánchez, E. y García Rendón, J. J. (2003). Calidad ambiental y su relación con el crecimiento económico en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Ecos de Economía: A Latin American journal of applied economics*, 7(16), 27-48.
- Velázquez, F. (2005). *25 preguntas sobre el cambio climático*. Libertarias.
- Wang, Q. y Jiang, R. (2019). Is China's economic growth decoupled from carbon emissions? *Journal of Cleaner Production*, 225, 1194-1208. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.301>
- _____ (2020). Is carbon emission growth decoupled from economic growth in emerging countries? New insights from labor and investment effects. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119,188. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119188>
- Yang, G., Sun, T., Wang, J. y Li, X. (2015). Modeling the Nexus between Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth. *Energy Policy*, 86, 104-117. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.031>
- Zilio, M. I. (2012). Curva de Kuznets ambiental: La validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de economía*, 35 (97), 43-54.