

Crecimiento económico y calidad ambiental en América Latina, perspectiva desde Kuznets, 1970-2016*

Economic Growth and Environmental Quality in Latin America, Perspective from Kuznets, 1970-2016

*Carlos Francisco Ortiz-Paniagua** y Mario Gómez****

RESUMEN

La relación entre desarrollo y calidad ambiental ha pretendido ser explicada desde distintos enfoques teórico-metodológicos. En este artículo se analiza la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK) para 19 países de América Latina durante el periodo 1970-2016. Los resultados muestran que las variables (CO_2 , PIB y PIB cuadrado) tienen dependencia de sección cruzada, son integradas de orden uno y mantienen una relación de equilibrio a largo plazo. Existe una relación de causalidad bidireccional entre la actividad económica y las emisiones, lo cual implica que el crecimiento económico tiene información que ayuda a predecir el comportamiento de las emisiones y viceversa. Se avala la hipótesis de la CAK, lo que significa que cuando crece la actividad económica las emisiones contaminantes también lo hacen, en la medida en que las economías avanzan en sus etapas de desarrollo económico hasta cierto nivel de ingreso, después de este punto, las emisiones crecen a un ritmo menor que la producción. Esto suele suceder cuando se utilizan tecnologías más limpias, la población es más consciente con el medio ambiente y las regulaciones ambientales son más efectivas.

Palabras clave: Calidad ambiental y desarrollo, Curva Ambiental de Kuznets, desarrollo y medio ambiente en América Latina.

Clasificación JEL: F13, Q53, C23 y C31.

ABSTRACT

Attempts have been made to explain the relationship between development and environmental quality through different theoretical-methodological approaches. This article analyses the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis for 19 Latin American countries during the period 1970-2016. The results show that the variables (CO_2 , GDP and GDP square) have cross-section dependence, are integrated of order one and maintain a long-term equilibrium relationship. There is a bidirectional causation relationship between economic activity and emissions, which implies that economic growth has information that helps to predict emissions behavior and viceversa. The EKC hypothesis is supported, meaning that when economic activity increases, polluting emissions do, too as economies advance in their stages of economic development up to a certain income level, after which emissions grow more slowly than production. This tends to happen because of the use of cleaner technologies, people's greater awareness of the environment and more effective environmental regulations.

Keywords: Environmental quality and economic development, Kuznets Curve, development and environment in Latin America

JEL classification: F13, Q53, C23 and C31

* Fecha de recepción: 27/05/2019. Fecha de aceptación: 02/02/2021.

** Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. E-mail: carlos.ortiz@umich.mx. ORCID: 0000-0003-3645-1527.

*** Autor de correspondencia. Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. E-mail: mgomez@umich.mx. ORCID: 0000-0002-4906-0966.

INTRODUCCIÓN

Las economías de los países de América Latina (AL) representan 8 por ciento del PIB mundial, mientras que el PIB por habitante promedio es de 8,800 dólares para 2018 (a precios de 2010) (World Bank, 2018). Para 2013 se estimó que de 49 a 65 personas (por cada 100), experimentaron una mejora económica que les permitió estar en un grupo de mayores ingresos en la región (Molpeceres *et al.*, 2016, 23). Por su parte, el desarrollo humano se ubica en una clasificación media y alta (Jahan y Jespersen, 2015, 26-29). El desarrollo humano es relativamente homogéneo para la región y mantiene una tendencia ligeramente creciente (UNDP, 2018).

El PIB/hab en AL ha incrementado a razón de 1.4 por ciento anual en promedio para el periodo de 1961 a 2014 (Banco Mundial, 2020). Este crecimiento económico débil obedece, en parte, a que su economía se ha fundamentado en un modelo altamente extractivo y dependiente de la exportación de materias primas (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (siglas in inglés: UNTAC), 2019; Nadal y Aguayo, 2020), el cual ha deteriorado los recursos naturales y sus términos de intercambio. De tal manera que la extracción de materiales en AL creció en un 102.8 por ciento, mientras que para el mundo dicho crecimiento fue de un 93 por ciento entre 1980 y 2009, no obstante, la productividad de materiales apenas creció en un 4.3 por ciento en AL y en el mundo lo hizo en 26.3 por ciento en el mismo periodo (Giljum, Dittrich, Mirko y Lutter, 2014).

En este sentido, AL ha experimentado un continuo deterioro de sus recursos naturales, asociado a la deuda ecológica y al modelo post-extractivista (Martínez, 2015). Lo que ha representado para AL emplear mayor consumo de energía y de materias primas e incrementos en los niveles de contaminación (de aire, suelo y agua), es decir, este modelo aumenta los impactos negativos en los ecosistemas y el medio ambiente.

El contexto de AL se puede enmarcar en un paradigma de desarrollo fundamentado en el crecimiento económico que suponía un aprovechamiento indiscriminado de los recursos naturales, en donde la tecnología resolvería los problemas de escasez o contaminación mediante la innovación (Goodstein, 1995). Esta perspectiva ha sido cada vez más cuestionada, por lo que se ha buscado integrar las variables ambientales y sociales bajo una perspectiva distinta, en donde estas variables deben ser importantes para el desarrollo de los países (Daly, 1996; Costanza, 1992; Martínez y Jusmet, 2015; Zilberman, Gordon, Hochman y Wesseler, 2018). Los grandes retos planetarios son alcanzar el desarrollo sustentable reconocido en la Cumbre de Río (1992) como el principio rector de las políticas de desarrollo y aún está lejos de ser alcanzado en AL (Ortiz y Ortega, 2016).

El planteamiento tradicional sobre el crecimiento económico es que la innovación tecnológica puede disminuir los impactos negativos en el ambiente, mante-

niendo el ritmo de crecimiento y reduciendo los impactos ambientales negativos con innovaciones tecnológicas (Guilló y Magalhaes, 2018). Por lo tanto, sería interesante responder la siguiente pregunta ¿Cuál de estos dos efectos es predominante? La respuesta a la pregunta determinaría el tipo de desarrollo (Mesarovic y Pestel, 1975) así como el grado de sustentabilidad del mismo. Un planteamiento que propone interpretar la relación entre crecimiento económico y deterioro ambiental es la hipótesis de la CAK.

La CAK parte de la hipótesis de que el daño ambiental primero aumenta, conforme incrementan los ingresos y luego declina dicho daño, a pesar de que los ingresos continuarían creciendo (Stern, Common y Barbier, 1996). La adaptación de la CAK entre crecimiento económico y medio ambiente, parte de suponer cuatro condiciones: *i*) elasticidad ingreso positiva respecto a la demanda por calidad ambiental; *ii*) cambios en la composición de la producción y el consumo; *iii*) incremento en los niveles de educación y conciencia ambiental y *iv*) un sistema político más abierto. Es decir, el trayecto del desarrollo por la contaminación 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 (Selden y Song, 1994).

De acuerdo a la literatura empírica revisada en el caso de AL hay pocos estudios y no son concluyentes respecto a la hipótesis de CAK. Por lo que el presente estudio contribuye al conocimiento de este fenómeno, con evidencia empírica mediante el empleo de técnicas econométricas alternativas poco usadas en los estudios realizados en la región. La hipótesis que se plantea en esta investigación es que el desarrollo económico de AL se caracteriza por una relación en forma de U invertida entre el crecimiento económico y las emisiones CO_2 , de tal forma que, a medida que las economías avanzan en sus etapas de desarrollo económico, después de cierto nivel de ingreso, las emisiones crecen a un ritmo menor que la producción.

El presente artículo tiene como propósito realizar el estudio de la CAK para los países de AL durante el periodo 1970-2016, a través de conocer la relación entre las emisiones de Dióxido de Carbono (CO_2) y el Crecimiento Económico medido por el PIB/habitante, usando el análisis de datos panel. Para alcanzar el objetivo, el artículo se organiza en seis apartados. Después de esta introducción, en el primero se describe la relación entre economía, desarrollo y calidad ambiental, discutiendo sobre las posturas teóricas y algunos trabajos antecedentes sobre el tema. En el segundo se muestra un panorama contextual de las economías de AL, en tanto que en el tercero se describe el modelo de la CAK y el diseño metodológico para la obtención de resultados. En el cuarto se describen los resultados, discutiendo sobre sus alcances y límites, y finalmente, se presentan las conclusiones.

I. DESARROLLO Y CALIDAD AMBIENTAL: LA INTERPRETACIÓN DE KUZNETS Y EVIDENCIA EMPIRICA

La relación entre economía y medio ambiente ha sido contemplada en los estudios de Marx, Malthus y Jevons, entre otros. No obstante, hasta la década de los setenta del siglo xx se pone énfasis a esta relación. Revelando tres problemas a resolver para los próximos años: 1) degradación de recursos naturales (calidad y cantidad); 2) demanda creciente de energéticos, insumos y alimentos, y 3) incremento en la inequidad de la distribución del ingreso; en suma, estas tendencias llevarían a los límites del crecimiento económico y demográfico (Meadows *et al.*, 1972 y Mesarovic y Pestel, 1975). Los tres problemas planteados a principios de los setenta continúan siendo vigentes. Desde una perspectiva optimista, las políticas económicas y las instituciones pueden reducir la degradación ambiental en los niveles de ingreso bajos y acelerar las mejoras en los niveles de ingreso altos, con lo que reduciría el precio del crecimiento económico (Panayotou, 1997).

Considerando que el crecimiento económico tiene etapas o fases, la forma de U invertida en el tiempo que relaciona calidad ambiental y el nivel de ingreso, explicaría el momento en que un país transita de un sector a otro. Entrando en la transición hacia un desarrollo industrial o de servicios, a su vez promueve un cambio en las preferencias sociales y los consumidores que considerarán la calidad ambiental como bien de lujo, cambiando la elasticidad ingreso sobre las emisiones de CO₂ de manera que las señales del mercado conllevarían a innovaciones y cambios en la reglamentación, en los impuestos a la contaminación, en la política económica (Selden y Song, 1994; Baldwin, 1995; Torras y Boyce, 1998; Dasgupta *et al.*, 2002; Correa, 2004; Deacon y Norman, 2006; Catalán, 2014). Sin embargo, los planteamientos de la CAK contienen argumentos que sirven de sustento teórico a la hipótesis, pero no resultan mayormente operativos en las circunstancias económicas, sociales e institucionales propias de los países en desarrollo. En particular, la desigualdad en la distribución del ingreso y la fragilidad del marco institucional en materia ambiental debilitan los principales fundamentos que sostienen esta hipótesis, quitando relevancia a la conveniencia de esperar y crecer para alcanzar mejoras en la calidad ambiental (Zilio, 2012).

Al respecto, algunos trabajos no son tan optimistas en cuanto a las repercusiones empíricas que se ajusten a los aspectos teóricos ni a sus repercusiones en materia de política económica, o bien de los métodos empleados. Son, por ejemplo, los de Stern (2004); Selden y Song (1994); Wagner (2008). Se argumenta que el comportamiento de la CAK se destaca debido a que, a pesar de encontrar la relación descrita por habitante, las estimaciones señalan que seguirá incrementado la emisión global de contaminantes (Selden y Song, 1994). En ese caso las innovaciones también generan nuevas fuentes de contaminación, replicando el comportamiento de la CAK con

distinto ritmo de crecimiento en la etapa inicial (Dasgupta, Laplante, Wang y Wheeler, 2002). Lo que propone una relación en forma de N invertida entre el nivel de ingresos y los procesos de degradación ambiental. Lo anterior debido a que la regulación energética retarda la obsolescencia tecnológica, una vez que las economías hayan alcanzado las primeras etapas del proceso de descontaminación (Balsalobre-Lorente *et al.*, 2017).

En una revisión detallada de los estudios que han aplicado la CAK, se muestra escepticismo tanto de los trabajos teóricos como empíricos para el planteamiento de una relación simple y predecible entre la contaminación y el ingreso por habitante. Sin embargo, puede haber una forma de U invertida en relación entre las concentraciones ambientales urbanas de algunos contaminantes e ingresos, aunque esto debería ser probado con más rigor en series de tiempo o métodos de datos de panel (Stern, 2004). Por otra parte, otros autores comentan que los estudios referentes a las CAK son amplios y variados, a la vez que han tenido aplicaciones en diversas economías del mundo, a pesar de tratarse de un análisis tan extendido con herramientas econométricas, pero podrían no ser adecuadas dado que pueden llevar a conclusiones contradictorias (Wagner, 2008). Como alternativa, algunos estudios proponen el empleo de técnicas no paramétricas como *splines* polinomiales, que se presentan como un método alternativo al descomponer las series de tiempo y examina la CAK mediante bandas de confianza y simulación (Wang, 2011).

De acuerdo a lo anterior, existen diferentes argumentos a favor y en contra de la validación de la hipótesis CAK, por lo que es importante seguir generando evidencia empírica que contribuya a la generación del conocimiento que aporte elementos sobre la relación entre la actividad económica y la calidad ambiental.

Después de la revisión teórica, a continuación se hace una revisión de los principales estudios empíricos sobre la hipótesis CAK. En el caso de México, utilizando como variable dependiente a la CO_2 y las variables independientes PIB per cápita y PIB per cápita al cuadrado, se verifica la relación de U invertida en el periodo de 1980 a 2004 (Navarrete *et al.*, 2009). En este mismo sentido, en un estudio para 22 países de AL durante el periodo 1990-2014, Vergara, Maza y Quesada (2018) encuentran evidencia de que Chile y Brasil tuvieron el mayor aumento de emisiones por unidad de producto (PIB/hab) en tanto que Bolivia, Ecuador y Uruguay presentaron una menor proporción, con menores niveles de CO_2 por unidad de producto. Además de que la hipótesis de CAK se cumple para estos países.

Estudios que incluyeron más variables para la revisión de la hipótesis CAK como niveles de ingreso, emisiones de CO_2 y uso de energía, han sido una de las variantes de este tipo de investigaciones. Por ejemplo, usando la técnica de datos panel durante el periodo 1973 a 1997, en el caso de 20 países de la OCDE se apoya la idea de un punto de inflexión en la relación entre ingresos y uso de energía per cápita y/o emisiones de carbono, validando la hipótesis CAK. En cambio, para 16 naciones en desarrollo que no pertenecen a la OCDE, no hay cambio entre los ingresos y el uso de

energía o las emisiones de carbono, por lo que no se validó dicha hipótesis (Richmond y Kaufmann, 2006).

En otro estudio para seis países centroamericanos y utilizando el análisis de datos panel para el periodo 1971-2004, se encuentra evidencia de la validación de la hipótesis de CAK entre el consumo de energía y las emisiones de CO₂ (Apergis y Payne, 2009). En este mismo sentido, considerando el consumo de energía como un indicador de la presión ambiental humana y el PIB per cápita, también con un análisis de datos panel, los autores no encuentran la existencia de una relación estable a largo plazo entre las variables ni se valida la hipótesis CAK para las 21 economías de América Latina para el periodo 1970-2007 (Zilio y Recalde, 2011).

Por su parte, Pablo-Romero y De Jesús (2016) relacionan el consumo de energía y crecimiento del PIB por habitante a largo plazo en América Latina y El Caribe durante el periodo de 1990-2011. Los resultados muestran que no se aprueba la hipótesis CAK entre estas dos variables, por el contrario, hay un crecimiento exponencial del consumo de energía durante el periodo. Lo que implica que el crecimiento económico para América Latina y El Caribe, demanda un aumento aún mayor en el consumo de energía.

Por otro lado, en un estudio para 27 países de la Unión Europea durante el período 1995-2009, se utilizan tres tipos de consumo de energía para el transporte (total, doméstico y productivo) como una medida de degradación ambiental con respecto al PIB en términos per cápita. Los resultados muestran evidencia de que disminuye la elasticidad el consumo de energía del transporte respecto al PIB a partir de un umbral para las tres variables, pero el punto de mejora de la calidad ambiental no se alcanza en ningún caso para estos países (Pablo-Romero, Cruz y Barata, 2017).

Para la región de AL y El Caribe se realiza un estudio considerando la relación de la apertura del comercio, densidad de población, el grado de urbanización, cambios estructurales en la economía respecto al consumo de energía en el transporte, para el periodo 1990-2014. Esta última variable resultó muy sensible a las variables explicativas y hay evidencia de una curva en forma de N, lo que indicaría que no se cumple la CAK, dada la creciente presencia del sector terciario en la economía más globalizada (Rehermann y Pablo-Romero, 2018).

De manera análoga, se estudia la CAK para América del Norte durante el período 1971-2014, empleando las variables de apertura comercial, consumo de energía renovable, PIB/hab y CO₂, a través de un análisis de datos panel. Los resultados confirman la hipótesis CAK, llegando a la conclusión de que el desarrollo económico provoca una mejora después de alcanzar el punto de inflexión del ingreso per cápita en estos países, además de una relación negativa entre la apertura comercial y el consumo de energías renovables respecto de las emisiones contaminantes (Gómez y Rodríguez, 2020). Finalmente, Ike *et al.* (2020) analizan el efecto dinámico de la producción del petróleo sobre las emisiones de CO₂ en 15 países productores petroleros para el periodo 1980-2010 y utiliza un nuevo método de momentos de

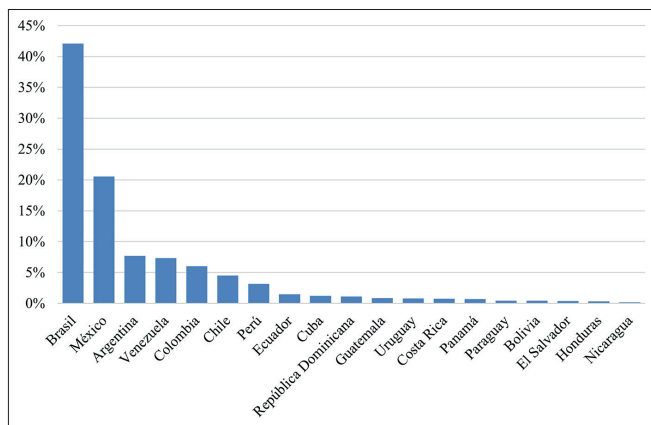
regresión quantil. Los resultados confirman la hipótesis de la Curva de Kuznets para países con emisiones medianas y altas.

A manera de síntesis, la evidencia empírica y los distintos casos en los que se ha implementado la lógica de la CAK, bajo la expectativa de encontrar la relación entre CO₂ y PIB no presentan resultados concluyentes. Aunque vale la pena destacar que las variantes y los supuestos de los modelos tienen diferencias que influyen en los resultados obtenidos. La hipótesis de la CAK sigue siendo un enfoque teórico importante para la interpretación de la relación entre medio ambiente y crecimiento económico.

II. ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE EN AMÉRICA LATINA: DESCRIPCIÓN CONTEXTUAL

Los países de AL considerados para el análisis fueron: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. La participación de estos 19 países en la economía mundial ascendió a 8 por ciento, para 2017 (Banco Mundial, 2020). A la vez que la región emite 5 por ciento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a escala mundial (PNUMA, 2016). En tanto que, al interior de la región, Brasil es la economía más importante generando 44 por ciento del PIB, seguido por México con 21.8 por ciento y Argentina con 8.2 por ciento. En último lugar se aprecian las economías de Bolivia, Cuba y Ecuador que aportan, entre los tres países, menos de 3 por ciento del PIB regional (véase figura 1).

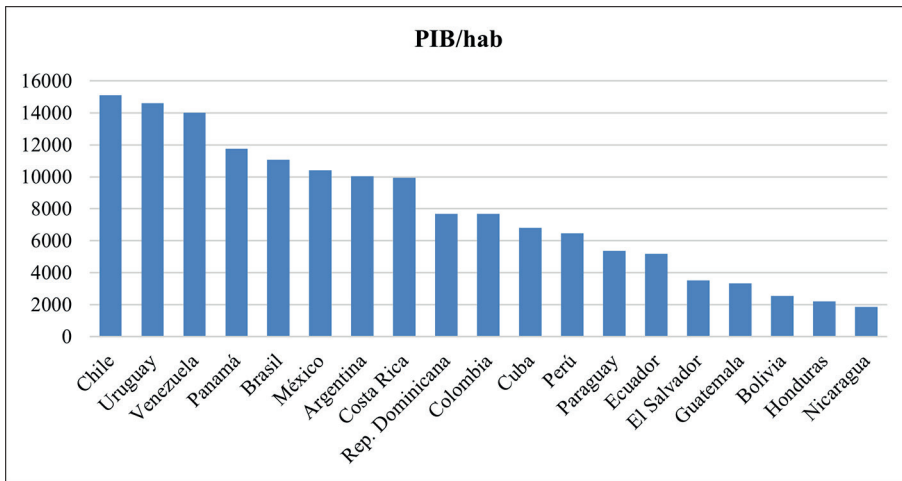
Figura 1. Participación del PIB en las Economías América Latina, 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos de Indicadores del desarrollo mundial, Banco Mundial (2020).

En lo que refiere al PIB por habitante en la región, Chile se ubicó en primer lugar para 2018, seguido de Uruguay y Venezuela, Panamá, Brasil y México, que están por arriba de la media, en tanto que Nicaragua, Honduras, Bolivia, Guatemala, El Salvador y Ecuador se situaron en los países con menores niveles PIB/hab, como se aprecia en la figura 2.

Figura 2. PIB por habitante en los países de América Latina, 2018.

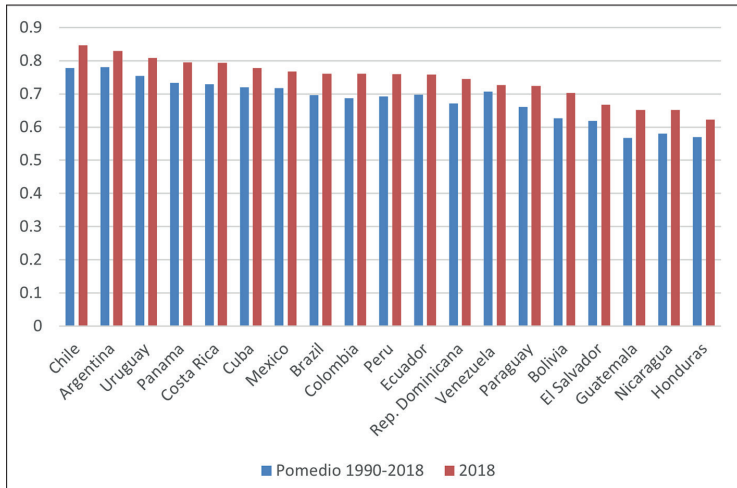


Nota: Venezuela el PIB/hab es de 2014.

Fuente: Elaboración propia con datos de Indicadores del desarrollo mundial, Banco Mundial, 2020.

Si bien el PIB por habitante es un indicador importante que denota el acceso a bienes y servicios, así como da cuenta de la situación promedio de la población en términos de ingresos para accesibilidad a bienes y servicios, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) estaría aportando información complementaria, dado que aborda otras dos dimensiones: la salud y la educación. Se observa el comportamiento del IDH para la región durante el periodo 1990 a 2018, en años seleccionados. Se muestra una evolución positiva para todos los países a lo largo del tiempo, los países con el mayor desarrollo humano de AL son: Chile, Argentina Uruguay, Panamá, Costa Rica, Cuba y México. En tanto que, en el otro extremo, Honduras, Nicaragua, Guatemala, El Salvador y Honduras, muestran el menor Índice de Desarrollo Humano (véase la figura 3).

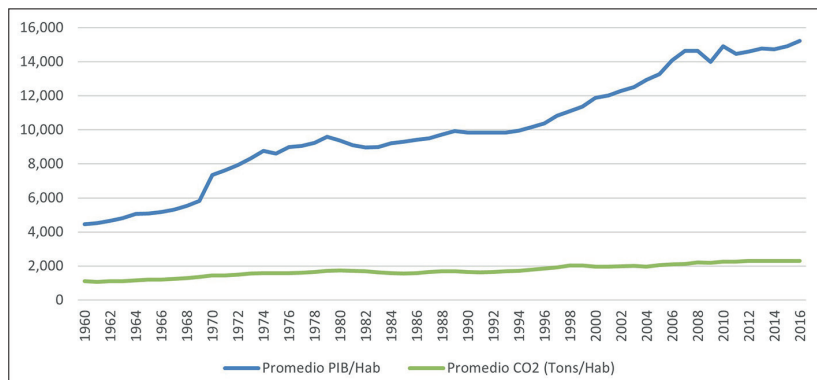
Figura 3. Índice de Desarrollo Humano para la Región de América Latina, 1990-2015.



Fuente: Elaboración propia con base en PNUD (2020).

Para completar la descripción de los aspectos generales de las economías de América Latina, se presenta en la figura 4 el comportamiento de las emisiones de gases CO₂ y el PIB, ambas variables expresadas por habitante (Banco Mundial, 2020). Se aprecia que las emisiones de CO₂/habitante han crecido más que el PIB/habitante. Situación que sugiere que el crecimiento económico emite proporcionalmente más emisiones CO₂ por unidad de PIB.

Figura 4. PIB/hab (dólares) y emisiones CO₂ (tons/hab.) en América Latina, 1960-2016.



Nota: Promedios anuales para los 19 países.

Fuente: Elaboración propia con datos de Indicadores del desarrollo mundial, Banco Mundial (2020).

III. METODOLOGÍA PARA APLICACIÓN DE LA CAK

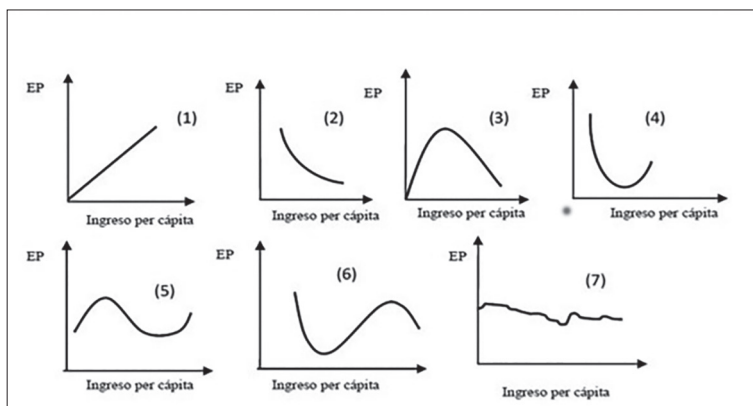
La CAK representa, entonces, una forma reducida que encubre otros fenómenos como la tecnología, la composición del producto, las regulaciones ambientales o las demandas de la sociedad. En este sentido, esta forma reducida no permite identificar inicialmente los efectos de la política económica (Catalán, 2014). No obstante, es posible establecer una forma paramétrica de la hipótesis de CAK definida como la relación entre emisiones contaminantes de CO₂ y el PIB/hab, y se puede describir en un modelo de la forma siguiente:

$$E_{it} = A_{Ei} + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Y_{it}^2 + \mu_i \quad (1)$$

(i=1, 2, ..., M; t=1, 2, ..., T)

Para E_{it} observaciones correspondientes a cada uno de los países i de América Latina y el subíndice t indica el año, A_{Ei} son los efectos fijos o heterogeneidad no observada, y μ es el término de error, E son las emisiones de contaminantes por habitante en toneladas métricas, Y es logaritmo de ingreso por habitante y Y^2 se eleva esta variable al cuadrado. Para ambos casos α representa el grado de respuesta de E_{it} , es decir, la elasticidad ingreso, μ es el término de error, que a su vez se descompone en: $\mu_{it} = \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$ (2). En la cual μ_i son los efectos no observables, δ_t serían los efectos no cuantificables que cambian en el tiempo, aunque no así entre países, por último, ε_{it} , el término de error aleatorio. Para este modelo la influencia del ingreso por habitante sobre la presión ambiental (aumento de CO₂) quedaría explícita en la estimación. No obstante, se pueden presentar siete distintos comportamientos de la relación entre E_{it} y PIB por habitante, como se aprecia en la figura 5 (Balsalobre *et al.*, 2011).

Figura 5. Comportamientos posibles entre presión ambiental y PIB per cápita.



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

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de variables de series de tiempo es importante conocer el orden de integración y verificar si existe cointegración entre las variables, para evitar obtener resultados espurios. La literatura econométrica sugiere que las pruebas de raíz unitaria en datos de panel tienen mayor poder que las pruebas de raíz unitaria de series de tiempo. De acuerdo con Baltagi (1995), al combinar las series de tiempo con los datos de corte transversal se tiene una mayor cantidad de observaciones, más grados de libertad, más variabilidad, menos colinealidad y mayor eficiencia. Sin embargo, es importante aplicar primero alguna prueba de dependencia de sección cruzada antes de las pruebas de raíz unitaria con datos panel (Pesaran, 2007).

Tabla 1. *Pruebas de dependencia de sección cruzada en América Latina. Muestra completa.*

Variable	CO ₂	PIB	PIB Cuadrado
Estadístico CD	40.130***	56.595***	57.013***
Estadístico Breusch-Pagan LM	2751.504***	4388.508***	4432.498***
Estadístico Pesaran scaled LM	139.537***	228.056***	230.435***
Estadístico Bias-corrected scaled LM	139.331***	227.850***	230.228***

Nota: *** Denota rechazo de la hipótesis nula al 1 por ciento de significancia. Se utilizó el paquete de econometría Eviews 10 para realizar las pruebas.

La tabla 1 muestra los resultados de las pruebas de CD, Breusch-Pagan LM, Pesaran *scaled* LM y Bias-corrected scaled LM de dependencia de sección cruzada para el caso de la muestra completa, mientras que la tabla 2 expone los resultados para la muestra sin: Argentina, Cuba y Venezuela. En ambos casos, para todas las variables y en todas las pruebas, la hipótesis nula de no dependencia de sección cruzada se rechaza al 1 por ciento de significancia. Por lo tanto, existe dependencia transversal para todas las variables, es decir, el PIB (por habitante) y CO₂ (por habitante) de cada país están correlacionadas entre sí para las dos muestras.

Tabla 2. *Pruebas de dependencia de sección cruzada. Muestra sin Venezuela, Argentina y Cuba.*

Variable	CO ₂	PIB	PIB Cuadrado
Estadístico CD	41.391***	51.931***	52.248***
Estadístico Breusch-Pagan LM	2253.512***	3444.434***	3475.791***
Estadístico Pesaran scaled LM	136.362***	214.591***	216.715***
Estadístico Bias-corrected scaled LM	136.188***	214.417***	216.228***

Nota: *** Denota rechazo de la hipótesis nula al 1 por ciento de significancia. Se utilizó el paquete de econometría Eviews 10 para realizar las pruebas.

De acuerdo a estos resultados, las pruebas tradicionales o de primera generación como las pruebas de Levin, Lin y Chu (2002, LLC); Im, Pesaran y Shin (2003, IPS); prueba de Fisher usando ADF (ADF-Fisher) y PP (PP-Fisher) (Maddala y Wu (1999); Choi (2001) podrían no ser adecuadas, ya que suponen independencia de sección cruzada. Es muy importante aplicar pruebas de raíz unitaria que generen resultados consistentes en ausencia de independencia y heterogeneidad en todos los países del panel (Riti, Song, Shu y Kamah, 2017), para ello aplicamos las dos pruebas sugeridas por Pesaran (2007).

Tabla 3. Resultados de las pruebas de raíz unitaria con datos panel: Sección Cruzada Dickey Fuller Aumentada (CADF) y Sección Cruzada Im, Pesaran y Shin (CIPS) (Pesaran 2007). Muestra completa.

Variables	Parámetros determinísticos	CADF	CIPS
CO ₂	CT	-2.468	-2.312
PIB	CT	-2.550	-1.845
PIB cuadrado	CT	-2.496	-1.823
Primera diferencia			
ΔCO ₂	C	-4.956***	-6.002***
ΔPIB	C	-3.976***	-4.466***
ΔPIB cuadrado	C	-4.005***	-4.452***

Nota: *** Denota el rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1 por ciento. c denota constante y CT denota constante y tendencia. Se utilizó el paquete de econometría Stata 14.0 para realizar las pruebas.

Las tablas 3 y 4 muestran los resultados de las nuevas pruebas de raíz unitaria con datos panel que son consistentes ante la presencia de dependencia de sección cruzada en las variables. La evidencia muestra que las variables presentan raíz unitaria en niveles, pero son estacionarias al tomar la primera diferencia a un nivel de significancia del 1 por ciento, tanto para la muestra completa como cuando se excluye de la muestra a los países de Argentina, Cuba y Venezuela (muestra sin ACV).

Tabla 4. Resultado de las pruebas de raíz unitaria con datos panel: Sección Cruzada Dickey Fuller Aumentada (CADF) y Sección Cruzada Im, Pesaran y Shin (CIPS) (Pesaran 2007). Muestra sin ACV.

Variables	Parámetros determinísticos	CADF	CIPS
CO ₂	CT	-2.458	-2.618
PIB	CT	-2.488	-2.015
PIB cuadrado	CT	-2.480	-1.978
Primera diferencia			
ΔCO ₂	C	-4.928***	-5.996***
ΔPIB	C	-3.791***	-4.302***
ΔPIB cuadrado	C	-3.818***	-4.284***

Nota: *** Denota el rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1 por ciento. c denota constante y ct denota constante y tendencia. Se utilizó el paquete de econometría Stata 14.0 para realizar las pruebas.

De acuerdo con estos resultados, hay las condiciones para probar la presencia de una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables, ya que son integradas del mismo orden. En esta investigación se utilizan dos pruebas de cointegración con datos de panel: la prueba de Pedroni (1999; 2004) y de Fisher propuesta por Maddala y Wu (1999).

Tabla 5. Resultados de la prueba de cointegración de Pedroni.

Test	Estadístico Muestra completa	Estadístico Muestra sin ACV
Panel v	-2.609	-1.239
Panel rho	-2.176**	-1.900**
Panel PP	-4.873***	-3.242***
Panel ADF	-3.782***	-2.606***
Grupo rho	-0.598	-0.351
Grupo PP	-3.507***	-2.426***
Grupo ADF	-2.185**	-2.227***

Nota: *** y ** denota rechazo de la hipótesis nula de no cointegración al 1 y 5 por ciento de significancia, respectivamente. Se utilizó el paquete de econometría Eviews 10 para realizar las pruebas.

En los resultados de la prueba de Pedroni que se muestran en la tabla 5, la hipótesis nula de no cointegración se rechaza para cinco de siete estadísticos con niveles de significancia del 5 por ciento (o mejor). Lo cual se confirma con los resultados de la prueba de Fisher (tabla 6), en donde se indica que al menos una relación de cointegración existe entre las variables analizadas, es decir, existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las tres variables.

Tabla 6. Resultados de cointegración de Fisher.

Hipótesis No. de CE(s)	Muestra Completa		Muestra sin ACV	
	Traza	Máximo valor propio	Traza	Máximo valor propio
Ninguno	115.700***	104.500***	101.8***	91.56***
Al menos 1	44.75	44.700	39.04	39.14
Al menos 2	37.86	37.860	31.37	31.37

Nota: *** Denota rechazo de la hipótesis nula de no cointegración al 1 por ciento de significancia. Se utilizó el paquete de econometría Eviews 10 para realizar las pruebas.

El método de Mínimos Cuadros Ordinarios (MCO) para estimar los coeficientes de modelos de datos panel podría generar resultados sesgados e inconsistentes cuando las variables son cointegradas. Dos métodos más recientes propuestos para estimar este tipo de relaciones de cointegración son el Fully Modified Ordinary

Least Square (FMOLS) y Dynamic Ordinary Least Square (DOLS) (Phillips y Moon, 1999; Pedroni, 2001a; Kao y Chiang, 2001). Estas aproximaciones producen estimadores de coeficientes que son insesgados asintóticamente y normalmente distribuidos (Pedroni, 2001b; Kao y Chiang, 2001). Pedroni (2001b) argumenta que el estimador FMOLS se comporta relativamente bien e incluso en muestras pequeñas, genera estimaciones consistentes y permite controlar la endogeneidad de sus regresores y la correlación serial. Debido a lo anterior, en esta investigación se utilizarán ambos estimadores FMOLS y DOLS para paneles heterogéneos cointegrados.

Tabla 7. Modelo a largo plazo con DOLS y FMOLS.

Variable	Muestra completa		Muestra sin ACV	
	DOLS Coeficientes	FMOLS Coeficientes	DOLS Coeficientes	FMOLS Coeficientes
PIB	2.932***	3.631***	2.756***	3.719***
PIB cuadrado	-0.130**	-0.168***	-0.111**	-0.168***

Nota: *** y ** denota rechazo de la hipótesis nula de no cointegración al 1 y 5 por ciento de significancia, respectivamente. Se utilizó el paquete de econometría Eviews 10 para realizar las pruebas.

De acuerdo a la tabla 7, con los estimadores FMOLS y DOLS todas las variables son estadísticamente significativas para las dos muestras. La elasticidad de largo plazo del PIB por habitante es positiva, lo cual implica que a medida que aumenta la actividad económica también aumentan las emisiones de dióxido de carbono. También, para las dos muestras de países, la hipótesis de la CAK es avalada por los resultados, puesto que el coeficiente del PIB es positivo y el del PIB al cuadrado es negativo, ambos estadísticamente significativos al 5 por ciento (o mejor) con los dos estimadores aplicados. Esto implica que a medida que la actividad económica crece, también lo hacen las emisiones contaminantes hasta cierto nivel, después de este punto, estas últimas crecen en menor medida que la producción para la muestra completa y para la muestra sin ACV.

Una vez que se ha confirmado la existencia de la relación a largo plazo entre las variables, debe haber una relación causal en al menos una dirección (Granger, 1988). Sin embargo, en la econometría de datos de panel la heterogeneidad de las unidades de corte transversal es importante y hay que tomarla en cuenta. Dada la heterogeneidad de la muestra de países en esta investigación, las relaciones de causalidad se estiman a través de una propuesta reciente desarrollada por Dumitrescu y Hurlin (DH, 2012) para modelos de datos panel heterogéneos. Esta prueba plantea la hipótesis nula de no causalidad homogénea en contra de la alternativa en dos subgrupos: para el primero, hay una relación causal entre dos variables; y en el segundo, no hay relación causal entre estas dos variables.

Tabla 8. Resultados de la prueba de causalidad heterogénea.

Hipótesis nula	Muestra completa	Muestra sin ACV
	Zbar-Stat.	Zbar-Stat.
PIB no causa homogéneamente a CO ₂	3.971***	4.201***
CO ₂ no causa homogéneamente a PIB	3.808***	3.830***
PIB Cuadrado no causa homogéneamente a CO ₂	3.880***	4.098***
CO ₂ no causa homogéneamente a PIB Cuadrado	3.641***	3.650***
PIB Cuadrado no causa homogéneamente a PIB	1.671*	1.722*
PIB no causa homogéneamente a PIB Cuadrado	1.493	1.543

Nota: *** y * denota rechazo de la hipótesis nula de no cointegración al 1 y 10 por ciento de significancia, respectivamente. Se utilizó el paquete de econometría Eviews 10 para realizar las pruebas.

De acuerdo con la tabla 8, la prueba muestra que la relación de causalidad entre las emisiones y la actividad económica es bidireccional, con un nivel de significancia del 1 por ciento para las dos muestras. Lo anterior implica que existe complementariedad entre las dos variables, es decir, la actividad económica contiene información importante que ayuda a predecir de mejor manera el comportamiento de las emisiones, mientras que estas últimas también tienen información importante para generar poder predictivo sobre la actividad económica. Los resultados exponen la relación entre PIB/hab, PIB/hab² y CO₂ de manera que se puede verificar que la relación entre la actividad económica y las emisiones contaminantes validan la hipótesis de la CAK para los 19 países de AL, lo que implica la posibilidad de un mejoramiento en cuanto las emisiones CO₂ por unidad de producto (riqueza) generada a medida que aumentan los niveles de ingreso per cápita, bajo una perspectiva optimista. Esto, sin embargo, no implica que disminuyan los niveles de contaminación o deterioro ambiental en términos absolutos, para las emisiones contaminantes analizadas. Se pudo corroborar lo que han revisado otros estudios con técnicas distintas, en lo referente a la relación de las variables analizadas en el estudio. No obstante, sería interesante abordar, entre otras cosas, el empleo de pruebas no paramétricas para el análisis, como el sugerido por Wang (2011).

CONCLUSIONES

En el presente artículo se estudia la hipótesis de la CAK para los países de AL durante el periodo 1970-2016. Para ello, se utiliza un análisis econométrico con datos panel no estacionarios. Los resultados muestran que las variables (CO₂ por habitante y PIB por habitante) son integradas de orden uno y hay dependencia de sección cruzada en cada una de ellas.

Existe relación de cointegración o de equilibrio a largo plazo entre las variables y se avala la hipótesis CAK, lo cual implica que en los países de AL, en las primeras

etapas del desarrollo económico, aumentan las emisiones CO₂ y la actividad económica hasta alcanzar cierto nivel de ingreso, después de este punto las emisiones tienden a crecer a un menor ritmo que la actividad económica, manteniendo la forma de U invertida en la relación entre estas dos variables. Además, existe una relación de causalidad bidireccional entre ambas variables, lo cual implica que cualquier cambio en la actividad económica afecta a las emisiones contaminantes y viceversa, es decir, ambas variables son complementarias y cada una tiene información importante que ayuda a predecir de mejor manera el comportamiento de la otra.

En términos de política económica se recomienda el fortalecimiento tanto de los marcos legales, así como de estímulos a la innovación en materia de energéticos para reducir las emisiones CO₂ por unidad de crecimiento económico. La renovación de nuevos sistemas de transporte público y transporte en general, así como la producción de energías limpias son fundamentales para reducir una parte de las emisiones contaminantes. Al respecto, las energías renovables como solar o eólica, constituyen una alternativa, dado que la región cuenta con un potencial importante en la materia como demuestran Meisen y Krumpel (2009). Algunas líneas de investigación pendientes para la región de estudio son el efecto de las regulaciones en materia de emisiones de CO₂ y otros contaminantes para verificar el impacto de las mismas. Además de incluir metodologías que permitan la posible presencia de cambios estructurales en las variables de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apergis, Nicholas y Payne, James (2009). "CO₂ emissions, energy usage, and output in Central America", *Energy Policy*, 37 (8), pp. 3282-3286.
- Baldwin, Richard (1995), "Does sustainability require growth?", en Goldin, Ian y Winters, Alan (eds.), *The Economics of Sustainable Development*, Centre For Economic Policy Research, Cambridge University Press, pp. 19-46.
- Balsalobre-Lorente, Daniel; Shahbaz, Muhammad; Ponz-Tienda, José Luis y Cantos-Cantos, José María (2017), "Energy Innovation in the Environmental Kuznets Curve (EKC): A Theoretical Approach", *Carbon Footprint and the Industrial Life Cycle*, Springer, Cham, pp. 243-268.
- Balsalobre-Lorente, Daniel; Alvarez-Herránz, Agustín; Olaya, Antonio y Cantos-Cantos, José María (2011), "La curva medioambiental de Kuznets y la innovación energética en países de la OCDE", Universidad de Castilla-La Mancha, pp. 1-23.
- Baltagi, Badi (1995), *Econometric Analysis of Panel Data*, John Wiley and Sons, New York, B01K2R490S.
- Banco Mundial (2020), *Datos de libre acceso del Banco Mundial*, disponible en: <https://datos.bancomundial.org/>, consulta: 20 de octubre de 2020.

- Catalán, Horacio (2014), “Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable”, *Economía Informa*, 389, pp. 19-37.
- Choi, In (2001), “Unit Root Tests for Panel Data”, *Journal of Intern. Money and Finance*, 20, pp. 249-272, disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(00\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(00)00048-6).
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) 2019, *Informe sobre el Comercio y el Desarrollo 2019. Financiar un New Deal Verde Global*, Ed. Organización de Naciones Unidas, disponible en: https://unctad.org/es/system/files/official-document/tdr2019overview_es.pdf.
- Correa, Francisco (2004), “Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva de Kuznets”, *Semestre Económico*. 7 (14), pp. 74-104.
- (2007), “Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: evidencia empírica para América Latina”, *Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 6, núm. 10, pp. 11-30, ISSN 1692-3324, Medellín.
- Costanza, Robert y Daly, Herman (1992), “Natural capital and sustainable development”, *Conservation Biology*, 6 (1), pp. 37-46.
- Daly, Herman (1996), *Beyond growth: the economics of sustainable development*, Beacon Press, Boston.
- Dasgupta, Susmita; Laplante, Benoit; Wang, Hua y Wheeler, David (2002), “Confronting the environmental Kuznets curve”, *Journal of Economic Perspectives*, 16 (1), pp. 147-168.
- Deacon, Robert y Norman, Catherine (2006), “Is the environmental Kuznets curve an empirical regularity?”, *Explorations in Environmental and Natural Resource Economics*, 97, Ed. Halvorsen R., y Layton, D., Massachusetts.
- Giljum, Stefan; Dittrich Monika; Lieber, Mirko y Lutter, Stephan (2014), “Global Patterns of Material Flows and their Socio-Economic and Environmental Implications: A MFA Study on All Countries World-Wide from 1980 to 2009”, *Resources*, 3 (1), pp. 319-339, DOI: 10.3390/resources3010319.
- Gómez, Mario y Rodríguez, José Carlos (2020), “Analysis of the environmental Kuznets curve in the NAFTA Countries, 1971-2014”, *EconoQuantum*, pp. 57-79.
- Goodstein, Eban (1995), *Economics and the Environment*, Prentice Hall.
- Granger, Clive (1988), “Some recent development in a concept of causality”, *Journal of Econometrics*, 39, pp. 199-211, disponible en: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(88\)90045-0](https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90045-0).
- Guilló, María Dolores y Magalhaes, Manuela (2018), “Long-run Sustainability in the Green Solow Model”, *QMYET Working Papers*, 18-2, University of Alicante, D. Quantitative Methods and Economic Theory, disponible en: <https://web.ua.es/es/dmcte/documentos/qmetwp1802.pdf>, consulta: agosto de 2018.
- Ike, George; Usman, Ojonugwa y Sarkodie, Samuel Asumadu (2020), “Testing the role of oil production in the environmental Kuznets curve of oil producing countries:

- New insights from Method of Moments Quantile Regression”, *Science of the Total Environment*, 711, pp. 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135208>.
- Im, Kyung So; Pesaran, Hashem y Shin, Yongcheol (2003), “Testing for unit roots in heterogeneous panels”, *Journal of Econometrics*, 115, pp. 53-74, disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7).
- Kao, Chihwa y Chiang, Min Hsien (2001), “On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data”, in Baltagi, Badi; Fomby, Thomas y Carter Hill, R. (eds.), *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels (Advances in Econometrics)*, Emerald Group Publishing Limited, 15, pp. 179-222, ISBN: 978-0-76230-688-6 e ISBN: 978-1-84950-065-4.
- Jahan, Selim y Jespersion, Eva (2015), Informe sobre Desarrollo Humano 2015, *Estados Unidos: Communications Development Incorporated*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Washington, p. 112.
- Levin, Andrew; Lin, Chien-Fu y Chu, Chia-Shang James (2002), “Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties”, *Journal of Econometrics*, 108, pp. 1-24, disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(01\)00098-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00098-7).
- Maddala, G. S. y Wu, S. A. (1999), “Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*; 61, pp. 631-652, disponible en: <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1631>.
- Martínez Alier, Joan (2015), “Ecología política del extractivismo y justicia socio-ambiental”, *Interdisciplina*, 3 (7), disponible en: <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2015.7>.
- Martínez, Alier Joan y Jusmet, Jordi Roca (2015), *Economía ecológica y política ambiental*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Meadows, Donella; Meadows, Denni; Randers, Jorge y Behrens, William (1972), *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Mesarovic, Mihajio y Pestel, Eduard (1975), *La humanidad en la encrucijada, segundo informe del Club de Roma*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Meisen, Piter y Krumpel, Sebastián (2009), *El potencial de América Latina con referencia a la energía renovable*, Global Energy Network Institute, San Diego.
- Molpeceres, Antonio; Gray Molina, George; Souvervielle Martínez Luis René; Hernández Licona, Gonzalo y Calderón Cuevas, Eduardo (2016), Presentación del Informe Regional sobre Desarrollo Humano para América Latina y el Caribe, “progreso multidimensional: bienestar más allá del ingreso”.
- Nadal Egea, Alejandro y Aguayo, Francisco (2020), “Los motores de la degradación ambiental: el modelo macroeconómico y la explotación de los recursos naturales en América Latina”, *Estudios y Perspectivas*, 185. Cepal-México.
- Navarrete, Maxwell; Brull, Mauricio; Torre, Arturo; Gómez, David y Torres, Diana (2009), “Verificación de la Curva Ambiental de Kuznets: El caso de México”, *Revista Estudiantil de Economía*, año 1, núm. 1, pp. 37-54.

- Ortiz-Paniagua, Carlos Francisco y Ortega Gómez, Priscila (2016), “Retomando fundamentos y paradigmas para el tránsito de la crisis ambiental hacia sociedades sustentables”, *Sociedad y Ambiente*, (10), pp. 113-131.
- Pablo-Romero, María del Pópulo y De Jesús, Josué (2016), “Economic growth and energy consumption: The energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, pp. 1343-1350.
- Pablo-Romero, María del Pópulo; Cruz, Luís y Barata, Eduardo (2017), “Testing the transport energy-environmental Kuznets curve hypothesis in the EU27 countries”, *Energy Economics*, 62, pp. 257-269.
- Panayotou, Theodore (1997), “Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool”, *Environment and Development Economics*, pp. 465-484.
- Pedroni, Peter (1999), “Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61 (S1), pp. 653-670.
- (2001a), “Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels”, in Baltagi, Badi; Fomby, Thomas y Carter Hill, R. (eds.), *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels*, Emerald Group Publishing Limited, USA, ISBN: 978-0-76230-688-6 e ISBN: 978-1-84950-065-4.
- (2001b), “Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels”, *Nonstationary Panels, Panel cointegration, and Dynamic panels*, Emerald Group Publishing Limited, pp. 93-130.
- (2004), “Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis”, *Econometric Theory*, 20 (3), pp. 597-625.
- Pesaran, Hashem (2007), “A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence”, *Journal of Applied Econometrics*, 22, pp. 265-312, disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jae.951>.
- Phillips, Peter y Moon, Hyungsik (1999), “Linear regression limit theory for non-stationary panel data”, *Econometrica*, 67, pp. 1057-1111, disponible en <https://www.jstor.org/stable/2999513>.
- PNUD 2020, *Human Development Reports*, Base de datos, disponible en: <http://hdr.undp.org/en/data#>, consulta 20/10/2020.
- PNUMA (2016), Resumen de las Evaluaciones Regionales GEO-6, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (34 pp.).
- Rehermann, Federico y Pablo-Romero, María (2018), “Economic growth and transport energy consumption in the Latin American and Caribbean countries”, *Energy Policy*, 122, pp. 518-527.
- Richmond, Amy y Kaufmann, Robert (2006), “Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?”, *Ecological Economics*, 56 (2), pp. 176-189.

- Riti, Joshua Sunday; Song, Deyong; Shu, Yang y Kamah, Miriam (2017), “Decoupling CO₂ emission and economic growth in China: Is there consistency in estimation results in analyzing environmental Kuznets curve?”, *Journal of Cleaner Production*, 166, pp. 1448-1461.
- Selden, Thomas y Song, Daqing (1994), “Environmental quality and development: a Kuznets curve for air pollution emissions?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27 (2), pp. 147-162.
- Stern, David; Common, Michael y Barbier, Edward (1996), “Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development”, *World Development*, 24 (7), pp. 1151-1160.
- Stern, David (2004), “The rise and fall of the environmental Kuznets curve”, *World Development*, 32 (8), pp. 1419-1439.
- Torras, Mariano y Boyce, James (1998), “Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve”, *Ecological Economics*, 25 (2), pp. 147-160.
- United Nations Development Program (UNDP) (2018), *Human Development Data (1990-2015)*, Base de datos disponible en: <http://hdr.undp.org/en/data#>, consulta: septiembre de 2018.
- Vergara, Juan Carlos; Maza, Francisco Javier y Quesada, Víctor Manuel (2018), “Crecimiento económico y emisiones de CO₂: el caso de los países suramericanos”, *Revista ESPACIOS*, 39 (13).
- Wagner, Martin (2008), “The carbon Kuznets curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics?”, *Resource and Energy Economics*, 30 (3), pp. 388-408.
- Wang, Li (2011), “A nonparametric analysis on the environmental Kuznets curve”, *Environmetrics*, 22 (3), pp. 420-430.
- World Bank (2018), Purchasing power parities and the size of world economics. Results from 2017, international comparison program, World Bank, NW, Washington, disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33623>.
- Zilio, Mariana Ines y Recalde, Marina (2011), “GDP and environment pressure: the role of energy in Latin America and the Caribbean”, *Energy Policy*, 39 (12), pp. 7941-7949.
- Zilio, María Ines (2012), “Curva de Kuznets ambiental: La validez de sus fundamentos en países en desarrollo”, *Cuadernos de Economía*, 35, pp. 43-54.
- Zilberman, David; Gordon, Ben; Hochman, Gal y Wesseler, Justus (2018), “Economics of sustainable development and the bioeconomy”, *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40 (1), pp. 22-37, disponible en: <https://doi.org/10.1093/aep/ppx051>.