

Oliva Sandoval, Eduardo Rolando

Working Paper

El efecto del crecimiento económico en la degradación ambiental: Una aproximación empírica mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental

Documento de Trabajo, No. 06/19

Provided in Cooperation with:

Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), Universidad Católica Boliviana

Suggested Citation: Oliva Sandoval, Eduardo Rolando (2019) : El efecto del crecimiento económico en la degradación ambiental: Una aproximación empírica mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental, Documento de Trabajo, No. 06/19, Universidad Católica Boliviana, Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), La Paz

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/248798>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Documento de Trabajo IISEC-UCB No. 06/19, octubre 2019

El efecto del crecimiento económico en la degradación ambiental: Una aproximación empírica mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental

Eduardo Rolando Oliva Sandoval
Instituto de Investigaciones Socio Económicas
Universidad Católica Boliviana “San Pablo”

Octubre de 2019

Este trabajo de investigación fue realizado en el marco del convenio institucional entre el Instituto de Investigaciones Socio Económicas de la Universidad Católica Boliviana San Pablo y Hanns Seidel Stiftung.

Documento online: <http://www.iisec.ucb.edu.bo/publicaciones-documentos-de-trabajo-iisec-bolivia>

Cita Sugerida: Oliva Sandoval, E. R. (2019). El efecto del crecimiento económico en la degradación ambiental: Una aproximación empírica mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental (Documento de Trabajo IISEC-UCB No. 06/19). Retrieved from IISEC-UCB website: <http://www.iisec.ucb.edu.bo/publicaciones-documentos-de-trabajo-iisec-bolivia>

El efecto del crecimiento económico en la degradación ambiental: Una aproximación empírica mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental

Eduardo Rolando Oliva Sandoval
Instituto de Investigaciones Socio Económicas
Universidad Católica Boliviana “San Pablo”

Octubre de 2019

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo mostrar cómo el crecimiento económico afectó en la degradación ambiental en Bolivia en el periodo 1970-2012. Para cumplir con este fin se aplica el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA). La degradación ambiental es aproximada mediante el Consumo Doméstico Material (CDM), mientras que como variables proxies del crecimiento económico se toman en cuenta al PIB, PIB per cápita, valor agregado de la industria y el grado de apertura económica. Los resultados plantean que Bolivia se encuentra en la fase ascendente de la Curva de Kuznets Ambiental, lo cual significa que existe una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental. También se encuentra que el aspecto demográfico y el grado de apertura comercial tienen incidencia en la degradación ambiental.

Palabras Clave: Crecimiento económico, Curva de Kuznets Ambiental, Contabilidad de flujos materiales, Consumo doméstico material.

ABSTRACT

The aim of this research is to show how economic growth affected environmental degradation in Bolivia in the period 1970-2015. To fulfill this purpose, the Environmental Kuznets Curve (EKC) model is applied. Environmental degradation is measured through Domestic Material Consumption (DMC), while as proxies' variables for economic growth the document considers GDP, GDP per capita, added value of the industry and the degree of economic openness. The results suggest that Bolivia is in the upward phase of the curve, which means that there is a positive relationship between economic growth and environmental degradation. It is also found that the demographic aspect and the degree of commercial openness have an impact on environmental degradation.

Keywords: Economic growth, Environmental Kuznets Curve, Material flow accounts, Domestic Material Consumption.

Introducción

Desde comienzos de la década de los noventa, los economistas empezaron a estudiar el efecto que tenía el crecimiento económico en el medio ambiente. Como resultado de estas investigaciones se estableció que la relación entre el crecimiento de la actividad económica y el deterioro del medio ambiente tiene la forma de una “U invertida” o más conocida como la Curva de Kuznets Ambiental.

Desde la publicación de esta curva, los investigadores han intentado comprobar si esta hipótesis se cumple para todos los países. Las primeras investigaciones confirmaron la existencia de dicha curva para los países desarrollados. Por tanto, se empezaron a tomar en cuenta diferentes indicadores ambientales como ser dióxido de carbono o el monóxido de carbono. Por otra parte, a medida que empezaron a generarse una mayor cantidad de datos, especialmente para los países en vías de desarrollo, se fueron ampliando las investigaciones para comprobar la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental.

Sin embargo, a medida que aumentaban estas investigaciones, comenzaron a surgir numerosas críticas al modelo. Por un lado, se empezó a detectar que algunos países no presentaban la famosa curva de “U invertida”. Por otro lado, las estimaciones del punto de inflexión variaban mucho de un país con otro. También surgieron críticas al modelo, afirmando que no solo el crecimiento es el responsable del deterioro ambiental.

En respuesta a las críticas a la Curva de Kuznets Ambiental, se empezaron a incluir otras variables al modelo. Entre las alternativas se tomaron variables que captaban aspectos institucionales, estructurales y de comercio internacional, entre otras. Recientemente, también se empezó a usar en el modelo otros indicadores de presión ambiental como ser los indicadores físicos de la contabilidad de flujos materiales.

En lo que respecta a las investigaciones realizadas para América Latina, se puede evidenciar que estas son muy limitadas. En su mayoría estas no analizan la evidencia empírica para cada país, sino para toda la región. Mientras que en el caso específico de Bolivia se ha observado que no existe ningún trabajo académico que verifique la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental. Por ende, la presente investigación tiene

como objetivo mostrar cómo afecto el crecimiento económico a la degradación ambiental en Bolivia en el periodo 1970-2012.

El documento está estructurado de la siguiente manera. La sección 1 considera los aspectos teóricos de la Curva de Kuznets Ambiental y de los indicadores de la Contabilidad de Flujos Materiales. Posteriormente, la sección 2 del trabajo muestra un análisis descriptivo de los indicadores derivados de la Contabilidad de Flujos Materiales. En la sección 3 se presenta el marco metodológico. La sección 4 está dedicada a los resultados obtenidos. Finalmente, la sección 5 contiene las conclusiones del trabajo.

I. Marco teórico

I.1. La Curva De Kuznets Ambiental (CKA)

I.1.1. Presencia de efectos individuales

Los primeros trabajos empíricos en analizar el crecimiento económico y el medio ambiente de manera conjunta fueron el estudio de Grossman y Krueger (1991) y el Informe sobre el Desarrollo Mundial (1992). El trabajo de Grossman y Krueger evaluó el impacto ambiental en México del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) entre Estados Unidos y México. Para analizar este impacto ambiental, se consideraron como indicadores ambientales al dióxido de azufre (SO₂), el smoke y partículas suspendidas (SPM) para 42 países en el periodo de 1977-1988, obtenidos de la base de datos del “Sistema de Monitoreo del Medio Ambiente Global” (GEMS) ¹.

Como resultado de su investigación, encontraron que las concentraciones de SO₂ y de smoke se incrementan a niveles bajos del PIB per cápita, pero que dichas concentraciones decrecen a medida que se eleva el PIB per cápita; lo cual origina una curva con forma de “U invertida”. Con respecto al tercer indicador (SPM), obtuvieron una relación monotonamente decreciente entre el SPM y el PIB per cápita.

No obstante, a partir del Informe sobre el Desarrollo Mundial de 1992, se comenzó a estudiar a profundidad la relación entre el crecimiento económico y el medio

¹ El Sistema de Monitoreo del Medio Ambiente Mundial (GEMS) es un esfuerzo colectivo de la comunidad mundial para adquirir datos necesarios para la gestión racional del medio ambiente. Esta base de datos surgió de las recomendaciones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano que se celebró en Estocolmo en 1972.

ambiente. En dicho informe se indica que el crecimiento de la actividad económica puede generar problemas ambientales, aunque estos se pueden minimizar con políticas e instituciones adecuadas (Banco Mundial, 1992). Este estudio incluyó el uso de 10 diferentes indicadores ambientales² y su relación con el ingreso per cápita para una muestra de 149 países, que abarcó el periodo de 1960-1990. Como resultado de la investigación se encontró que tanto el SO₂ como la SPM presentan una curva de “U invertida” con relación al ingreso per cápita.

A pesar de los resultados obtenidos por estas investigaciones, fue Panayotou (1993) el primero en nombrar a la curva de “U invertida” como la Curva de Kuznets Ambiental (CKA)³. La hipótesis de la CKA indica que la relación entre el crecimiento económico y la degradación del medio ambiente tiene la forma de una “U invertida”. Es decir, que en un comienzo la degradación ambiental se eleva a medida que el crecimiento económico se incrementa hasta llegar a un punto de inflexión, a partir del cual la degradación ambiental disminuye a medida que el crecimiento económico sigue aumentando.

El trabajo de Panayotou estimó la CKA en base al SO₂, óxidos de nitrógeno (NO_x) y SPM para países desarrollados con datos de la OCDE, y también construyó una base de datos para los países en vías de desarrollo llegando a obtener una muestra total de 54 países. En este caso, también se confirmó la hipótesis de la CKA.

A partir de los trabajos mencionados, empezaron a incrementarse las investigaciones para verificar la hipótesis de la CKA tanto en los países desarrollados, como en los países en vías de desarrollo. Entre estas investigaciones se tiene el trabajo de Selden y Song (1994) que estiman la CKA para el SO₂, NO_x, SPM y monóxido de carbono (CO) para 30 países desarrollados de una base de datos del Instituto de Recursos Mundiales (WRI)⁴. Como resultado, se confirmó la existencia de la curva de “U invertida” para los cuatro contaminantes estudiados.

² Entre estos indicadores ambientales se tiene: la falta de agua potable, falta de saneamiento urbano, concentraciones medias de partículas en las zonas urbanas, concentraciones medias de dióxido de azufre en las zonas urbanas, desechos municipales per cápita y las emisiones de dióxido de carbono per cápita.

³ Llamada así debido a la similitud con la Curva de Kuznets que muestra la relación entre la desigualdad de la distribución del ingreso y el nivel del ingreso, propuesta por Simon Kuznets (1955).

⁴ El Instituto de Recursos Mundiales es una organización mundial, no gubernamental, de investigación, que busca crear condiciones de equidad y prosperidad a través de la administración sostenible de los recursos naturales.

Posteriormente, Grossman y Krueger (1995) ampliaron su investigación pionera a catorce indicadores ambientales. Los resultados encontrados en este estudio muestran una relación de “U invertida” para el SO₂ y el smoke, aunque en el caso del SO₂ se presenta una curva en “forma de N”. Los autores confirman la existencia de la CKA debido a la demanda (o la oferta) de regulaciones ambientales para altos niveles de ingreso per cápita.

Por otra parte, los estudios que se han realizado para los países latinoamericanos son muy limitados. Inicialmente se tiene la investigación de Martínez Zarzoso y Bengochea (2003), quienes toman en cuenta las emisiones del CO₂ para una muestra de 19 países⁵ desde el año 1975 hasta 1998. Las autoras concluyen que, si bien las emisiones de CO₂ son menores que las de los países de la OCDE, existe un gran riesgo que estas no disminuyan a medida que los países latinoamericanos sean más ricos.

Navarrete et al. (2009) verifican la hipótesis de la CKA para México. Esta investigación solo toma en cuenta la relación entre el CO₂ y el PIB per cápita desde 1980 a 2004. Con base a los resultados obtenidos, se plantea que México se encuentra en la fase ascendente de la CKA.

Por otra parte, el estudio de Biswo et al. (2009) analiza la CKA para el CO₂ tomando en cuenta a 15 países de América Latina⁶ durante el periodo de 1980 a 2000. Preliminarmente, estos autores encuentran la curva de “U invertida” para un número limitado de países como Brasil, Colombia y Perú, mientras que hallan cierta concavidad en la curva para países como Argentina, Ecuador, Guatemala y Bolivia.

I.1.2. Punto de inflexión⁷

La hipótesis de la CKA plantea que la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico tiende a ser positiva hasta alcanzar cierto umbral del ingreso per cápita, que es más conocido como punto de inflexión. Desde los trabajos de Grossman y Krueger (1991), el Banco Mundial (1992) y Panayotou (1993) se ha tratado de establecer cuál es el ingreso per cápita que permite a un país atravesar de

⁵ Los países tomados en cuenta son: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, República Dominicana, Ecuador, Guyana, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay, Panamá, Perú, Salvador, Uruguay y Venezuela.

⁶ Los países tomados en cuenta son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

⁷ También conocido en la literatura como turning point.

una relación positiva entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, a una relación inversa entre estas variables.

El trabajo de Grossman y Krueger (1991) muestra que el punto de inflexión para el SO₂ y smoke se encuentra alrededor \$us.4.000 - \$us.5.000 del PIB per cápita. Por su parte, la investigación del Banco Mundial (1992) establece que el punto de inflexión está en \$us.3.000 y \$us.4.000 del ingreso per cápita para el SO₂ y SPM. Por otra parte, el estudio de Panayotou (1993) establece un punto de inflexión de \$us.3.000 per cápita para el SO₂, de \$us.5.500 per cápita para los NO_x y de \$us.4.500 per cápita para las SPM.

Para América Latina, el único trabajo que ha encontrado un punto de inflexión es el de Trujillo et al. (2013). Este estudio establece un punto de inflexión para los residuos sólidos en Colombia de \$us.13.682, mientras que para la región andina de Colombia es punto de inflexión es de \$us.14.359 para la región andina de Colombia y de \$us.14.012 para el resto del país.

Sin embargo, Unruh y Moomaw (1998) cuestionan si realmente existe un determinado ingreso per cápita que permita a un país revertir la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico. A esto, se debe añadir que hasta la fecha no se ha establecido un valor consensuado para el punto de inflexión. Los puntos de inflexión varían mucho dependiendo de la metodología, las variables tomadas en cuenta, la fuente de los datos y los modelos econométricos usados. Son por estas razones que la presente investigación no pondrá énfasis en encontrar el punto de inflexión para Bolivia.

I.1.3. Críticas a la CKA

Los primeros trabajos empíricos en analizar el crecimiento económico y el medio ambiente de manera conjunta fueron el estudio de Grossman y Krueger (1991) y el Informe sobre el Desarrollo Mundial (1992). El trabajo de Grossman y Krueger evaluó el impacto ambiental en México del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) entre Estados Unidos y México. Para analizar este impacto ambiental, se consideraron como indicadores ambientales al dióxido de azufre (SO₂), el smoke y partículas suspendidas (SPM) para 42 países en el periodo de 1977-1988, obtenidos de la base de datos del “Sistema de Monitoreo del Medio Ambiente Global” (GEMS).

I.1.4. Extensiones de la CKA

En respuesta a los problemas mencionados en el apartado anterior, se empezaron a realizar investigaciones con matrices distintas. Entre los trabajos que más sobresalientes, se encuentra la investigación de Westbrook (1995) que se enfoca en países con estructuras económicas distintas. El investigador concluye que los países con sectores enfocados a la agricultura y los servicios emiten menos contaminantes que aquellos países enfocados en sectores industriales.

También está la investigación de Rock (1996) que introduce variables relacionadas al comercio exterior. Los autores concluyen que la tasa de crecimiento de las exportaciones y la tasa de participación de las exportaciones en el PIB están relacionadas de manera directa con los índices de contaminación.

Por otra parte, la estudio de Torras y Boyce (1998) toma en cuenta variables de libertad política como el coeficiente de GINI, alfabetismo y el índice de libertad civil. En su investigación se concluye que existe una relación negativa entre las variables añadidas y los indicadores ambientales.

Finalmente, entre las investigaciones destacadas, se tiene el trabajo de Unruh y Moomaw (1998) que plantean que la hipótesis de la CKA debe estar acompañada del contexto histórico. Para enfatizar su planteamiento, estos autores toman como ejemplo las reducciones de los niveles de contaminación en la década del 70' que fueron impulsadas por eventos como la crisis del petróleo de 1973.

Entre los trabajos para América Latina que siguieron este enfoque, se tiene el de Saravia (2002) que es el primer estudio sobre la CKA para los países de América Latina y el Caribe que toma como indicadores ambientales al SO₂ y CO₂. Como variables independientes toma en cuenta al PIB real per cápita expresado en dólares constantes de 1985, el coeficiente de GINI, la población y el tiempo. Para realizar la estimación se considera una muestra de 11 países de la región⁸ en el periodo de 1980-1997. Entre los resultados obtenidos, la autora encuentra que existe una relación positiva entre los indicadores ambientales y el PIB per cápita. También se determina que existe una relación positiva entre el coeficiente de GINI y los indicadores ambientales lo cual

⁸ Los países que fueron tomados en cuenta son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay, Venezuela, Costa Rica y México.

implica que a medida que la desigualdad en la distribución del ingreso se incrementa, existe una mayor degradación ambiental.

Posteriormente, Correa (2005) toma en cuenta al CO₂, SO₂ y la DBO, como variables de respuesta y como variables explicativas considera al PIB per cápita, el coeficiente de GINI y la tasa de alfabetización. Los resultados muestran que, tanto para el CO₂, como el SO₂ y la DBO existe una relación positiva con respecto al PIB per cápita lo cual demuestra que Colombia aún se encuentra en la fase ascendente de la CKA. Con respecto al coeficiente de GINI y la tasa de alfabetización, no se obtuvieron coeficientes significativos, con excepción del coeficiente de GINI para el SO₂ que muestra una relación negativa.

Por otro lado, la investigación de Trujillo et al. (2013) analiza los residuos sólidos en rellenos sanitarios para 707 municipios de Colombia. Si bien el periodo de análisis es corto, de 2008-2011, se añaden como variables a la densidad poblacional y la altitud sobre el nivel del mar, aparte del PIB per cápita. Como resultado, los autores encuentran evidencia que sustenta la existencia de la CKA.

Por su parte, Zilio y Caraballo (2014) plantean contrastar la hipótesis de la CKA para los países de América Latina y el Caribe mediante la relación entre las emisiones de CO₂ per cápita y el PIB per cápita para una muestra de 21 países⁹ durante el periodo 1960-2008. También añaden variables como el valor agregado del sector industrial como porcentaje del PIB y el grado de apertura de la economía¹⁰. En base a los resultados obtenidos se evidencia que no existe pruebas para verificar la existencia de la hipótesis de la CKA en América Latina y el Caribe. El trabajo advierte que para los países pobres existe una relación positiva entre el grado de apertura económica y las emisiones de CO₂.

⁹ Los países tomados en cuenta son: Argentina, Barbados, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

¹⁰ Para Zilio y Caraballo (2014) el signo esperado del coeficiente asociado al valor agregado del sector industrial debería ser positivo ya que una mayor participación de la industria generaría mayores emisiones, mientras que el signo esperado del coeficiente de grado de apertura de la economía es difícil de precisar ya que el comercio internacional actuaría como vínculo por el cual los efectos medio ambientales adversos generados por actividades intensivas disminuyen en un país, pero aumentan en otros.

Finalmente, se tiene la investigación de Martínez et al. (2017) que toman una muestra de 11 países del continente sudamericano¹¹ desde 1991 hasta 2014. Como variable de respuesta se considera al CO₂ y como variables explicativas al PIB per cápita, la población, la inversión extranjera directa, el desempleo y la exportación de bienes y servicios. Entre los resultados más importantes, se encuentra que Colombia es el único país de la región que cumple con la hipótesis de la CKA para todas las variables explicativas. Bolivia muestra una CKA solo para la variable de inversión extranjera directa y la exportación de bienes y servicios. Mientras que Ecuador y Uruguay presentan una CKA solo con la variable de población. El caso de Venezuela, se evidencia la CKA cuando se toma en cuenta la variable de exportación de bienes y servicios. Por otra parte, se evidencia que el resto de países de la región no poseen una CKA.

I.2. La Contabilidad de Flujos Materiales (CFM)

La Contabilidad de Flujos Materiales (CFM) es una metodología que ayuda a estudiar el metabolismo social de las economías¹². Esta metodología contabiliza todos los residuos materiales que ingresan en una economía, los cambios de stocks de residuos materiales que se producen dentro de la misma y las salidas de residuos materiales hacia otras economías (Russi et al., 2008; Vallejo, 2015). En otras palabras, la CFM contabiliza todos los desechos materiales que generan las economías.

Entre las virtudes que tiene la CFM se puede resaltar que es una herramienta que puede ser usada para la toma de decisiones políticas ya que proporciona indicadores, llamados indicadores físicos, que muestran de forma agregada la composición y cambios en la estructura física de los sistemas socioeconómicos (Fischer-Kowalski et al., 2011). Por otro lado, estos indicadores físicos miden el impacto ambiental de la actividad económica de una nación de manera similar a la contabilidad del Producto Interno Bruto (Fischer-Kowalski et al., 2011; Vallejo, 2015). También se puede destacar que la CFM tiene la misma estructura que la contabilidad económica, lo cual ayuda a realizar análisis paralelos entre la CFM y la contabilidad nacional (Giljum, 2008). Sin embargo, la CFM no debe considerarse como una evaluación completa del impacto ambiental de

¹¹ Los países tomados en cuenta son: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela.

¹² El metabolismo social es un enfoque que se deriva de la economía ecológica. Este enfoque muestra los intercambios de residuos materiales entre la economía y el medio ambiente (Vallejo, 2015).

una economía, más bien se la debe considerar como un indicador indirecto de sostenibilidad (González Martínez et al., 2010).

A pesar que la CFM ha tenido muchos avances a nivel mundial, la construcción de un balance completo de materiales para toda una economía es una tarea compleja (Vallejo, 2015). Es por esta razón que se han elaborado manuales que establecen directrices para elaborar estos datos, siendo la metodología planteada por la Unión Europea (EUROSTAT, 2001, 2013, 2018) la más usada por la mayoría de las investigaciones y la que será tomada en cuenta para el presente estudio.

I.2.1. Clasificación de las categorías y subcategorías de la CFM

Todos los indicadores derivados de la CFM se dividen en tres categorías, y cada categoría presenta a su vez subcategorías como se puede apreciar en la Tabla 1¹³.

Tabla 1: Categorías y subcategorías de los indicadores físicos

Biomasa	Combustibles fósiles	Minerales
Cultivos para la alimentación	Carbón	Minerales ferrosos
Cultivos para el forraje	Petróleo	Minerales no ferrosos
Animales	Gas natural	Minerales no metálicos (Construcción)
Silvicultura		Minerales no metálicos (Industria)
Otra biomasa		

Fuente: Elaboración propia.

I.2.2. Indicadores físicos de la CFM

Inicialmente se tienen los Flujos Materiales. Los Flujos Materiales son la base de toda la CFM y sobre los cuales se construye los Indicadores Físicos. A continuación, se muestran los Flujos Materiales:

- **Extracción doméstica (ED):** Extracción de recursos naturales realizada por los seres humanos o a través de tecnologías controladas por personas. Hace referencia al paso de la transformación de recursos a bienes; es decir que contabiliza los residuos materiales que se genera dentro de la misma economía.
- **Importaciones físicas (M) y exportaciones físicas (X):** Productos importados y exportados que están clasificados según su principal componente

¹³ Para mayor detalle sobre la descripción de cada categoría, el lector debe consultar el apéndice del presente trabajo.

material¹⁴. Se refiere a todos los residuos materiales que son importados en la economía y exportados a otras economías. Las importaciones físicas son consideradas como un flujo de entrada, mientras que las exportaciones físicas son un flujo de salida para la economía.

Una vez identificados los Flujos Materiales, se puede construir los Indicadores Físicos. Los Indicadores Físicos permiten identificar las presiones que ejerce la actividad humana en el medio ambiente. A continuación, se muestra los Indicadores Físicos que pueden ser obtenidos:

- **Entradas directas de materiales (EDM):** Entradas de insumos de materiales domésticos y externos utilizados en actividades económicas. Es un indicador del ingreso material de un sistema económico usado para producir valor agregado. Se obtiene sumando la extracción doméstica utilizada y las importaciones físicas.

$$EDM = ED + M$$

- **Consumo doméstico de materiales (CDM):** Fracción de todos los materiales que permanecen en el sistema económico hasta ser desechados al ambiente¹⁵. En otras palabras, mide el consumo directo de materiales asociado al proceso de producción y consumo de una economía. Conceptualmente, este indicador puede considerarse como un equivalente del PIB en términos físicos¹⁶ (Minaya, 2018; Russi et al., 2008). Para obtener el CDM se debe sumar la extracción doméstica más las importaciones físicas y restando las exportaciones físicas.

$$CDM = EDM - X$$

- **Balance comercial físico (BCF)¹⁷:** Salida (entrada) neta de residuos materiales desde (hacia) el medio ambiente doméstico hacia (desde) otras economías del mundo. Se debe considerar que esta definición es opuesta a la

¹⁴ Esta clasificación está basada según su nivel de procesamiento ISIC Rev.2 de Naciones Unidas.

¹⁵ Debido a su definición, ha surgido un debate sobre si el CDM debería ser considerado como indicador bienestar material o confort material en las sociedades (Giljum, 2008).

¹⁶ Para Vallejo (2015), el CDM puede considerarse como un indicador del potencial de desperdicio doméstico debido a que los procesos productivos están transformando continuamente los insumos de un país en productos. Una fracción de estos productos es convertida en exportaciones físicas, mientras que la proporción restante es lo que se conoce como CDM.

¹⁷ Para Giljum (2008) el BCF es posiblemente el indicador más importante que se deriva de la CFM.

balanza comercial monetaria debido a que los flujos monetarios y físicos se mueven en direcciones opuestas. Un BCF negativo indica que existe una mayor cantidad de residuos materiales domésticos que salen del territorio nacional en relación con los que ingresan (exportador neto)¹⁸. Para obtener este indicador se calcula la diferencia entre las exportaciones físicas y las importaciones físicas.

$$BCF = M - X$$

- **Intensidad material:** Consumo doméstico de residuos materiales por unidad de producción en términos del PIB; es decir, un indicador que muestra la eficiencia de una economía de convertir residuos materiales en PIB. Mientras menor, más eficiente es una economía, ya que menor es la cantidad de residuos por unidad del PIB que se genera (Minaya, 2018; PNUMA, 2013; Russi et al., 2008). La forma de obtener este indicador es dividiendo el consumo material doméstico sobre el PIB.

$$Intensidad\ material = \frac{CDM}{PIB}$$

- **Consumo doméstico material per cápita:** Consumo doméstico de materiales por unidad de producción en términos de la población muestra cuantas toneladas de residuos por persona se genera en una determinada economía.

$$CDM\ per\ cápita = \frac{CDM}{población}$$

1.3. El modelo de la CKA basada en el indicador de consumo doméstico

Gran parte de los estudios sobre la CKA se han enfocado en el uso de indicadores ambientales como el SO₂, NO_x, SPM, CO₂, entre otros, lo cual ha limitado el estudio entre crecimiento económico y la degradación ambiental. Debido a esta limitación, se han presentado alternativas para encarar este problema. Una de estas alternativas proviene de la economía ecológica (Minaya, 2018).

¹⁸ Se debe considerar que los materiales se obtienen gracias a procesos extractivos que generan presiones sobre los recursos domésticos renovables y no renovables lo cual deteriora el ambiente en beneficio de los importadores (Giljum, 2008; Vallejo, 2015).

Como se ha ido sustentando en los puntos anteriores, los indicadores derivados de la CFM pueden ser considerados como indicadores de presión ambiental al igual que el SO₂ o el CO₂, pero con la ventaja que estos contemplan toda la presión ambiental de una economía en un solo indicador. Debido a esta gran ventaja, los investigadores han empezado a introducir indicadores físicos en el modelo de la CKA para verificar si se cumple esta hipótesis.

Entre los primeros trabajos, se tiene la investigación de Vehmas et al. (2007). Este trabajo toma a 15 países de la Unión Europea (UE) durante el periodo de 1980 y 2000. Como indicadores ambientales se considera a la EDM per cápita y el CDM per cápita, mientras que como variables independientes se toma en cuenta al consumo público y privado, y al PIB. Entre los resultados obtenidos, se evidencia que los países de la UE se encuentran en la fase descendente de la CKA. Las conclusiones indican que la mayoría de los países de la UE son importadores netos, con excepción de Grecia, Suecia y el Reino Unido¹⁹. También se concluye que la intensidad de materiales ha ido disminuyendo, lo cual significa que ha habido un incremento de la eficiencia en las economías de los países miembros, aunque en términos absolutos el uso material ha aumentado.

También, se tiene la investigación de Auci y Vignami (2013) que consideran al CDM per cápita como indicador ambiental, y como variables explicativas consideran al PIB per cápita, gasto del consumo final, el coeficiente de apertura comercial y el gasto nacional en investigación y desarrollo. El estudio comprende 27 países miembros de la UE y 3 países europeos que no son miembros desde el 2000 al 2010. Los resultados indican que los países que fueron tomados en cuenta han llegado al punto de inflexión y se encuentran en la fase descendente de la CKA. Con respecto al gasto del consumo final, se encontró que existe una relación positiva entre esta variable y el CDM per cápita, lo cual significa que a medida que el gasto de consumo final se incrementa, el requerimiento de recursos naturales para mantener dicho gasto también se incrementará. Para el coeficiente de apertura comercial se obtuvo un signo negativo, lo que significa que a medida que existe más apertura comercial, se reduce el CDM. Según los autores, este último resultado se debe a que los países europeos relocalizan sus

¹⁹ Debe considerarse que esta investigación fue realizada antes de que el Reino Unido se saliera de los países miembros de la EU.

productos intensivos en material en economías en desarrollo, y que las economías más abiertas son más eficientes tecnológicamente. Asimismo, para el coeficiente de gasto en investigación y desarrollo se obtuvo un signo negativo. Para los autores, esto se explica porque el gasto en este campo está orientado a generar tecnologías que reduzcan el uso de recursos naturales.

En otro estudio, Auci y Vignami (2014) consideran solamente la relación que existe entre el CDM y el PIB. Para establecer esta relación comparan 27 países miembros de la UE con 30 países europeos del oeste. Según los resultados obtenidos, descartan la hipótesis de la CKA debido a que los puntos de inflexión son muy elevados. Finalmente concluyen que debe existir una intervención del gobierno en los países tomados en cuenta para reducir la presión ambiental.

Para el caso de América Latina, el único trabajo que ha comprobado la hipótesis de la CKA con algún indicador derivado de la CFM, ha sido la investigación de Minaya (2018). Dicha investigación se propone comprobar si existe una CKA para el Perú tomando en cuenta el CDM como indicador de presión ambiental, mientras que considera al PIB y al PIB per cápita como variables independientes para el periodo de 1970 al 2015. Como resultado, la autora evidencia que el Perú se encuentra en la fase ascendente de la CKA, es decir, que a medida que la economía peruana va creciendo, esta genera a la par un impacto ambiental negativo.

II. Análisis de los indicadores de la contabilidad de flujos materiales

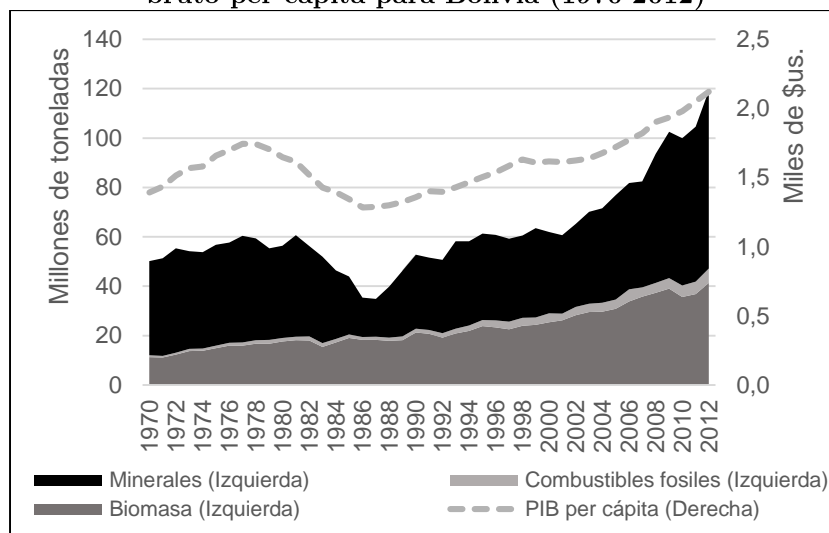
II.1. Consumo doméstico de materiales (CDM)

Para observar cómo ha evolucionado el CDM en Bolivia, el Gráfico 1 muestra el consumo doméstico material por categorías y el PIB per cápita para Bolivia desde 1970. Por un lado, se puede apreciar que, a inicios del periodo la cantidad de residuos materiales generados fue de 50,1 millones de toneladas; mientras que al final del periodo este valor se incrementó cerca a los 119 millones de toneladas. La tasa de crecimiento anual para este indicador es de 2,1%.

Por otro lado, el Gráfico 1 muestra que el PIB per cápita para 1970 estaba cercano a los \$us.1.300, punto a partir del cual fue incrementado hasta llegar a un valor

de \$us.1.700 para 1977. Ya desde 1978, este indicador fue decreciendo con el pasar de los años hasta llegar al punto más bajo registrado en 1986 (\$us.1.200). Pero desde 1987 fue aumentando hasta llegar a los \$us.2.100 para el final del periodo. Se tiene una tasa de crecimiento anual de 1,3% del PIB per cápita.

Gráfico 1: El consumo doméstico de material por categorías y el producto interno bruto per cápita para Bolivia (1970-2012)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database y el Banco Mundial. Nota: Los del PIB per cápita están en \$us. constantes de 2010.

Por otra parte, la Tabla 2 muestra el porcentaje de participación del consumo doméstico material para Bolivia por subcategorías. Primeramente, se puede apreciar que la categoría de biomasa elevó su porcentaje de participación a lo largo del tiempo, lo cual significa que ha existido un crecimiento en el sector agropecuario y agroindustrial. Para Vallejos (2015) esta categoría es considerada como un flujo metabólico fundamental para el sistema socioeconómico ya que es una fuente de nutrientes para la población. Otra característica para resaltar es que la categoría de combustibles fósiles muestra un porcentaje muy bajo de participación lo cual muestra que Bolivia no es una economía industrializada ya que según Vallejo (2015) esta categoría constituye una de las fuentes principales de energía para el funcionamiento metabólico de las economías industriales. Con respecto a los minerales ferrosos, se puede observar que ha existido una reducción en su participación, aunque la misma sigue por encima del 40% de participación en la última década. Este hecho implica que Bolivia es una economía basada en la extracción de minerales. Por último, la participación de los minerales de construcción ha ido aumentando con el tiempo,

especialmente en la última década. Esta mayor demanda de materiales de construcción se debe principalmente a las elevadas tasas de crecimiento que se registraron en los últimos años.

Tabla 2: Porcentaje de participación del consumo doméstico de material para Bolivia por subcategorías (1970, 1985, 2000 y 2012)

Categorías	Subcategorías	1970	1985	2000	2012
Biomasa	Cultivos para la alimentación	8%	16%	14%	11%
	Cultivos y pastos para forraje	7%	13%	13%	9%
	Animales	0%	0%	0%	0%
	Silvicultura	2%	3%	3%	2%
	Otra biomasa	5%	11%	11%	12%
Combustibles fósiles	Carbón	0%	0%	0%	0%
	Petróleo	1%	2%	3%	3%
	Gas natural	0%	1%	3%	2%
Minerales	Minerales ferrosos	0%	0%	0%	1%
	Minerales no ferrosos	74%	47%	40%	44%
	Minerales no metálicos - Construcción	2%	6%	13%	18%
	Minerales no metálicos - Industrial	0%	0%	0%	0%
TOTAL		100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database.

II.2. Balance comercial físico (BCF)

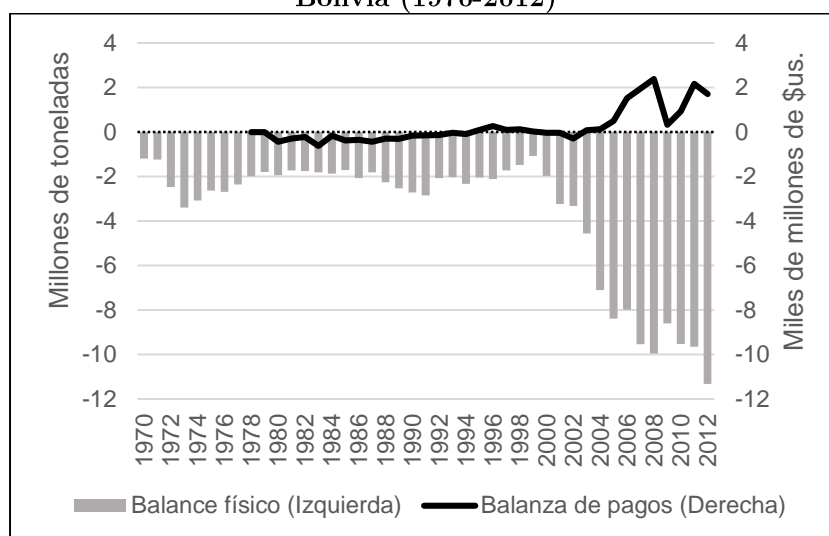
Continuando el análisis, el Gráfico 2 muestra el balance comercial físico y el saldo global de la balanza de pagos para Bolivia. Por una parte, se puede apreciar que Bolivia es un exportador neto²⁰, lo cual significa que hay más materiales que salen del territorio nacional en relación con los que ingresan. Para Vallejos (2015) este hecho implica que el país se especializa en los procesos extractivos que llegan a deteriorar el medio ambiente en beneficio de los exportadores. Entre los años 1970 y 2000 se puede observar que la BCF estuvo en promedio cerca de los 2 millones de toneladas. A partir del 2001, este indicador fue incrementándose abruptamente hasta llegar a un valor de 11,3 millones de toneladas para 2012.

Por otro lado, el Gráfico 2 también muestra el saldo global de la balanza de pagos desde 1978 hasta 2012. Se puede apreciar que entre 1978-1994, el saldo de este indicador fue negativo llegando a un máximo de \$us.627 millones para 1983 y un

²⁰ El lector debe tener en cuenta que debido a que todo el periodo analizado presenta saldos negativos, los valores que hacen referencia a la BCF en este apartado serán analizados como si fueran valores positivos para evitar el uso de signos negativos.

mínimo de \$us.33,7 millones para 1993. Entre 1995 y 1999, el saldo global de la balanza de pagos fue positivo llegando a un máximo de \$us.267 millones. Para el 2000, 2001 y 2002, nuevamente se tiene un saldo negativo con un máximo de \$us.292 millones. para el 2002. Ya desde el año 2003, el saldo de la balanza de pagos fue positivo llegando a valores que nunca antes se habían registrado llegando a un máximo de \$us.2.374 millones para el 2008.

Gráfico 2: El balance comercial físico y el saldo global de la balanza de pagos para Bolivia (1970-2012)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database y la CEPAL.

Al comparar el balance físico y monetario se puede observar una tendencia divergente que comenzó desde inicios del siglo XXI. Esto significa que se ha estado promoviendo una balanza comercial favorable en términos monetarios a costa de un capital natural que se va agotando a pasos elevados (Vallejo, 2015).

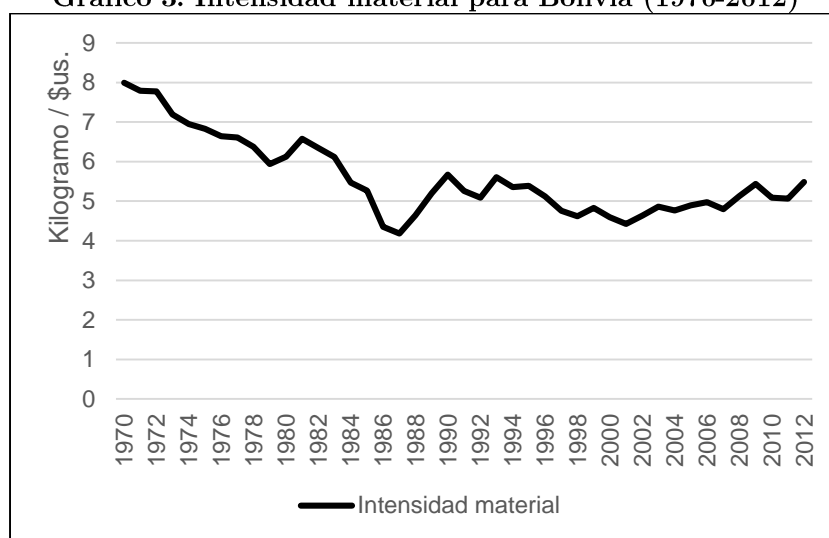
Si bien la política económica en el país busca un crecimiento económico elevado que se enfoque en el pleno empleo, la estabilidad de precios y una balanza de pagos equilibrada entre otras, este crecimiento está ignorando que se está impactando negativamente en el medio ambiente.

II.3. Intensidad material

El Gráfico 3 muestra la intensidad material para el país medida en Kg/\$us en todo el periodo analizado. Se puede apreciar que para 1970, se requerían 8 kg por cada dólar gastado, siendo este el valor más elevado en todo el periodo de análisis. Mientras que para 1987 se registra el valor más bajo de intensidad material que fue de 4,2 kg por

dólar gastado. A partir de 1988 el valor de este indicador empieza a fluctuar para acabar al final del periodo con un valor de 5,5 kg por dólar gastado. Esto indica que la economía boliviana es más eficiente debido a que ha ido generando mayor valor agregado por cada residuo material utilizado. Sin embargo, esta eficiencia es verdadera solo en términos relativos, ya que la economía ha estado creciendo, en base al uso y agotamiento de sus recursos no renovables (combustibles fósiles y minerales).

Gráfico 3: Intensidad material para Bolivia (1970-2012)

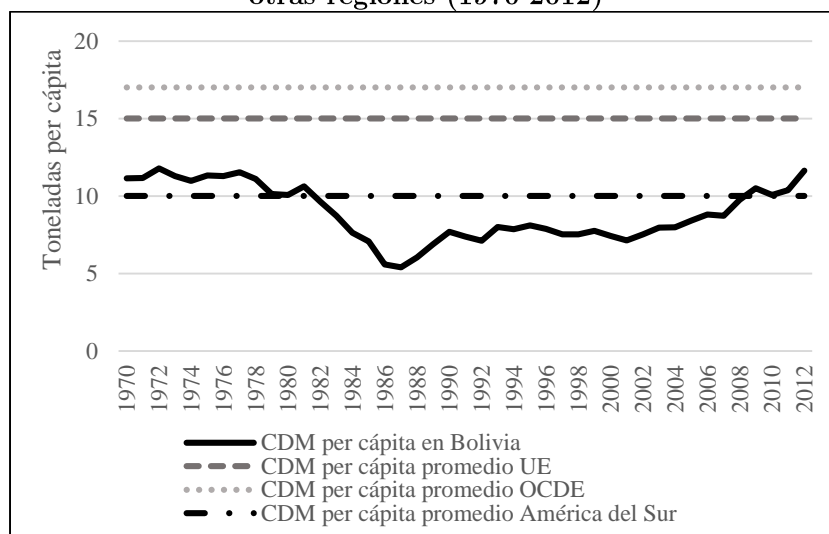


Fuente: Elaboración propia en base a datos de UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database y el Banco Mundial.

II.4. Consumo doméstico de materiales per cápita

El Gráfico 4 muestra la evolución del CDM per cápita para Bolivia y también la evolución del CDM per cápita promedio para los países de la Unión Europea, OCDE y América del Sur. Entre 1970-1981, Bolivia consumía 11,1 toneladas por habitante. A partir de 1982 el consumo de toneladas por habitante empieza a disminuir hasta llegar a su valor más bajo en 1987 de 5,4 toneladas por habitante. Esta reducción se debe a la caída en la producción de estaño, como se analizó anteriormente. Ya a partir de 1988 el consumo por habitante se va incrementando hasta llegar a las 11,6 toneladas por habitante, siendo este valor el más alto que se ha registrado. Como puede apreciarse, Bolivia tiene un consumo de toneladas de residuos por habitante inferior al promedio de la Unión Europea y la OCDE. Sin embargo, en los últimos años este consumo ha superado el promedio para los países de América del Sur.

Gráfico 4: Consumo doméstico de materiales per cápita para Bolivia con respecto a otras regiones (1970-2012)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database y el Banco Mundial.

III. Marco metodológico

Para la presente investigación, se trabaja con datos para el periodo de 1970-2012. Por una parte, se considera al CDM como variable *proxy* para medir la sostenibilidad ambiental, siendo la misma considerada como la variable dependiente del modelo. Las series de CDM fueron extraídas en su totalidad de la base de datos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*²¹.

En relación con las variables de control empleadas para la estimación del modelo, se ha empleado la sugerencia del Zilio y Caraballo (2014). Dichas autoras plantean incorporar a la CKA variables demográficas, estructurales y de comercio internacional, además de la variable económica, con el objetivo de captar si existe incidencia de estas variables en la hipótesis de la CKA.

Como variable *proxy* del crecimiento económico se usó el PIB. Si el signo del coeficiente de esta variable es positivo, indicaría que a medida que el PIB se incrementa, la degradación ambiental aumentaría; mientras que, si el signo del

²¹ Esta base de datos es de libre acceso, y fue lanzada el 2007 gracias al “Programa Ambiental de las Naciones Unidas”. Para mayor información, el lector puede revisar el siguiente enlace <http://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>.

coeficiente es negativo, ocurre lo contrario. La serie de datos del PIB para Bolivia fue obtenida del Banco Mundial, la misma está en \$us. a precios constantes de 2010.

Para medir el efecto demográfico en el modelo, se tomará en cuenta estimaciones en términos per cápita tanto para el CDM, como para el PIB, lo cual evita la incorporación de esta variable como regresor adicional. Los datos de la población total fueron extraídos de la base de datos del Banco Mundial.

También se tiene al valor agregado de la industria en porcentaje del PIB. Se esperaría que el signo del coeficiente de esta variable sea positivo lo cual implicaría que una mayor participación de la industria provocaría que exista una mayor degradación ambiental. Los datos de esta variable fueron obtenidos del Banco Mundial.

En lo que respecta al comercio internacional, se utiliza el grado de apertura de la economía, definido como la suma de las exportaciones y las importaciones de bienes y servicios en porcentaje del PIB. Según Zilio y Caraballo (2014), el signo esperado del coeficiente de esta variable es difícil de precisar. Si este es positivo, indicaría que a medida que el comercio se incrementa, la degradación ambiental aumenta; mientras que, si el signo del coeficiente es negativo, el grado de apertura comercial no incrementaría la degradación ambiental. Esta variable fue construida con datos del Banco Mundial. Inicialmente se sumó las exportaciones e importaciones de mercaderías en Bolivia en \$us. a precios actuales. Luego se dividió esta suma entre el PIB de Bolivia en \$us. a precios constantes de 2010.

El trabajo de Vehmas et al. (2007) plantea que, desde el punto de vista ambiental, los valores absolutos de las variables tienen mayor significancia que los valores per cápita; no obstante, la mayoría de las investigaciones académicas plantean incorporar la población total en los análisis de la CKA. Es por esta razón que se ha visto apropiado estimar un modelo en términos absolutos, y luego estimar un segundo modelo añadiendo la población total en las variables del CDM y el PIB. Por otra parte, la mayoría de las investigaciones con respecto a la CKA plantean una función cuadrática para el modelo con el fin de establecer el punto de inflexión, en caso que la economía estudiada haya llegado a ese punto. Es por este motivo que se estima un tercer modelo que tendrá una función cuadrática.

Una vez hechas las aclaraciones respectivas, se procede a especificar matemáticamente cada uno de los modelos que se estimará:

$$CDM = \hat{\beta}_1 PIB + \hat{\beta}_2 VAI + \hat{\beta}_3 GAE + \varepsilon \quad (1)$$

$$CDMpc = \hat{\beta}_1 PIBpc + \hat{\beta}_2 VAI + \hat{\beta}_3 GAE + \varepsilon \quad (2)$$

$$CDMpc = \hat{\beta}_1 PIBpc + \hat{\beta}_2 PIBpc^2 + \hat{\beta}_3 VAI + \hat{\beta}_4 GAE + \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

CDM: Consumo doméstico material

CDMpc: Consumo doméstico material per cápita

PIB: Producto interno bruto

PIBpc: Producto interno bruto per cápita

VAI: Valor agregado de la industria

GAE: Grado de apertura económica

Todas las estimaciones de los modelos fueron obtenidas mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Por último, se deben mencionar dos aspectos referentes a los modelos. Por una parte, los modelos no presentaron problemas de heterocedasticidad, lo cual significa que la varianza de los errores es constante en todas las observaciones realizadas. Por otra parte, Pedace (2013) advierte que los modelos que usan datos de series de tiempo se ven afectados en su mayoría por el problema de autocorrelación. Los tres modelos evidenciaron tener este problema lo cual hizo que se busquen soluciones al mismo. Para Pérez (2006) la solución más solvente para solucionar el problema de autocorrelación es la aplicación del método de Cochrane-Orcutt. Es por este motivo que se aplicó el método de Cochrane-Orcutt para corregir la autocorrelación en los modelos ya planteados.

IV. Los resultados

Antes de presentar los resultados de las estimaciones para los tres modelos, se realizó una prueba del error de especificación de la ecuación de regresión, o más conocida como la prueba RESET de Ramsey. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de dicha prueba.

Tabla 3: Resultados de la prueba RESET de Ramsey

Ho: El modelo no tiene variables omitidas			
	(1)	(2)	(3)
F (3, 36)	1,53	1,32	F (3, 35) 1,29
Prob > F	0,2227	0,2834	Prob > F 0,2934

Fuente: Elaboración propia

La prueba de RESET de Ramsey establece como hipótesis nula que el modelo no tiene variables omitidas; es decir, no existen problemas de especificación relacionados con variables omitidas y ciertas formas funcionales. Como se puede apreciar, la probabilidad es mayor al 5%, lo cual significa que se acepta la hipótesis nula. Esto quiere decir que los modelos no presentan problemas de especificación.

En la Tabla 4 se puede apreciar los resultados que se han obtenido de la estimación de los tres modelos de la CKA. Con respecto al modelo 1, se puede observar que el coeficiente de la variable del PIB presenta una significancia elevada y su signo es positivo, por tanto, se evidencia que Bolivia se encuentra en la fase ascendente de la CKA. Esto significa que existe una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental. Por otra parte, los coeficientes del valor agregado de la industria y del grado de apertura económica no son significativos.

Los resultados de la estimación del modelo 2 de la CKA muestran que a pesar de la introducción de una variable que mide el crecimiento poblacional, el PIB per cápita tiene una significancia elevada y un signo positivo. Esta evidencia confirma nuevamente que Bolivia se sitúa en la fase ascendente de la CKA. El coeficiente del valor agregado de la industria no tiene significancia al igual que el modelo anterior. Sin embargo, el coeficiente del grado de apertura económica presenta poca significancia y un signo negativo. Este hecho implica que a medida que Bolivia tenga una mayor apertura comercial, reducirá la degradación al medio ambiente. Se debe tener en cuenta que Bolivia es un país primario-exportador, y gracias a una mayor apertura comercial podría generarse un cambio a actividades terciarias (o de servicios) que son más amigables con el medio ambiente.

Finalmente, la Tabla 4 muestra los resultados obtenidos de la estimación del modelo 3 de la CKA. Para este modelo el coeficiente del PIB per cápita no tiene significancia. Esto significa que Bolivia no ha llegado aún al punto de inflexión a partir del cual se reduce la degradación ambiental a medida que el crecimiento económico aumenta.

Tabla 4: Resultados de la estimación de los modelos de la CKA para el periodo 1970-2012

	(1)	(2)	(3)
PIB	0,0079*** (0,0012)	PIBpc	0,0090*** (0,0015)
VAI	10300000 (36700000)	VAI	3,0257 (4,8450)
GAE	-20500000 (12800000)	GAE	-3,1815* (1,6247)
			PIBpc
			0,0124 (0,0115)
			(PIBpc) ²
			-0,102e-5 (-0,349e-5)
			VAI
			3,1908 (4,9072)
			GAE
			-3,0476* (1,7424)
R ²	0,5496	0,5159	0,5192
R ² ajustado	0,5140	0,4776	0,4673
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000
Observaciones	42	42	42
Prueba de White	0,0939	0,5342	0,8560
DW(transformado)	1,8626	1,8234	1,8271

Fuente: Elaboración propia. Nota: * significa un $p < 0,10$, ** significa un $p < 0,05$ y *** significa un $p < 0,01$

V. Conclusiones

Mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental se mostró que ha existido una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental de Bolivia en el periodo 1970-2012. Esto significa que la contaminación al medio ambiente ha sido cada vez mayor a medida que el país iba creciendo económicamente.

Gracias al análisis de los indicadores físicos se pudieron evidenciar ciertas características que llaman la atención. Inicialmente, se pudo observar que Bolivia es un país que tiene a los minerales como principal recurso de extracción, lo cual lo convierte en un país primario-exportador. Por otra parte, la economía boliviana aún no puede catalogarse como una economía industrializada debido a que no tiene los combustibles fósiles como fuente principal de energía, siendo esta categoría la más baja de las tres categorías.

Con respecto a la balanza de pagos, se evidenció que el superávit obtenido en los últimos años se produjo a costa de la extracción de recursos no renovables. En otras palabras, se está mejorando las condiciones económicas en el país, pero se está perdiendo el interés en el impacto que se está haciendo al medio ambiente. También se pudo observar que Bolivia ha estado incrementando la cantidad de toneladas de

residuos por habitante, lo cual significa que el medio ambiente se ve amenazado cada vez más a medida que la población crece.

El documento plantea el uso de unos indicadores que aún no son muy conocidos en América Latina, pero que ya forman parte del análisis en los países desarrollados. Este hecho implica que futuros trabajos deberían profundizar en la creación y uso de la CFM para los países a América Latina. Finalmente, no se debe olvidar que estos indicadores plantean una forma nueva de medir la presión de la actividad económica en el medio ambiente, pero a pesar de esto, deben ser considerados como indicadores indirectos de sostenibilidad.

VI. Apéndice

La siguiente tabla muestra de manera detallada los tipos de productos que contiene cada subcategoría de los flujos materiales. El desglose de las categorías y subcategorías que se aprecia en la siguiente tabla fue adaptado del apéndice técnico de la base de datos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*. Sin embargo, se debe aclarar que la subcategoría “esquisto bituminoso y arenas bituminosas” no fue considerada en la presente investigación debido que para Bolivia no es importante en ninguno de los indicadores de la CFM.

Categorías y subcategorías de los flujos materiales		
Categorías	Subcategorías	Descripción
Biomasa	Cultivos para la alimentación	-Comprende: arroz, trigo, cereales, cultivos farmacéuticos, tabaco, raíces y tubérculos, cultivos de azúcar, legumbres, nueces, cultivos petrolíferos, vegetales, frutas, y fibras.
	Cultivos y pastos para forraje	-Comprende: cultivos forrajeros (incluida la cosecha de biomasa de pastizales) y la biomasa pastada.
	Animales	-Comprende: captura de peces silvestres, todos los animales acuáticos restantes y las plantas acuáticas.
	Silvicultura	-Comprende: madera (madera en rollo industrial), combustible de madera y otras extracciones.
	Otra biomasa	-Comprende: paja y otros residuos de cultivos (hojas de remolacha azucarera y forrajera, etc.).

Combustibles fósiles	Carbón	-Comprende: lignito (carbón marrón), carbón sub-bituminoso, carbón bituminoso, antracita, carbón de coque y turba.
	Petróleo	-Comprende: petróleo crudo y líquidos de gas natural.
	Gas natural	-Comprende: gas natural.
Minerales	Minerales ferrosos	-Comprende: minerales de hierro.
	Minerales no ferrosos	-Comprende: minerales de metal del grupo del platino, minerales de plata, oro, cromo, cobre, manganeso, níquel, plomo, estaño, titanio, uranio, zinc, bauxita y otros minerales de aluminio.
	Minerales no metálicos Construcción	-Comprende: piedra ornamental o de construcción, tiza, dolomita, caliza, sal, yeso, arcillas estructurales, y grava de arena y roca triturada para la construcción.
	Minerales no metálicos Industrial	-Comprende: minerales fertilizantes, minerales químicos, minerales industriales, arcillas especiales, arena industrial y grava, y otros minerales no metálicos.

Fuente: Adaptado del apéndice técnico de la base de datos de UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database (2018).

VII. Referencias Bibliográficas

- Auci, S., & Vignani, D. (2013). Environmental Kuznets curve and domestic material consumption indicator: an European analysis. Munich Personal RePEc Archive Paper (Vol. 52882). Recuperado de <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/52882/>
- Auci, S., & Vignani, D. (2014). Domestic material consumption indicator and natural resources: A European analysis of the environmental Kuznets curve. *Statistica Applicata*, 24(2), 173–194. Recuperado de <http://sa-ijas.stat.unipd.it/sites/sa-ijas.stat.unipd.it/files/04Auci.pdf>
- Banco Mundial. (1992). *Desarrollo y Medio Ambiente. Informe sobre el Desarrollo Mundial 1992.*

- Correa, F., Vasco, A., & Pérez, C. (2005). La curva medioambiental de Kuznets: evidencia empírica para Colombia. *Semestre Económico*, 8(15), 13–30. Recuperado de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1104>
- EUROSTAT. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators - A methodological guide*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Recuperado de <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/3-Economy-wide-material-flow-accounts...-A-methodological-guide-2001-edition.pdf/>
- EUROSTAT. (2013). *Economy-wide material flow accounting: A compilation guide*. Luxembourg.
- EUROSTAT. (2018). *Economy-wide material flow accounts handbook*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Recuperado de <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/9117556/KS-GQ-18-006-EN-N.pdf/b621b8ce-2792-47ff-9d10-067d2b8aac4b>
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., ... Weisz, H. (2011). Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. *Journal of Industrial Ecology*, 15(6), 855–876. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00366.x>
- Giljum, S. (2008). Trade, Materials Flows, and Economic Development in the South: The Example of Chile. *Journal of Industrial Ecology*, 8(1–2), 241–261. <https://doi.org/10.1162/1088198041269418>
- González Matínez, A. C., Cañellas, S., Puig, I., Russi, D., Sendra, C., & Sojo, A. (2010). El flujo de materiales y el desarrollo económico en España: un análisis sobre desmaterialización (1980-2004). *Redibec. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 14, 33–51.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Grossman, G., & Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*. American Economic Association. <https://doi.org/10.2307/1811581>

- Martínez Jiménez, D. A., Salcedo Muñoz, V., Vega Quezada, C., & Valera Veliz, G. (2017). Crecimiento económico y medio ambiente en Sudamérica: ¿existe la curva ambiental de Kuznets en la región? En XI Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Habana.
- Martinez Zarzoso, I., & Bengochea Morancho, A. (2003). Revista de análisis económico. *Revista de Análisis Económico – Economic Analysis Review*, 18(1), 3–26. Recuperado de <https://www.rae-ear.org/index.php/rae/article/view/22>
- Minaya, G. A. (2018). La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material Doméstico (CDM): Perú, 1970-2015. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/10283>
- Navarrete, M., Brull, M., Torre, A., Gómez, D., & Torres, D. G. (2009). Verificación de la Curva Ambiental de Kuznets: el caso de Mexico. *Revista Estudiantil de Economía*, 1(1), 37–54.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. ILO Working Paper, (January), 45.
- Pedace, R. (2013). *Econometrics For Dummies*. John Wiley & Sons, Inc.
- Perez, C. (2006). *Econometría de las series temporales*. PRENTICE-HALL.
- Poudel, B. N., Paudel, K. P., & Bhattarai, K. (2009). Searching for an Environmental Kuznets Curve in Carbon Dioxide Pollutant in Latin American Countries. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(1), 13–27. <https://doi.org/10.1017/S1074070800002522>
- Rock, M. T. (1996). Pollution Intensity of GDP and Trade Policy: Can the World Bank Be Wrong? *World Development*, 24(3), 471–479. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00152-3](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00152-3)
- Russi, D., Gonzalez-Martinez, A. C., Silva-Macher, J. C., Giljum, S., Martínez-Alier, J., & Vallejo, M. C. (2008). Material flows in Latin America: A comparative analysis of Chile, Ecuador, Mexico, and Peru, 1980-2000. *Journal of Industrial Ecology*, 12(5–6), 704–720. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00074.x>
- Saravia, A. (2002). La curva medio ambiental de Kuznets para América Latina y el Caribe. *Documentos de reflexión académica*, 23.

- Selden, T. M., & Song Daqing. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions. *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 27(2), 147–162.
- Stern, D. I. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve? *Environment and Development Economics*, 3(2), 173–196. <https://doi.org/10.1017/S1355770X98000102>
- Stern, D. I., Common, M. S., & Barbier, E. B. (1996). Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24(7), 1151–1160. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00032-0](https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00032-0)
- Torras, M., & Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: A reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 147–160. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8)
- Trujillo Lora, J. C., Carrillo Bermúdez, B., Charris Vizcaíno, C. A., & Iglesias Pinedo, W. J. (2013). La curva ambiental de Kuznets (EKC): la disposición de residuos sólidos en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 21(2), 7–16. <https://doi.org/10.18359/rfce.653>
- Unruh, G. C., & Moomaw, W. R. (1998). An alternative analysis of apparent EKC-type transitions. *Ecological Economics*, 25(2), 221–229. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00182-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00182-1)
- Vallejo, M. C. (2015). *Perfiles metabólicos de tres economías andinas: Colombia, Ecuador y Perú*. Quito: FLACSO Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/2151>
- Vehmas, J., Luukkanen, J., & Kaivo-oja, J. (2007). Linking analyses and environmental Kuznets curves for aggregated material flows in the EU. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1662–1673. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2006.08.010>
- Westbrook, T. (1995). *An empirical examination of the relation between carbon dioxide emissions and economic development, and carbon dioxide emissions and economic structure*. York, UK.
- Zilio, M., & Caraballo, M. Á. (2014). ¿El final de la Curva de Kuznets de carbono? - Un análisis semiparamétrico para la América Latina y el Caribe. *El trimestre económico*, 81(321), 241–270.