



CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN MÉXICO 1960-2016

Georgina Jatzire Arévalo Pacheco¹

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Georgina Jatzire Arévalo Pacheco (2017): "Curva ambiental de Kuznets en México 1960-2016", (agosto 2017). En línea:

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2017/curva-kuznets-mexico.html>

Resumen

La curva ambiental de Kuznets lleva implícita una U invertida, que muestra gráficamente la evolución de una economía, la cual pasa de usar intensivamente recursos naturales provocando altas tasas de contaminación hasta llegar a un punto de crecimiento donde la contaminación se detiene y comienza a disminuir paulatinamente. La U invertida es conocida como la Curva Ambiental de Kuznets (CKA). El objetivo de este trabajo es determinar la relación existente entre las variables y comprobar la curva ambiental para México de 1960-2016. Determinando el tipo de relación existente entre las variables y por medio de la implementación de la correlación de mínimo cuadrados ordinarios (mco) donde la variable dependiente es la contaminación por dióxido de carbono (CO₂) y las variables independientes son el PIB *per cápita* y PIB *per cápita* al cuadrado. Los resultados estadísticos del presente estudio permitieron confirmar para México la relación hipotética planteada por la CAK.

Abstract

The Kuznets environmental curve implies an inverted U, which graphically shows the evolution of an economy, which goes from the intensive use of natural resources, causing high pollution rates to reach a point of growth where pollution stops and begins to gradually decrease. The inverted U is known as the Kuznets Environmental Curve (CKA). The objective of this work is to determine the relationship between the variables and to verify the environmental curve for Mexico of 1960-2016. Determining the type of relationship between the variables and by means of the implementation of ordinary least square correlation (mco) where the dependent variable is carbon dioxide pollution and the independent variables were GDP per capita and GDP per capita at square. The statistical results of the present study allowed to confirm for Mexico the hypothetical relationship proposed by CAK.

Palabras claves: curva ambiental de Kuznets, dióxido de carbono, PIB per cápita.

Keywords: environmental curve of Kuznets, carbon dioxide, GDP per capita.

Journal of Economic Literature (JEL): Q51, Q53, Q56.

¹ Licenciada en Economía y Maestra en Ciencias. Profesora de la Escuela Nacional Estudios Superiores UNAM-campus Morelia. Email: rosal_5841@hotmail.com

1. Introducción

La curva ambiental de Kuznets analiza el crecimiento de un país en el que se muestra en una primera fase el uso intensivo de recursos naturales hasta llegar a un punto donde el crecimiento es óptimo y los excedentes se invierten en investigación y desarrollo para promover innovaciones tecnológicas que disminuyan el uso de los recursos naturales. Así la curva ambiental pasa de uso intensivo de recursos naturales a la búsqueda de la calidad y protección ambiental.

Para identificar la relación de las variables se implementa la correlación, la cual indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Las variables identificadas para analizar la curva ambiental son el dióxido de carbono y el PIB² per cápita. La primera variable, el dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, inodoro y vital para la vida en la Tierra. Este compuesto químico se encuentra en la naturaleza y está compuesto de un átomo de carbono unido con sendos enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno. El dióxido de carbono es un importante gas de efecto invernadero, la quema de combustibles de carbono desde la Revolución Industrial ha aumentado rápidamente su concentración en la atmósfera, lo que ha llevado a un calentamiento global. La segunda variable el PIB per cápita es la suma de todos los bienes y servicios finales producidos por un país en un año, dividido por la población estimada del mismo año.

Por lo tanto el objetivo es determinar la relación existente entre las variables y comprobar la curva ambiental para México de 1960-2016 y determinando el tipo de relación existente entre las variables y por medio de la implementación de la correlación de mínimos cuadrados ordinarios (mco) se podrá determinar si la curva ambiental de Kuznets se comprueba para México. El artículo se divide en: la relación entre la economía, desarrollo y calidad ambiental, la curva ambiental Kuznets, literatura de la curva ambiental de Kuznets, método, resultados y conclusiones.

2. Relación entre la economía, desarrollo y calidad ambiental

La relación entre economía y ambiente se expresan por análisis de Thomas Malthus, John Stuart Mill y Stanley Jevons, pero hasta la década de los setenta del siglo XX se desarrollan investigaciones como los límites del crecimiento por Meadows, donde se pone en énfasis la relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente con un enfoque holístico. La mayor parte de los modelos de crecimiento económico que consideran las limitaciones de los recursos naturales y del medio ambiente consisten en el impacto ambiental con una medida de la renta per cápita. Estos modelos cuestionan si existe una relación funcional entre la renta y la degradación ambiental (Alfranca, 2007). El énfasis económico en el ambiente surge en paralelo con los problemas que denotaron en la década de los 80 del siglo XX como son: la contaminación de los océanos, la destrucción de los bosques, la escasez de agua potable, capa de ozono y el cambio climático.

Así el ambiente es central en los procesos económicos, lo cual dejó de relieve el Club de Roma con su obra emblemática Los límites del crecimiento o Informe Meadows. En los años siguientes se desarrollan conceptos que integran aspectos ambientales, económicos y sociales, como el ecodesarrollo expuesto por Sachs o el crecimiento intensivo Rízhkov. La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de Naciones Unidas (CMMAD, 1988) presentó en 1987 el Informe titulado "Nuestro Futuro Común", más conocido como Informe Brundtland, donde se expone por primera vez el concepto de desarrollo sustentable definido como: *"es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"* (Bermejo, et al., 2010).

² Producto Interno Bruto (PIB) es una variable macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país (o región) durante un período determinado de tiempo (anual).

La relación economía y ambiente nunca antes había sido tan analizada como en los años noventa del siglo XX, por las consecuencias del modelo económico y el manejo de los recursos naturales (Campo y Wilmer, 2013). En un primer momento incluso el comercio internacional presenta ventajas³ en el tiempo por las transacciones de innovaciones, recursos humanos y tecnología capaz de aumentar el crecimiento económico. Así las tecnologías ambientales diseñadas en países desarrollados ingresan en países en vías de desarrollo por mecanismos comerciales o inversiones empresariales como la apertura de fábricas (Gitli y Hernández, 2002), (Iglesias, et al. 2009).

Por lo tanto, se considera que una economía es sostenible cuando la relación ahorro-renta es mayor que la suma de coeficientes de depreciación del capital manufacturado y el capital natural⁴ (Martínez-Alier, 1995). Donde el desarrollo sustentable centra la atención en la justicia intergeneracional con respecto al uso de los recursos limitados (Alfranca, 2007). Así las reservas de capital natural superan las necesidades, las generaciones actuales y futuras podrían aumentar su consumo y el uso de recursos naturales o a la inversa.

Aunque a pesar de ponerse en marcha proyectos sustentables el modelo productivo actual persiste ser la principal razón de los problemas ambientales (Iglesias, et al. 2009), (Bermejo, et al. 2010). El impacto se produce a través de cuatro mecanismos básicos (Recio, 2008).

- Empleo de recursos naturales no reproducibles y presentes en cantidades fijas.
- Alteración de los ciclos biológicos de las especies naturales.
- Creación de productos que dañan al ecosistema.
- Alteración de los espacios.

Habitualmente la teoría del crecimiento endógeno es más adecuada para tratar los problemas relacionados con el medio ambiente y el desarrollo sustentable, porque se presenta a las innovaciones ligadas al proceso productivo (Bermejo, et al. 2010), (Zilio, 2012). En concreto, resulta crucial para la sostenibilidad de los recursos naturales que la tecnología destinada a la producción de conocimiento es generalmente más limpia que la tecnología destinada a la producción de capital físico (Alfranca, 2007).

Así los enfoques de la economía ambiental y ecológica son parte de la respuesta en el ámbito económico para resolver los problemas derivados al ambiente. Es necesario ponderar los planes de crecimiento económico atendiendo al consumo de recursos y energía, los impactos ecológicos, los balances entre esos consumos y la generación de empleo, y la calidad de vida (Correa, 2004), (Capó, 2009). Por lo cual, la calidad ambiental se puede representar como un bien normal por lo que su demanda aumenta al elevarse el ingreso per cápita, lo que conlleva un cambio en la estructura de preferencias de la demanda en favor de los bienes que generan un menor impacto en el medio ambiente derivando regulaciones ambientales estrictas (Horacio, 2014), (Díaz-Vázquez, et al. 2010).

3. Curva ambiental Kuznets

En el análisis del desarrollo económico el ingreso es determinante para la equidad de una población y su relación con el ambiente (Cantos y Balsalobre, 2011), (Bermejo, et al., 2010), (Díaz, 2007). Desde el enfoque de la curva ambiental de Kuznets los mayores niveles de desarrollo implican un cambio en la estructura de la economía evolucionando hacia la producción de industria y servicios basadas en procesos de producción amigables con el medio ambiente (tecnologías

³ Una de las desventajas es que el intercambio comercial puede generar presión ambiental, y que las empresas de países desarrollados no generen las inversiones necesarias para la protección del país receptor (Gitli, y Hernández, 2002), (Alfranca, 2007).

⁴ Se entiende por capital natural: hace referencia a los recursos naturales vistos como medios de producción de bienes y servicios ecosistémicos. El capital natural constituye una forma de estimación del valor de un ecosistema, una alternativa a la visión más tradicional según la cual la naturaleza y la vida no humana constituyen recursos naturales pasivos sin producción propia. Se equipara así el capital natural al capital productivo.

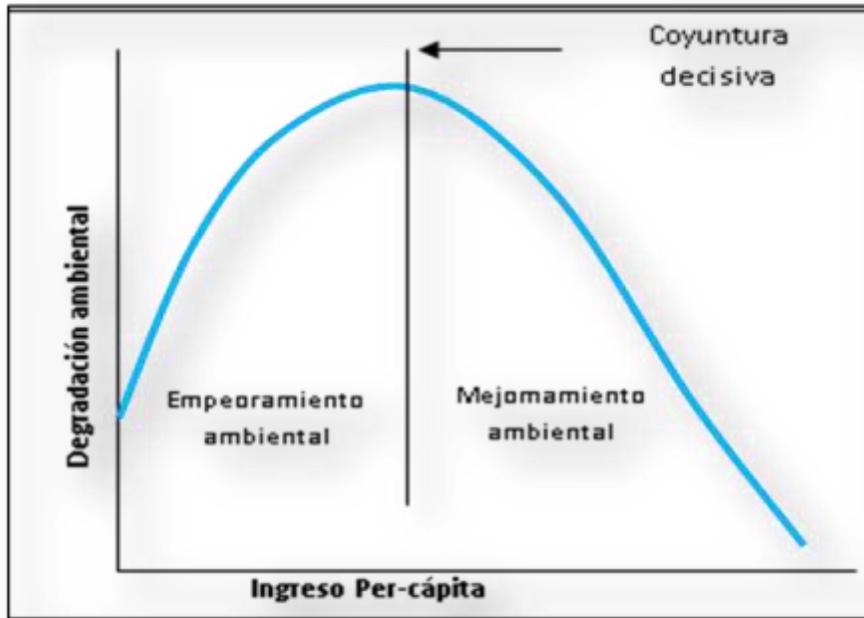
limpias) más eficientes. Así el cuidado ambiental estaría relacionado directamente con el desarrollo económico y de esta manera reducir de manera importante el deterioro del medio ambiente (Grossman y Krueger, 1995 citado por Horacio, 2014).

Después de la segunda guerra mundial las reactivaciones de las economías europeas demostraron al generar nuevas zonas industriales, la contaminación, el crecimiento económico y el ingreso aumentaron, presentándose la relación de la Curva Ambiental de Kuznets. En los años setentas, las naciones que se recuperaron económicamente de la segunda guerra mundial presentaron problemas ambientales como la lluvia acida o la contaminación de contaminantes en zonas urbanas, por tal razón los gobiernos y los ciudadanos enfatizaron en el cuidado del medio ambiente limpio (Deacon & Norman, 2004 citado por Cantos y Balsalobre, 2011). Este patrón es conocido como la Curva de Ambiental Kuznets (CAK), una curva en forma de U invertida donde se presenta una relación entre el crecimiento productivo y el uso del medio ambiente (Capó, 2008).

La relación de una U invertida entre la contaminación y el ingreso determina una explicación de la influencia de los cambios de la calidad ambiental cuando un país entra en la transición de pobreza a un desarrollo industrial (Deacon & Norman, 2004 citado por Cantos y Balsalobre, 2011), (Recio, 2008). Las bases del análisis de la CAK implican que conforme el ingreso aumenta, la contaminación por unidad de producción tenderá inicialmente a aumentar, no obstante, si el crecimiento del ingreso es permanente la contaminación tiende a disminuir (Horacio, 2014), (Recio, 2008), (Capó, 2008), (Cantos y Balsalobre, 2011), (Bermejo, et al., 2010), (Díaz, 2007).

La lógica económica de la CKA considera que una sociedad poco desarrollada tiende a industrializarse con costos sociales muy altos, durante la primera etapa de la industrialización, la contaminación del ambiente aumenta porque las personas están más interesadas en conseguir trabajos y obtener un ingreso en lugar de aire limpio y agua pura y por ende, el marco regulatorio quedo en segundo término. Conforme el ingreso empieza a aumentar, las industrias líderes suelen adquirir nuevas tecnologías, los individuos van valorando más al ambiente y las instituciones regulatorias comienzan a incluir el cuidado del medio ambiente en su agenda. Cuando estas circunstancias se cumplen, la contaminación tiende a disminuir (Dasgupta, Laplante, Wang, & Wheeler, 2002 citado por Cantos y Balsalobre, 2011), (Alfranca, 2007) (Navarrete, et al. 2009), (Cantos y Balsalobre, 2011) (Gudynas, 1999) gráficamente la CAK se expresa como la figura1.

Figura 1. Curva ambiental de Kuznets



Fuente: (Cantos y Balsalobre, 2011).

Así la curva ejemplifica el desarrollo de una economía a través del tiempo. En una primera fase, es una economía basada en el sector agrícola con un fuerte impacto en la calidad del medio ambiente; en una segunda fase se desarrolla la industria, que si bien se genera un mayor nivel de riqueza tiene como consecuencia un mayor deterioro en la calidad del medio ambiente. Después de un punto de inflexión, la economía sustenta su crecimiento en tecnologías eficientes y más limpias, principalmente en el sector servicios. Bajo este análisis de la curva supondría que los países en desarrollo se ubican en la pendiente positiva de la curva, donde sus acciones y políticas en favor del crecimiento crean un deterioro ambiente, pero al llegar a un estado mayor de desarrollo (coyuntura decisiva) implementan políticas para mejorar la calidad ambiente y de forma eventual la degradación comienza a disminuir, así el crecimiento económico es la objetivo principal para salir de los problemas ambientales (Horacio, 2014), (Cantos y Balsalobre, 2011), (Alfranca, 2007) (Navarrete, et al. 2009), (Gudynas, 1999).

Así la CAK desde Grossman y Krueger (1991) al analizar las primeras investigaciones entre contaminantes y desarrollo económico, muchos estudios han alimentado la literatura empírica sobre este tema (Ekins, 1997, Ansuategi et al. 1997, Stern 1997, y Panayotou, 2003 citado por Bermejo, et al., 2010). Los múltiples estudios de la CAK han obtenido al analizar el patrón descrito por la relación entre la contaminación atmosférica y la renta (Antweiler et al., 2001; Bradford et al., 2000; Cole et al., 1997; Grossman, 1995; Holtz-Eakin y Selden, 1995; Panayotou, 1993; Selden y Song, 1994; y Shafik, 1994 citados por (Capó, 2008) y (Bermejo, et al., 2010).

Uno de los factores del análisis de la CKA es la elasticidad-renta de la demanda ambiental, así al alcanzarse un nivel de renta límite, se produciría un cambio en las preferencias de los consumidores de forma que al aumentar la renta los individuos estarían dispuestos a gastar una mayor proporción de recursos en calidad ambiental, como si se tratase de un bien de lujo (Capó, 2008), (Bermejo, et al., 2010). Este comportamiento se reflejaría en patrones de consumo más sostenibles o verdes y, por otro lado, abriría mayor creación y puesta en marcha de políticas ambientales.

Por su parte, el progreso tecnológico vinculado al crecimiento económico de un país se destina los excedentes a la inversión en investigación, innovación y desarrollo para impulsar la creación de

tecnologías limpias, seguido de una responsabilidad empresarial en sus procesos productivos y cadena de vida de los productos. Vinculado al fortalecimiento institucional para disminuir las externalidades negativas ambientales y control de las fallas de mercado. Esta situación se rige por la escasez de recursos naturales de la primera fase de la curva, que provoca un uso intensivo de recursos naturales aumentando sus escases y aumentando su precio, mientras que en la segunda instancia el uso de las tecnologías disminuye el uso intensivo en los recursos naturales (Capó, 2008).

3.1. Literatura de la curva ambiental de Kuznets

El debate teórico y empírico sobre la relación existente entre crecimiento económico y daño ambiental ha sido objeto de múltiples estudios (Díaz-Vázquez y Cancelo, 2009). La CAK ha sido aplicada al análisis del comercio internacional en relación a las regulaciones de política ambiental entre los países y sus ventajas. Analizando algunas de las investigaciones que implementan la curva son las siguientes:

Cuadro 1. Estudios relevantes de la curva ambiental de Kuznets			
Autor	Objetivo	Variables	Resultados
Selden Y Song (1994)	Estudian la existencia de la curva para los contaminantes del aire. Retoman las variables utilizadas por Grossman y Krueger (1992),	Análisis de Grossman y Krueger más el Óxido de Nitrógeno (NOX) y el Monóxido de Carbono (CO).	Encuentran que existe una relación en forma de U invertida entre las emisiones de los cuatro contaminantes estudiados, y el PIB per cápita. Encuentran umbrales o de quiebre para SPM y SO2 exceden los \$8000 dólares, caso que en estudio de Grossman y Krueger eran inferiores a \$5.000 dólares (a pesos de 1985).
Grossman y Krueger (1995)	Contaminación del aire y del agua.	Aire: Dióxido de Carbono (CO2) y el Total de Partículas Suspendidas (TPS). Agua: Uno es la cantidad de oxígeno que hay en el agua., segundo es la calidad del agua y tercero son los metales pesados.	Encuentran que el Dióxido de Sulfuro (SO2) y el humo muestran una relación en forma de U invertida. Se estimó la pendiente de la relación entre la contaminación y el ingreso per cápita entre \$10.000 y \$12.000 dólares. En el caso de los contaminantes del agua se encontró nuevamente la existencia de la curva en forma de U invertida. Las emisiones de contaminantes del agua alcanzan su punto umbral alrededor de un valor mínimo de \$7.500 dólares para el primer variable, para la segunda es de \$8.000 dólares; y la tercera variables es de \$4900 dólares.
Marcela Tarazona (1999)	Contaminación del aire	CO2, PIB, toneladas métricas de CO2 per cápita	Se clasifican los rangos de ingreso en cuatro categorías que va de lo alto (\$9652) rango bajo (\$785) dólares. Se comprueba la curva de Kuznets.
Alejandra Saravia (2002)	Contaminación del aire para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay, Venezuela, Costa Rica y México. de 1980 a 1997	PIB real per cápita, coeficiente de GINI, CO2	A una mayor (menor) desigualdad en la distribución del ingreso permitirá reducir (incrementar) el nivel de emisiones. Donde la desigualdad en la distribución del ingreso es dañina para el medio ambiente.
Edison Vásquez Sánchez y Jhon Jairo García Rendón (2001)	Calidad ambiental y su relación con el crecimiento económico.	PIB, PIB per cápita, número de profesionales graduados anualmente como variable de tecnología.	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.

Cuadro 1. Estudios relevantes de la curva ambiental de Kuznets			
Autor	Objetivo	Variables	Resultados
Kenneth Arrow et al. (1995).	Calidad ambiental	CO2	Se encuentra la U invertida

Fuente: elaboración propia a partir del Correa, 2007.

En el cuadro 1 se muestra como la curva ambiental demuestra cómo algunos casos de estudio validan la curva ambiental y desagregan los costos económicos. En el cuadro solo se muestran algunos de los estudios más relevantes de la curva ambiental aunque las investigaciones son bastantes en el mundo, justamente por la necesidad de contar con información para promover un desarrollo sustentable (Dasgupta, et al., 2002) (Copeland y Tayos, 1994).

Correa et al., (2007) explora la validez de la hipótesis de la Curva Medio Ambiental de Kuznets para Colombia, analizando el impacto que variables como la distribución del ingreso, los derechos civiles y las libertades políticas y la densidad de población generan sobre el medio ambiente donde el crecimiento económico reflejo un deterioro ambiental considerando los efectos adversos socialmente que tiene el país, no se ha podido promover las inversiones en ciencia y tecnología.

Betancourt y Somoza (2013) por medio de modelos econométricos y datos de panel se analizan la curva de Kuznets en América Latina y el Caribe. Analizando el crecimiento con gases contaminantes, encontrando una relación de la curva U ampliamente vinculada con las políticas públicas.

Suarez, (2011) en este estudio se aplican distintos modelos econométricos para comprobar la existencia de la CKA para el caso de América Latina y el Caribe. Para ello, se realizaron regresiones no paramétricas, análisis de datos de panel, modelos de series de tiempo y regresiones. Las principales conclusiones obtenidas fueron que a nivel regional existe la presencia de una CKA para las emisiones de CO y el HC.

Ramos, (2003) usa información disponible sobre los cambios en el uso de la energía y el comportamiento de la economía española en el período 1960-2001 para comprobar la validez de la intensidad de uso o de la curva en forma de U invertida.

Correa, (2007) realiza un análisis económico de la validez de la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets para América Latina. Adicionalmente, busca comprobar empíricamente la hipótesis según la cual las desigualdades socioeconómicas son factores determinantes en la explicación de la calidad ambiental. Reconociendo que la Curva Ambiental de Kuznets sólo se restringe a la relación entre contaminación y crecimiento económico, se concluye que los países de la región deben esforzarse en implementar políticas públicas que logren hacer más corto el tiempo para alcanzar el punto umbral necesario.

Zilio, (2010) Analizar la validez empírica de la hipótesis de la CKA para el caso del dióxido de carbono, en una muestra de países de la región de América Latina y el Caribe durante el período 1970-2008. Entre sus resultados se considera que es improbable que en la mayor parte de los países de la región, el crecimiento económico por sí solo sea lo suficientemente rápido o equitativo para atenuar los impactos negativos derivados del cambio climático en el mediano plazo. En un segundo estudio Zilio (2012) enfatiza en la importancia de las políticas públicas ambientales para el mejoramiento de la calidad ambiental.

En el caso de México se cuenta con la investigación "Verificación de la Curva Ambiental de Kuznets: El caso de México" (Navarrete, et al., 2009), el cual utiliza la variable dependiente es la contaminación por dióxido de carbono, mientras que las variables independientes fueron el PIB per cápita y PIB per cápita al cuadrado. El objetivo de este trabajo es verificar si dicha relación de U invertida se presenta en México al considerar el periodo que va de 1980 a 2004. Los resultados estadísticos del presente estudio permitieron confirmar para México la relación hipotética planteada por la CKA.

4. Método de la curva ambiental de Kuznets

La relación entre actividad económica y emisión de contaminantes, deberían ser inversas para comprobar la curva U inversa que teóricamente se manifiesta en la curva ambiental de Kuznets (Navarrete, et al. 2009). Para demostrar dicha relación se presenta un análisis estadístico de las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita, las variables se presentan en un modelo reducido que comúnmente la siguiente forma:

$$CO_{2t} = \alpha + \beta PIB_{pt} + \beta PIB_{pt}^2 + u$$

Donde CO₂ es el dióxido de carbono, βPIB_p es el PIB per cápita, βPIB_p^2 es el PIB per cápita elevado al cuadrado, t es del tiempo o periodo anual de los datos y finalmente μ es el término de error.

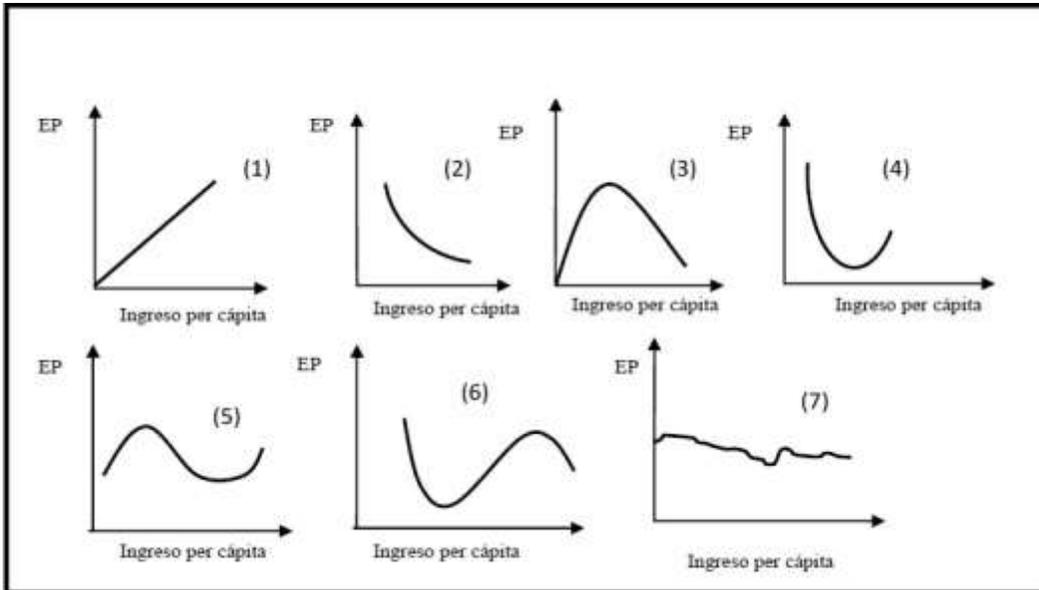
Así las variables desde el enfoque teórico implican que cuando una nación comienza un proceso de industrialización, tiende a implementar los recursos naturales de forma intensiva sin contemplar la contaminación (aire) que se genera enfatizando en el crecimiento económico, sin embargo, al obtener un crecimiento económico sostenible se empieza a valorar los recursos naturales y en ambiente en general promoviendo la innovación de tecnologías limpias que disminuyan la contaminación (aire).

Por lo tanto para el caso de México se utiliza las variables de CO₂ y PIB per cápita para conocer la relación de las variables y se puede utilizar el método de mínimos cuadrados ordinarios evitando así crear una regresión espuria (Navarrete, et al. 2009).

Una de las consideraciones es la función cuadrática cóncava implica que la degradación ambiental podría tender a cero, o incluso volverse negativa, para un nivel lo suficientemente alto de renta (Cole et al., 1997 citado por Capó, 2008). Además, la función cuadrática es simétrica, es decir, que la porción creciente de la curva tiene la misma pendiente que la parte decreciente. Ello implica que, cuando la renta sobrepase el nivel de inflexión, la degradación medioambiental decaerá a la misma tasa a la que ha aumentado previamente. Esto es poco probable ya que se observa que muchas formas de presión medioambiental pueden ser extremadamente difíciles de revertir.

La relación entre las emisiones de CO₂ y la renta per cápita se verán reflejadas en el modelo de la siguiente forma (figura 2).

Figura 2. Comportamientos posibles entre CO₂ y PIB per cápita



Fuente: (Balsalobre, et al., 2011).

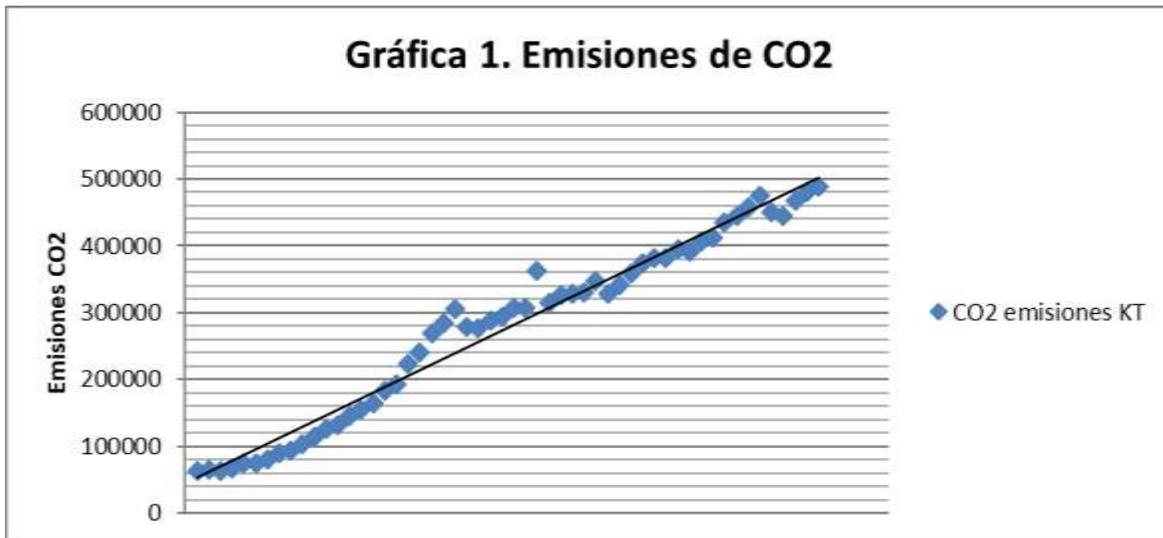
- (1) Si $\beta_1 > 0$, $\beta_2 = \beta_3 = 0$, relación monótona creciente, en la que altos niveles de ingreso están asociados con altos niveles de emisiones.
- (2) Si $\beta_1 < 0$, $\beta_2 = \beta_3 = 0$, relación monótona decreciente, en la que altos niveles de ingreso están asociados con niveles decrecientes de emisiones.
- (3) Si $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 = 0$, relación cuadrática en forma de U-invertida, representando la CKA e indicando que altos niveles de ingreso están asociados a niveles decrecientes de contaminación una vez que ha sido alcanzado cierto nivel de ingresos.
- (4) Si $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 = 0$, relación cuadrática en forma de U, inversa a la CAK.
- (5) Si $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$, polinomio cúbico, representando la forma de N, donde se cumple la hipótesis U-invertida de CAK hasta cierto nivel, a partir del cual la contaminación vuelve a aumentar.
- (6) Si $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 > 0$, polinomio cúbico, inverso a la forma de N.
- (7) Si $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, comportamiento plano, indicando que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingresos.

La evidencia favorable a la CAK requiere que el coeficiente β_1 sea positivo y el coeficiente β_2 sea negativo, ya que de esta forma se obtiene una relación cuadrática en forma de U invertida (Navarrete, et al. 2009).

5. Resultados

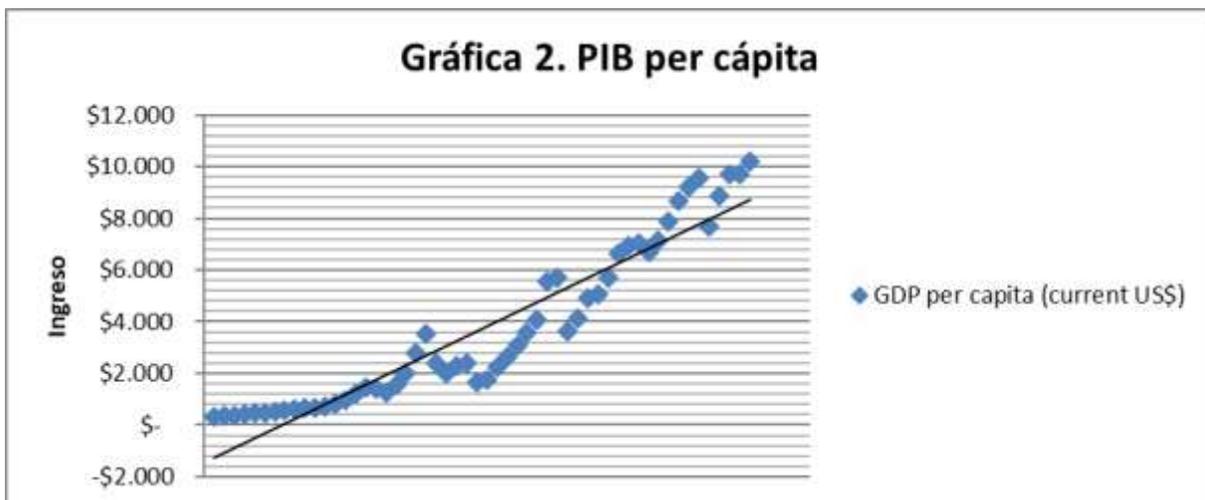
En la relación entre CO₂ y PIB per cápita para estimar la curva inversa U que establece Kuznets, se identifica el periodo de estudio de 1960 a 2016 las emisiones de CO₂, el cual es un contaminante que provoca el efecto invernadero; la quema de combustibles de carbono desde la Revolución Industrial ha aumentado rápidamente su concentración en la atmósfera, lo que ha llevado a un calentamiento global. Los datos se obtienen de las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de las cuentas nacionales de la OCDE. Así se consideran las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas.

Para el periodo de estudio en el caso de México se muestra un aumento en las emisiones de CO₂ (Gráfica 1). Así el crecimiento económico implica la utilización de combustibles que aumentan las emisiones.



Fuente: elaboración propia.

En relación con el PIB per cápita (suma de todos los bienes y servicios finales producidos por un país en un año, dividido por la población estimada del mismo año) en dólares en México de 1960 a 2016, se identifica que el desarrollo del país está vinculado con el aumento del PIB per cápita como se muestra en la gráfica 2.



Fuente: elaboración propia.

La oscilación del PIB per cápita está vinculada con fases de crisis económicas nacionales (1982 o 1994) y crisis internacionales (2008).

Realizando la regresión con mínimos cuadrados ordinarios se obtiene que la variable de las emisiones anuales de dióxido de carbono respecto al PIB per cápita sea positiva en un 92%, lo que implica que si crece el PIB así lo harán las emisiones de dióxido de carbono provocando mayor contaminación a la atmósfera, validando la primera parte de la curva de Kuznets cuando la pendiente es positiva (cuadro 2).

Cuadro 2. Regresión de las emisiones anuales CO2 e ingreso per cápita anual

Variable	Coefficient
PIB	86.16119
PIB*2	-0.004860
C	70092.13
R-squared	0.920420
Adjusted R-squared	0.917300

Fuente: elaboración propia.

Así el crecimiento de las emisiones de CO2 y del PIB per cápita en la primera parte de la curva se valida, porque el aumento crecimiento económico va paralelo con la degradación del ambiente. Por otra parte, se observa que el signo del término cuadrático es negativo, esto implica que en una segunda etapa, cuando el PIB se incrementa, las emisiones de dióxido de carbono se reducen, validando la segunda parte de la curva ambiental. La cual consiste en que la curva cambia su pendiente a negativa para la disminución de emisiones, considerando que el país llevo a un nivel de estabilidad económica donde la degradación del ambiente tiende a disminuir, haciendo un uso intensivo de tecnologías verdes.

6. Conclusiones

Curva ambiental de Kuznets en México durante el periodo de 1960-2016 presenta una validación para el caso nacional. Las emisiones de CO2 y el PIB per cápita muestran estimadores positivos que validan la primera fase de la curva de Kuznets donde el crecimiento económico de un país centra la implementación de recursos naturales y degradación de forma intensiva. Los estimadores cuadráticos al ser negativos validan la segunda parte de la curva de Kuznets donde la curva con pendiente negativa valida que las emisiones tienden a disminuir al aumentar el PIB per cápita.

Así la hipótesis de Kuznets es valida para el caso mexicano contemplando únicamente las variables expuestas. Es importante mencionar que calidad ambiental implica gran cantidad de variables que quedan fuera de esta investigación y posiblemente tengan impacto importante en el análisis. Además la curva inversa U no identifica aspectos socioeconómicos, ya que para el caso de México si bien la curva se cumple la realidad nacional está lejos de llegar a tener una estabilidad dentro de los temas socioambientales con interacción económica.

Bibliografía

- Alfranca, O. (2007). Política fiscal, crecimiento económico y medio ambiente. En la revista: nuevas tendencias en política fiscal Marzo-Abril 2007. N. 835.pp. 76-93.
- Bermejo, R; Arto, I; Hoyos, D; Garmendia, E. (2010) Menos es más: del desarrollo sostenible al decrecimiento sostenible. En: Cuadernos de Trabajo de Hegoa. Número 52. ISSN: 1130-9962. Pp. 5-26.
- Balsalobre, D; Alvarez-herránz, A; Olaya, A; Cantos, M. (2011). La curva medioambiental de kuznets y la innovación energética en países de la OCDE. Universidad de Castilla la Mancha. Pp. 1-23.

- BM, (2016). DataBank. En: Banco mundial. Disponible en web: <http://datos.banco mundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?view=chart>
- Betancourt, Y; Somoza, J. (2013). Los determinantes de las emisiones de CO₂, NO_x y SO₂: un estudio empírico para América y el Caribe. En el: IV Evento de Jóvenes Investigadores sobre Economía Mundial, Centro de Investigaciones de la Economía Mundial. Pp. 92-105.
- Cantos, J; Balsalobre, D; (2011). Las energías renovables en la curva de kuznets ambiental: una aplicación para España. En la revista: estudios de economía aplicada. Vol. 29 - 2. págs. 1 – 32.
- Capó, J. (2009). Curva de Kuznets ambiental: Evidencia para Europa. En: Documents de treball. Departament de Economia Aplicada de la Universitat de les Illes Balears. Pp.1-12.
- Capó, J. (2008). Crecimiento económico y contaminación atmosférica: nueva evidencia a favor de la curva de kuznets ambiental. En el III Congreso de la Asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales. Pp 1-19.
- Campo, J; Wilmer, R.(2013). Relación entre las emisiones de CO₂, el consumo de energía y el PIB: el caso de los CIVETS. En la revista: Semestre Económico, volumen 16, No. 33, pp. 45-66 • ISSN 0120-6346, enero-junio. Medellín, Colombia.
- Correa, F. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva de Kuznets. En la revista: Semestre Económico. Pp. 73-102.
- Correa, F; Vasco, A; Pérez, C. (2007). la curva medioambiental de kuznets: evidencia empírica para Colombia. En la revista: Semestre Económico, volumen 8, número 15. Universidad de Medellín. Pp. 13-30.
- Correa, F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: evidencia empírica para América Latina. En: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, volumen 6, No. 10, pp. 11-30 - ISSN 1692-3324. Medellín, Colombia.
- Copeland, B; Scott, M. (1994). North-South Trade and the Environment. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 109, No. 3. pp. 755-787.
- Dasgupta, S; Laplante, B; Wang, H; Wheeler, D. (2002). Confronting the Environmental Kuznets Curve. The Journal of Economic Perspectives, Vol. 16, No. 1. pp. 147-168.
- Díaz-Vázquez, M. Rosario; Cancelo, M. Teresa. (2010). Análisis de los factores determinantes de la evolución de las emisiones de CO₂ y de azufre en países OCDE mediante una descomposición econométrica. Revista de Economía Mundial, núm. 26, 2010, pp. 85-106 Sociedad de Economía Mundial Huelva, España.
- Díaz-Vázquez, M; Cancelo, M. (2009). Emisiones de CO₂ y azufre y crecimiento económico: ¿una curva de kuznets ambiental?. En la revista: Regional and Sectoral Economic Studies Vol. 9-2. Pp.97-115.
- Díaz, M. (2007). Estudio empírico de las causas subyacentes en la hipótesis de la curva de kuznets ambiental: influencia de factores exógenos y análisis de descomposición. Tesis doctoral en Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de economía aplicada. Pp 17-191.
- Gitli, E; Hernández, G. (2002). La existencia de la curva de kuznets ambiental (cka) y su impacto sobre las negociaciones internacionales. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), de la Universidad Nacional de Costa Rica. Pp. 1-30.
- Gudynas, E (1999). Los costos ambientales del crecimiento económico. En: Banca Multilateral de Desarrollo. Pp. 1-6.

- Horacio, Catalán (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. Revista: Economía Informa núm. 389 noviembre – diciembre. Pp.19-37.
- Iglesias, J; Golpe, G; Martín, J. (2009). La curva de kuznets y la emisión de CO2 en España: 1850-2008. En: Camacho Ballesta, J. A. y Jiménez Olivencia, Y. (eds.). Desarrollo Regional Sostenible en tiempos de crisis. Vol. 2, cap. 32, pág. 601-611. Ed. Universidad de Granada, Granada. ISBN 978-84-338-5559-6.
- INEGI, (2016). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en web: <http://www.inegi.org.mx/>
- Navarrete, M; Brull, M; Torre, A; Gómez, D; Torres, G. (2009). Verificación de la Curva Ambiental de Kuznets: El caso de México. En la revista: Revista Estudiantil de Economía-Año 1, Número 1. Pp. 37-54.
- Recio, A. (2008). Apuntes sobre la economía y la política del decrecimiento. Revista Ecología política. Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona Pp.25-34.
- Riera Font, A; Capó, J; Parrilla, T; Tous, P. (2006). ¿Existe un conflicto entre la globalización del turismo y los recursos naturales? Revista Economía Agraria y Recursos Naturales. ISSN: 1578-0732. Vol. 6, 12. (2006). pp. 169-186.
- Ramos-Martín, J. (2003). Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada. En: UHE/UAB en Universitat Autònoma de Barcelona. Pp. 1-26.
- Suárez, A. (2011). Crecimiento económico vs. Degradación ambiental: ¿existe una curva de kuznets ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1970-2008. Tesis para obtener el título de maestría en economía en la FACSIO, Perú.
- Zilio, M. (2012). El rol de la política energética en las emisiones por generación eléctrica de América Latina. En la revista: Ciencias Económicas 30-No.1: 2012 / PP. 109-132 / ISSN: 0252-9521.
- Zilio, M. (2010). La curva de kuznets ambiental: evidencia para América Latina y el Caribe. Universidad Nacional del Sur. Tesis de doctor en economía. Argentina.
- Zilio, M. (2012). Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo. En: Cuadernos de economía Núm. 35, pp. 43-54.