

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS
CARRERA DE ECONOMÍA



TESIS DE GRADO

MENCIÓN : ANÁLISIS ECONÓMICO

**EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL
DE BOLIVIA EN EL PERIODO 1970-2015**

POSTULANTE : EDUARDO ROLANDO OLIVA SANDOVAL

TUTOR : LIC. DANNY RONALD ROCA JIMÉNEZ

RELATOR : LIC. HUMBERTO PALENQUE REYES

LA PAZ – BOLIVIA

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente a mis padres. Solo ellos saben todo el esfuerzo que puse para obtener mi título universitario. Gracias por todo el apoyo y paciencia que me brindaron durante toda mi etapa de formación académica. Así también dedico esta investigación a toda mi familia por ayudarme y apoyarme.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a mi tutor Lic. Danny Roca Jiménez por haberme orientado en la elaboración de la presente investigación, siempre dispuesto a brindarme un espacio de tiempo para escuchar mis avances, mil gracias licenciado.

También agradezco mucho a mi relator Lic. Humberto Palenque Reyes por el tiempo que le dedico a la lectura del documento y todas las observaciones que me hizo para mejorarlo.

Mando un agradecimiento especial a todo el Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC) y en especial a la Ph.D. Fernanda Wanderley por haberme recibido con los brazos abiertos, muchas de las enseñanzas que aprendí se ven reflejadas en la presente investigación.

Un agradecimiento muy especial a mi compañera de carrera y futura colega Erika Mildre Flores quien se dio el trabajo de revisar el primer borrador de mi investigación, muchas gracias por todo el apoyo que me has brindado.

También debo agradecer a mi gran amigo Lic. Guillermo Gómez Aliaga por todo el tiempo que dedico a la revisión de mi documento de trabajo, las observaciones que hizo fueron de gran ayuda. Estaré esperando el puesto de trabajo que charlamos.

No debo olvidarme de mi compañera argentina Eliana quien dedico tiempo a la lectura de mi documento de trabajo y me hizo un par de observaciones (boludeces como diría ella) que nadie las había visto, gracias Eli.

Finalmente debo mandar un fuerte agradecimiento a todos mis compañeros que hice durante el transcurso de mi carrera universitaria, solo ustedes saben todas las cosas que fuimos compartiendo y que siempre llevare conmigo.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ABREVIACIONES	X
RESÚMEN.....	XI
I. MARCO METODOLÓGICO.....	2
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2. DELIMITACIÓN DEL TEMA	3
1.2.1. Delimitación temporal.....	3
1.2.2. Delimitación espacial	3
1.3. DELIMITACIÓN DE CATEGORÍAS Y VARIABLES ECONÓMICAS ..	3
1.3.1. Categorías económicas.....	3
1.3.2. Variables económicas.....	3
1.4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	4
1.6. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	4
1.6.1. Económica.....	4
1.6.2. Institucional.....	4
1.6.3. Teórica.....	4
1.6.4. Mención.....	5
1.7. PLANTEAMIENTOS DE OBJETIVOS	5
1.7.1. Objetivo general	5
1.7.2. Objetivos específicos	5
1.8. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	5
1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	6
1.10. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	6
1.10.1. Método de investigación	6
1.10.2. Alcances de la investigación	7
1.10.3. Fuentes de información	7
1.10.4. Instrumentos de investigación.....	7
1.10.5. Procesamiento de la información.....	7

II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	10
2.1. MARCO TEÓRICO	10
2.1.1. Evolución histórica del modelo de la CKA.....	10
2.1.2. Implicaciones del modelo de la CKA	15
2.1.3. Punto de inflexión en el modelo de CKA	18
2.1.4. Críticas al modelo de la CKA	19
2.1.5. Extensiones del modelo de la CKA	21
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.2.1. Economía ecológica	25
2.2.1.1. La Contabilidad de Flujos Materiales (CFM)	26
2.2.1.2. Indicadores de la CFM.....	28
2.2.1.2.1. Flujos materiales.....	31
2.2.1.2.2. Indicadores físicos	31
2.2.1.3. El modelo de la CKA basado en el indicador de CDM	33
2.2.2. El Producto Interno Bruto (PIB)	35
2.2.2.1. Componentes del PIB.....	36
2.2.2.1.1. Consumo.....	36
2.2.2.1.2. Inversión	36
2.2.2.1.3. Gasto de gobierno.....	37
2.2.2.1.4. Exportaciones netas	37
2.2.2.2. Medición del PIB	37
2.2.2.2.1. Enfoque de la producción.....	37
2.2.2.2.2. Enfoque del gasto	38
2.2.2.2.3. Enfoque de los ingresos.....	38
2.2.3. Desarrollo sostenible.....	38
2.2.3.1. Equidad intrageneracional.....	39
2.2.3.2. Equidad intergeneracional.....	39
2.2.3.3. Cumbres ambientales	39
2.2.3.4. Los Objetivos del Milenio (ODM).....	40

III. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE LA CONTABILIDAD DE FLUJOS MATERIALES Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO PARA BOLIVIA	42
3.1. INDICADORES DE FLUJOS MATERIALES EN EL CONTEXTO GLOBAL.....	42
3.1.1. Consumo doméstico material por regiones a nivel mundial	42
3.1.2. Consumo doméstico material en América del Sur	45
3.1.3. Intensidad material para América del Sur	46
3.1.4. Consumo doméstico material per cápita para América del Sur	47
3.2. INDICADORES DE FLUJOS MATERIALES PARA BOLIVIA.....	48
3.2.1. Extracción doméstica (ED)	48
3.2.2. Importaciones físicas (M)	51
3.2.3. Exportaciones físicas (X)	53
3.2.4. Entrada directa de materiales (EDM).....	56
3.2.5. Consumo doméstico de materiales (CDM)	56
3.2.6. Balance comercial físico (BCF)	58
3.2.7. Intensidad material	60
3.2.8. Consumo doméstico de materiales per cápita	61
3.3. CRECIMIENTO ECONÓMICO PARA BOLIVIA.....	61
IV. MARCO PRACTICO.....	65
4.1. DATOS Y VARIABLES	65
4.2. EL MODELO	66
4.3. LOS RESULTADOS	67
4.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	69
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1. CONCLUSIONES	72
5.1.1. Conclusión general.....	72
5.1.2. Conclusiones específicas.....	72
5.2. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CONCENTRACIONES MEDIAS DE DIÓXIDO DE AZUFRE EN LAS ZONAS URBANAS	11
FIGURA 2: LA CURVA DE CKA ENTRE LAS EMISIONES DE SO ₂ Y EL INGRESO PER CÁPITA	12
FIGURA 3: EFECTO DE ESCALA, COMPOSICIÓN Y TECNOLÓGICO EN LA CKA	16
FIGURA 4: FASES HISTÓRICAS DE LOS PAÍSES DESARROLLADOS	16
FIGURA 5: UMBRAL ECOLÓGICO EN LA CKA.....	18
FIGURA 6: MODELO SISTÉMICO DE INTERCAMBIO DE FLUJOS DE MATERIAS	26
FIGURA 7: EL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL POR REGIONES MUNDIALES (1970-2015)	43
FIGURA 8: EL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015).....	45
FIGURA 9: INTENSIDAD MATERIAL EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015) ...	47
FIGURA 10: CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL PER CÁPITA EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015).....	48
FIGURA 11: LA EXTRACCIÓN DOMÉSTICA EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015).....	49
FIGURA 12: IMPORTACIONES FÍSICAS EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015).....	51
FIGURA 13: EXPORTACIONES FÍSICAS EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015).....	54
FIGURA 14: LA ENTRADA DIRECTA DE MATERIALES EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015).....	56
FIGURA 15: EL CONSUMO DOMÉSTICO DE MATERIAL POR CATEGORÍAS Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CÁPITA PARA BOLIVIA (1970-2015)	57
FIGURA 16: EL BALANCE COMERCIAL FÍSICO Y EL SALDO GLOBAL DE LA BALANZA DE PAGOS PARA BOLIVIA (1970-2015)	59

FIGURA 17: INTENSIDAD MATERIAL EN BOLIVIA (1970-2015)	60
FIGURA 18: CONSUMO DOMÉSTICO DE MATERIALES PER CÁPITA EN BOLIVIA (1970-2015).....	61
FIGURA 19: LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PIB Y EL PIB PER CÁPITA PARA BOLIVIA (1970-2017)	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE LOS FLUJOS MATERIALES E INDICADORES FÍSICOS DE LA CFM	30
TABLA 2: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL POR REGIONES MUNDIALES (1970-2015).....	44
TABLA 3: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015).....	46
TABLA 4: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DOMÉSTICA PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015).	50
TABLA 5: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LAS IMPORTACIONES FÍSICAS PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015).....	53
TABLA 6: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES FÍSICAS PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015).....	55
TABLA 7: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015).....	58
TABLA 8: RESULTADOS DE LA PRUEBA RESET DE RAMSEY	67
TABLA 9: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS DE LA CKA PARA EL PERIODO 1970-2015	69
TABLA 10: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS DE LA CKA PARA EL PERIODO 1970-2012	81

LISTA DE ABREVIACIONES

EUROSTAT	Agencia Estadística para la Unión Europea
BCF	Balance comercial físico
CFC	Clorofluorocarbonos
CDM	Consumo doméstico material
CKA	Curva de Kuznets Ambiental
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SO ₂	Dióxido de azufre
CO ₂	Dióxido de carbono
X	Exportaciones físicas
ED	Extracción doméstica
IM	Importaciones físicas
WRI	Instituto de Recursos Mundiales
CO	Monóxido de carbono
ODM	Objetivos del Milenio
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
NO _x	Óxidos de nitrógeno
SPM	Partículas suspendidas
PIB	Producto Interno Bruto
GEMS	Sistema de Monitoreo del Medio Ambiente Global
NAFTA	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UE	Unión Europea

RESÚMEN

La presente investigación tiene como objetivo general demostrar como el crecimiento económico afecta a la sostenibilidad ambiental en Bolivia en el periodo 1970-2015. Para cumplir con este fin se aplica el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA). La sostenibilidad ambiental se mide a través del Consumo Doméstico Material (CDM), mientras que como variables independientes se toma en cuenta al Producto Interno Bruto (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, lo cual significa que a medida que el crecimiento económico aumenta, afecta negativamente a la sostenibilidad ambiental. También se encuentra que el aspecto demográfico y el grado de apertura comercial tienen incidencia en la sostenibilidad ambiental de Bolivia. El capítulo I está dedicado a los aspectos metodológicos que siguió el trabajo. El capítulo II muestra los aspectos teóricos tanto del modelo como de los indicadores que se utilizó. El capítulo III muestra un análisis descriptivo de los indicadores el cual se divide en dos partes. El capítulo IV presenta los resultados obtenidos de las estimaciones y la verificación de la hipótesis de la investigación. Finalmente se tiene el capítulo V donde se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

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

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

I. MARCO METODOLÓGICO

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

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. Esto quiere decir que los países alcanzarán la sostenibilidad ambiental a partir de cierto punto nivel de ingreso.

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 empezó a tomar en cuenta diferentes indicadores ambientales como ser el 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 vía de desarrollo, se fue ampliando las investigaciones para comprobar la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental.

Sin embargo, a medida que aumentaban las investigaciones, empezaron 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, demográficos, 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, que se derivan de la economía ecológica.

En lo que respecta a las investigaciones realizadas para América Latina, se puede evidenciar que estas son muy limitadas. En su mayoría estas investigaciones no analizan la evidencia empírica para cada país, sino para toda la región. Mientras que

en el caso específico de Bolivia se ha evidenciado que no existe ningún trabajo académico que verifique la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental. Por ende, la presente investigación tiene como objetivo demostrar cómo afecta el crecimiento económico a la sostenibilidad ambiental en Bolivia.

1.2. DELIMITACIÓN DEL TEMA

1.2.1. Delimitación temporal

De acuerdo a la disponibilidad de datos de las variables tomadas en cuenta en la presente investigación, la delimitación temporal contempla el periodo 1970-2015. Se debe añadir que los datos para la variable dependiente a partir del 2013 son estimaciones.

1.2.2. Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación tendrá como delimitación espacial a la economía boliviana.

1.3. DELIMITACIÓN DE CATEGORÍAS Y VARIABLES ECONÓMICAS

1.3.1. Categorías económicas

En el presente trabajo de investigación se identificaron las siguientes categorías:

- **CE1:** Macroeconomía
- **CE2:** Economía ecológica

1.3.2. Variables económicas

Con respecto a las variables que se tomará en cuenta en la investigación, se tiene:

- **CE1:** Macroeconomía
 - **VE1:** Crecimiento económico
- **CE2:** Economía ecológica
 - **VE2:** Sostenibilidad ambiental

1.4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación es el siguiente:

“Insostenibilidad ambiental ante el crecimiento económico”.

1.5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La pregunta de investigación es:

¿Cómo afecto el crecimiento económico a la sostenibilidad ambiental de Bolivia en el periodo 1970-2015?

1.6. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

1.6.1. Económica

En los últimos años, se ha podido observar que el país ha tenido un crecimiento económico positivo, siendo uno de los más elevados en Sudamérica. Si bien el crecimiento económico es uno de los fines que busca todo gobierno, se debe analizar cuál es el efecto que este puede generar en otros ámbitos como ser la sostenibilidad ambiental. Bajo este marco, la presente investigación encara esta problemática.

1.6.2. Institucional

Entre uno de los Objetivos del Milenio planteados por la Naciones Unidas, se establece garantizar la sostenibilidad ambiental. Entre los países miembros que se han comprometido en cumplir dichos objetivos, se encuentra Bolivia. Es justamente en este contexto que el presente documento adquiere relevancia al analizar la problemática del crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental.

1.6.3. Teórica

Debido a que no se encontró trabajos académicos que apliquen el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental para el caso de Bolivia, la investigación se perfila como el primer trabajo en aplicar este modelo teórico. Además, se hace uso de indicadores físicos que al momento de realizar la investigación no están considerados en la base

de datos del INE. Es por estas razones que la presente investigación se convierte como referencia para estudios relacionados.

1.6.4. Mención

La investigación se relaciona con la mención de Análisis Económico ya que toma en cuenta una variable macroeconómica como ser el crecimiento económico para analizar cómo está afecta en la sostenibilidad ambiental.

1.7. PLANTEAMIENTOS DE OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

Demostrar como el crecimiento económico afecto en la sostenibilidad ambiental de Bolivia en el periodo 1970-2015.

1.7.2. Objetivos específicos

- Describir los indicadores de flujos materiales a nivel mundial en el periodo 1970-2015.
- Analizar los hechos estilizados de la economía boliviana a partir de la contabilidad de flujos materiales en el periodo 1970-2015.
- Determinar la incidencia de los aspectos demográficos, estructurales y de comercio internacional en la sostenibilidad ambiental de Bolivia en el periodo 1970-2015.

1.8. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

El aumento del crecimiento económico afecto de manera negativa en la sostenibilidad ambiental de Bolivia en el periodo 1970-2015.

1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables económicas	Definición conceptual	Categorías económicas	Indicadores	Unidad de medida
VARIABLE INDEPENDIENTE: Crecimiento económico	El crecimiento económico es el aumento de la renta o valor de bienes y servicios finales producidos por una economía en un determinado periodo.	Macro economía	-Producto Interno Bruto	-En \$us. a precios constantes del 2010
			-Producto Interno Bruto per cápita	-En \$us. a precios constantes del 2010
			-Valor agregado de la industria	-En porcentaje del PIB
			-Grado de apertura económica	-En porcentaje del PIB
VARIABLE DEPENDIENTE: Sostenibilidad ambiental	La sostenibilidad ambiental es la protección y conservación del medio ambiente de forma indefinida.	Economía ecológica	-Extracción doméstica	-En toneladas
			-Importaciones físicas	-En toneladas
			-Exportaciones físicas	-En toneladas
			-Entrada directa de materiales	-En toneladas
			-Consumo doméstico de materiales	-En toneladas
			-Balance comercial físico	-En toneladas
			-Intensidad material	-En Kg / \$us.
-Consumo doméstico de materiales per cápita	-En toneladas por habitante			

1.10. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.10.1. Método de investigación

Para realizar la presente investigación se aplica el método Hipotético-Deductivo debido a que se cuenta, por un lado, con un marco teórico establecido (la Curva de

Kuznets Ambiental) y por otro, se tiene una base de datos completa para poner a prueba la teoría.¹

1.10.2. Alcances de la investigación

La investigación tiene un alcance exploratorio ya que plantea el uso de indicadores que no forman parte de las estadísticas del país, y tampoco se evidencio su uso en trabajos académicos anteriores. Por otro lado, el presente documento también tiene un alcance descriptivo ya que se interpreta el comportamiento de los indicadores físicos de la Contabilidad de Flujos Materiales, e indicadores macroeconómicos. Finalmente se puede mencionar que la investigación tiene un alcance correlacional ya que se desea conocer la relación entre dos variables.

1.10.3. Fuentes de información

Las fuentes de información tomadas en cuenta en la investigación son secundarias. Para la construcción del marco teórico y el análisis de los datos se usaron en su mayoría artículos académicos, asimismo se consultó libros y tesis de grado. Mientras que para la obtención de los datos se tomaron en cuenta tres fuentes oficiales internacionales de libre acceso: el Banco Mundial, la Cooperación Económica para América Latina y el Caribe, y *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*.

1.10.4. Instrumentos de investigación

Para la presente investigación se utilizaron instrumentos derivados de la estadística descriptiva, la inferencia y la econometría. Para estimar el modelo econométrico se hizo uso del programa econométrico Stata 14.

1.10.5. Procesamiento de la información

Inicialmente se organizó toda la información recopilada en series según categorías y subcategorías. Posteriormente, se construyeron figuras y tablas para analizar la

¹ Particularmente se tomó la sugerencia del libro de (Mendoza, 2014).

información. En este paso también se aplicaron promedios aritméticos y tasas de crecimiento a algunos indicadores. En lo que respecta al modelo econométrico, se vio la necesidad de plantear tres modelos econométricos para verificar variaciones propuestas por la teoría. Como los datos para algunos indicadores son estimaciones a partir del 2013, se estimó, primeramente, los tres modelos econométricos para el periodo 1970-2012 que se tomó en cuenta como anexo, y luego se realizó otra estimación de los tres modelos para el periodo 1970-2015. Ya para la estimación de los modelos, se realizó la prueba RESET de Ramsey con el objetivo de verificar si existía omisión de variables o error de especificación en los modelos. Después se realizó las pruebas respectivas para corroborar si los modelos presentaban problemas de autocorrelación y/o heterocedasticidad. Al verificar la existencia de autocorrelación en todos los modelos, se procedió a aplicar el método de Cochrane-Orcutt para corregir el problema en todos los modelos. Finalmente, se verificaron los estadísticos y signos de los coeficientes para corroborar si la hipótesis del trabajo es rechazada o no.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Evolución histórica del modelo de 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 consideró 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)². 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.

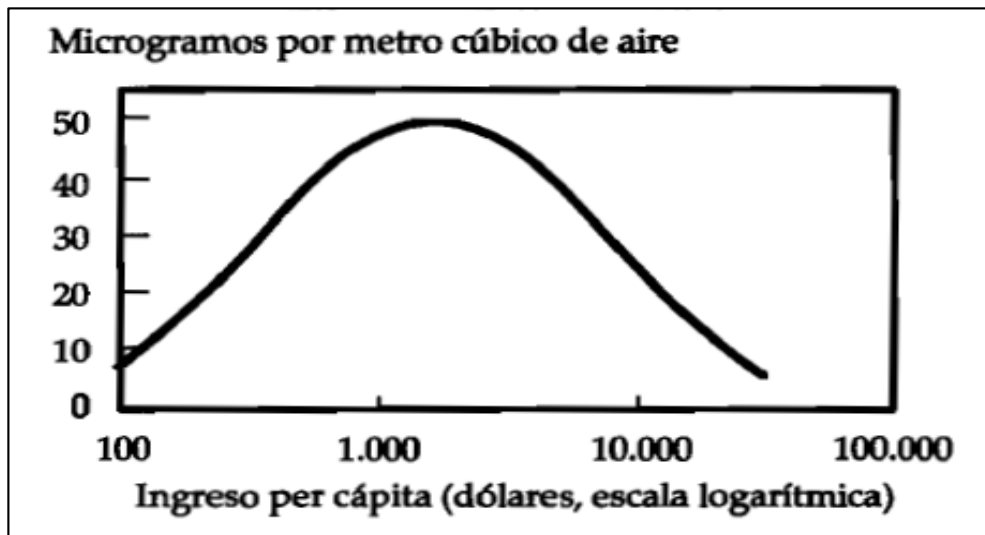
No obstante, a partir del Informe sobre el Desarrollo Mundial de 1992, se comenzó a estudiar a profundidad la relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente. En dicho informe se indica que el crecimiento de la actividad económica puede generar problemas ambientales, aunque estos se pueden minimizar con políticas e instituciones adecuadas (Banco Mundial, 1992). Este estudio abarcó el uso de 10 diferentes indicadores ambientales³ y su relación con el ingreso per cápita para una muestra de 149 países que abarcó 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. En la FIGURA 1 se puede apreciar las concentraciones medias de dióxido de azufre en las zonas urbanas. La relación entre el SO₂ y el ingreso per cápita

² 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.

³ 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.

es positiva para niveles bajos del ingreso per cápita, mientras que a niveles elevados del ingreso per cápita, la relación se vuelve negativa, lo cual origina una curva de “U invertida”.

FIGURA 1: CONCENTRACIONES MEDIAS DE DIÓXIDO DE AZUFRE EN LAS ZONAS URBANAS



Fuente: Obtenido de (Banco Mundial, 1992).

A pesar de los resultados obtenidos por las investigaciones ya mencionadas, fue Panayotou (1993) el primero en nombrar a la curva de “U invertida” como la Curva de Kuznets Ambiental (CKA)⁴. La hipótesis de la CKA indica que la relación entre el crecimiento económico y la degradación del medio ambiente y 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 crecimiento económico sigue aumentando.

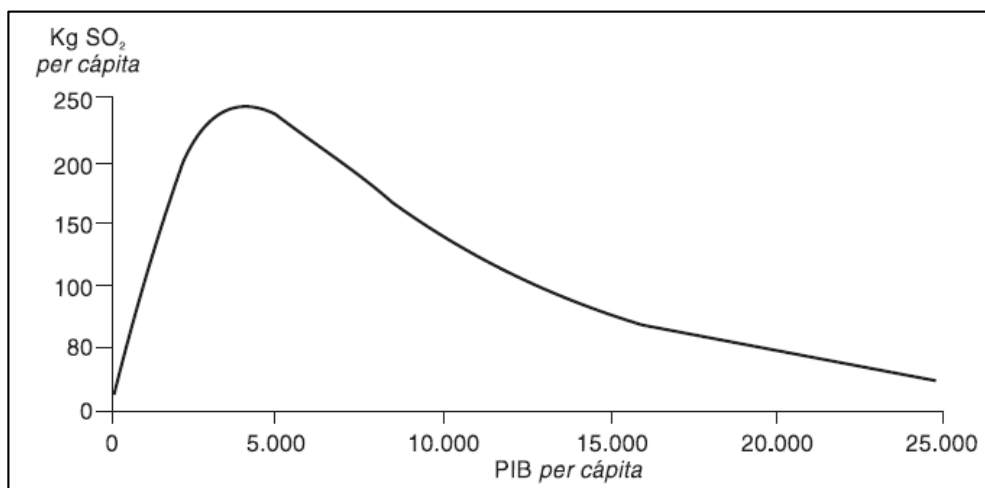
El trabajo de Panayotou (1993) midió la degradación ambiental mediante la deforestación, basándose en las emisiones y no en las concentraciones de contaminación bajo el supuesto de que la dispersión de la contaminación entre los países desarrollados y en vías de desarrollo es simétrica. Es autor considero a la

⁴ 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).

deforestación en función del ingreso per cápita y la densidad de la población para una muestra de 68 países. Como resultado se obtuvo una curva en forma de “U invertida” confirmando la existencia de la hipótesis de la CKA.

Como segundo ejercicio, Panayotou (1993) estimó la CKA en base al SO₂, óxidos de nitrógeno (NO_x) y SPM para países desarrollados con datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (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 obteniendo la curva de “U invertida” como se puede apreciar en la FIGURA 2.

FIGURA 2: LA CURVA DE CKA ENTRE LAS EMISIONES DE SO₂ Y EL INGRESO PER CÁPITA



Fuente: Obtenido de (Panayotou, 1993)

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 los países desarrollados de una base de datos del Instituto de Recursos Mundiales (WRI)⁵ para 30 países. Como resultado de sus investigaciones, se confirma la

⁵ 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.

existencia de la curva de U invertida para los cuatro contaminantes estudiados. En esta investigación se concluye que las sociedades atraviesan un proceso de incremento y luego caída de las densidades urbanas de la población a medida que se desarrollan, lo que da lugar a que las concentraciones de contaminación sigan un proceso similar. Es decir que los países con densidades de población bajas tienen menos presión a adoptar estándares ambientales rigurosos. También concluyen que un crecimiento económico acelerado hará que las emisiones globales declinen en el largo plazo; sin embargo, dichas emisiones continuarán creciendo en el corto plazo, lo que da por resultado que las emisiones continuarán creciendo durante toda la mitad del presente siglo.

Por su parte, Cropper y Griffiths (1994) estimaron la CKA para la región de África, América Latina y Asia usando como indicador ambiental el porcentaje de cambio en un área forestal. En esta investigación se consideró el uso de datos de panel para 64 países en un periodo de 30 años. Finalmente se concluyó que el crecimiento económico no resolverá el problema de la deforestación.

Continuando, Grossman y Krueger (1995) ampliaron su investigación pionera a catorce indicadores ambientales, entre los que se encuentran los trabajados inicialmente (SO_2 , *smoke* y SPM), pero también añaden otros indicadores como el Dióxido de Carbono (CO_2), la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Los resultados encontrados en este estudio muestran una relación de “U invertida” para el SO_2 y el *smoke*, aunque en el caso del SO_2 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.

Horvath (1997), por otra parte, estima la CKA para el uso de la energía per cápita para una muestra de 114 países usando datos de corte transversal y longitudinales. En este trabajo se concluye que el uso per cápita de energía se incrementa a medida que se incrementa el ingreso per cápita. Por tanto, el autor considera que el consumo de energía podría usarse como indicador de degradación ambiental.

El trabajo de Cole *et al.* (1997) añade indicadores ambientales distintos a los usados anteriormente, como ser el uso de energía total, nitratos en agua, la emisión de

clorofluorocarbonos (CFC), tráfico de volúmenes y metanol, además de los indicadores tradicionalmente usados como el SO₂, NO_x y SPM. Entre los resultados se obtiene la curva de “U invertida” para SO₂, NO_x, SPM y CFC, mientras que los indicadores restantes no cumplen la hipótesis de la CKA.

Por otra parte, las investigaciones que se han realizado para la región Latinoamérica es muy limitada. A pesar de esto, a continuación, se hace referencia a las investigaciones más sobresalientes y los resultados que se obtuvieron. Inicialmente se tiene la investigación de Martínez Zarzoso y Bengochea (2003) que toman en cuenta las emisiones del CO₂ para una muestra de 19 países⁶ desde el año 1975 a 1998. Como resultado de su investigación, se plantea que las emisiones de CO₂ se han estado incrementado continuamente desde 1975. Esto les lleva a concluir que, si bien las emisiones de CO₂ son menores que la de los países de la OCDE, existe un gran riesgo que éstas emisiones no disminuyan a medida que los países latinoamericanos se hagan más ricos. Es por este motivo que los gobiernos deberían implementar las medidas planteadas en el Protocolo de Kioto⁷. Por último, las autoras añaden que variables como la densidad poblacional, la apertura comercial, el cambio estructural y variables institucionales podrían mejorar la estimación de la CKA.

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. También se halla que aumentos en 1% en el PIB per cápita generan aumentos del 0.32% en las emisiones de CO₂, dando como resultado que ambas variables sean inelásticas.

Por otra parte, el estudio de Biswo *et al.* (2009) analiza la CKA para el CO₂ tomando en cuenta a 15 países de América Latina⁸ durante el periodo de 1980 a 2000.

⁶ 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.

⁷ El Protocolo de Kioto es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y un acuerdo internacional. Este tiene como fin reducir en un 5,2% las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global con relación a niveles de 1990 durante el periodo de 2008-2012.

⁸ Los países tomados en cuenta son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

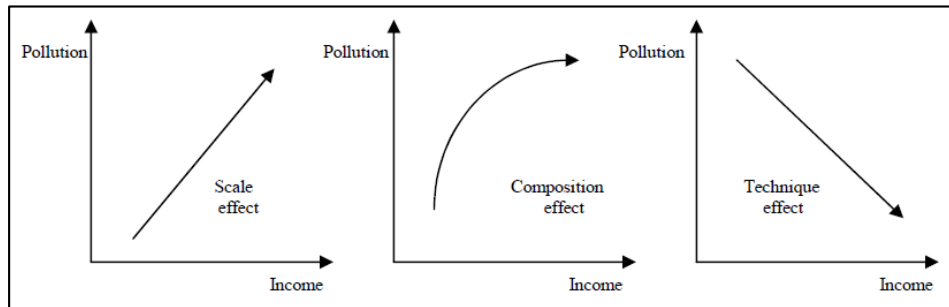
Preliminarmente, estos autores encuentran la curva de “U invertida” para un número limitado de países como ser Brasil, Colombia y Perú, mientras que se halla cierta concavidad en la curva para países como Argentina, Ecuador, Guatemala y Bolivia. Finalmente, los autores concluyen que la CKA para América Latina tiene una “forma de N”⁹. Sin embargo, se debe ser cuidadoso al interpretar este resultado ya que se evidencia que los países más empobrecidos de América Latina y que poseen una gran proporción forestal en sus territorios, son aquellos que tienden a evidenciar la fase ascendente de la CKA, mientras que las naciones ricas tienden a mostrar una CKA con “forma de N”.

2.1.2. Implicaciones del modelo de la CKA

El trabajo Grossman y Krueger (1991) plantea que la forma de “U invertida” a la CKA se debe a tres efectos: efecto escala, efecto composición y efecto tecnológico. Dichos efectos pueden apreciarse en la FIGURA 3. Para Zilio y Caraballo, y Paraskevopoulos (2009; 2014) el efecto de escala hace que el crecimiento económico provoque a la par un daño en el medio ambiente. En cuanto al efecto de composición, a medida que la economía sigue creciendo, empiezan a darse cambios estructurales hacia los sectores económicos menos contaminantes, como por ejemplo el sector de servicios, lo cual hace que la curva empiece a llegar a un punto de inflexión. Finalmente, el efecto tecnológico se considera cuando se empieza a invertir en el desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente. Ya en esta última etapa, la degradación ambiental se reduce a medida que el crecimiento económico sigue aumentando.

⁹ Se debe tener en consideración que, de todos los estudios analizados para los países de América Latina, el trabajo de Biswo *et al.* (2009) es el único que encuentra una CKA que tiene la “forma de N”.

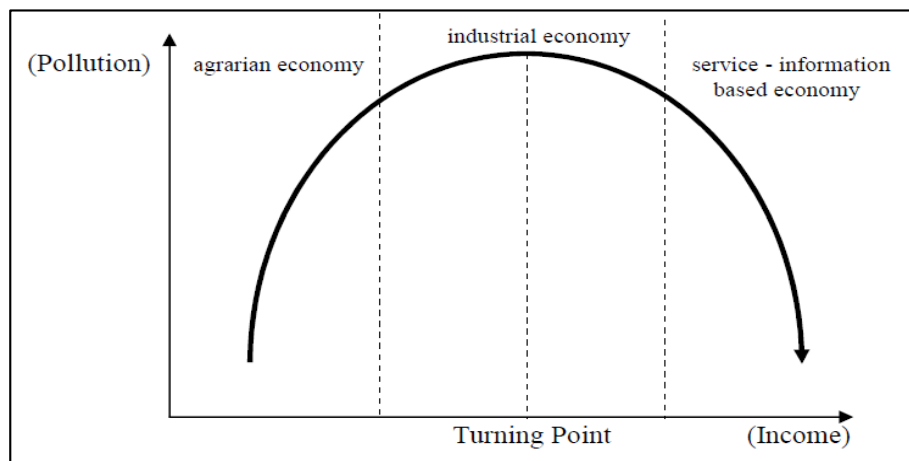
FIGURA 3: EFECTO DE ESCALA, COMPOSICIÓN Y TECNOLÓGICO EN LA CKA



Fuente: Obtenido de (Paraskevopoulos, 2009)

Por otra parte, existen dos causas principales que justifican la forma de “U invertida” de la CKA (Paraskevopoulos, 2009). La primera causa tiene que ver con las fases históricas que han atravesado los países desarrollados y pueden ser apreciados de manera gráfica en la FIGURA 4. Inicialmente, los países basaron su economía en la agricultura la cual tenía un impacto negativo pequeño en el medio ambiente. Sin embargo, a medida que la revolución industrial empezó a tomar marcha, el daño al medio ambiente se fue incrementando. En esta fase histórica, el aumento en el consumo de recursos naturales extraídos del uso de la tierra, la deforestación y la minería ha impactado negativamente. No obstante, en las últimas décadas ha existido un cambio en los países desarrollados de sectores tradicionales hacia sectores de servicio e información.

FIGURA 4: FASES HISTÓRICAS DE LOS PAÍSES DESARROLLADOS



Fuente: Obtenido de (Paraskevopoulos, 2009)

La segunda causa que plantea Paraskevopoulos tiene que ver con un aumento en la demanda de consumidores que exigen un medio ambiente menos contaminado. Esta causa está relacionada con lo que se conoce como el efecto ingreso¹⁰. Sin embargo, este cambio de preferencia por un medio ambiente menos contaminado no solo parte por la iniciativa privada, ya que también el sector público empieza a aplicar normativas ambientales que reducen la contaminación.

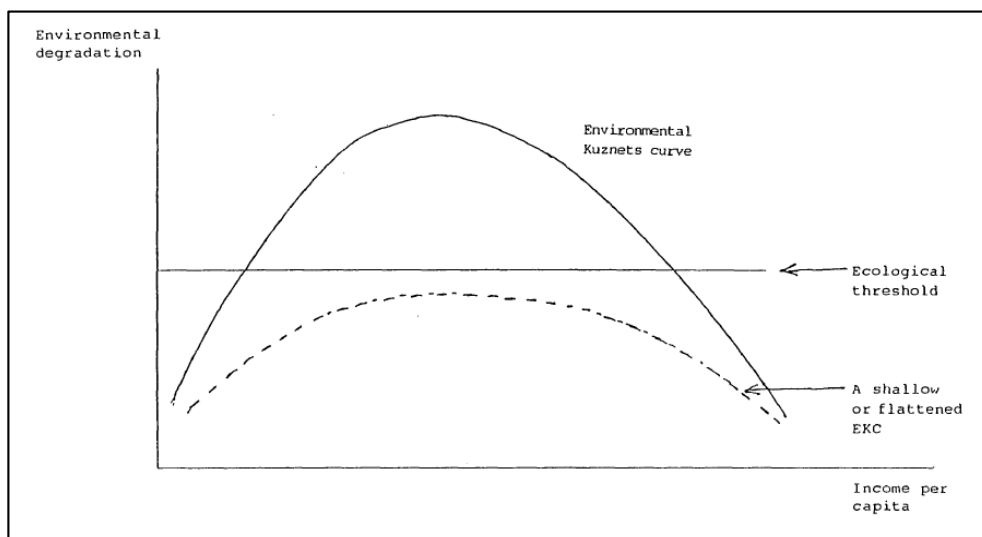
Por otro lado, para Panayotou (1993) el proceso de industrialización, donde la pendiente de la CKA es positiva, puede demorar décadas en ser atravesada. Además, puede ser menos costoso prevenir o disminuir ciertos impactos negativos al medio ambiente en el presente que en el futuro. Tampoco se debe olvidar que existen impactos negativos irreversibles al medio ambiente, como ser la pérdida de diversidad biológica, extinción de especies o destrucción de sitios naturales entre otros, lo cual plantea, la existencia de un umbral ecológico.

La existencia de un umbral ecológico puede ser observada en la FIGURA 5. Por una parte, se puede apreciar la existencia de una CKA por encima de este umbral, lo cual indica que, si no se toman medidas de prevención y solo se enfocan en políticas que fomenten el crecimiento económico, se superará este umbral ecológico el cual tendrá efectos irreversibles para el medio ambiente. Por otra parte, la figura también muestra que es posible aplanar la CKA (en líneas punteadas) adoptando ciertas políticas como ser:

- Eliminación de subsidios.
- Internalización de las externalidades.
- Definición de los derechos de propiedad.

¹⁰ En simples palabras, este efecto menciona que a medida que los consumidores incrementan su nivel de ingresos, los mismos empiezan a aumentar su consumo de bienes de lujo, donde un medio ambiente limpio puede ser considerado como bien de lujo.

FIGURA 5: UMBRAL ECOLÓGICO EN LA CKA



Fuente: Obtenido de (Panayotou, 1993).

Por último, mencionar que para Panayotou (1993), siempre existirá la CKA. Es por esta razón que no es suficiente enfocarse exclusivamente en políticas que promuevan el crecimiento económico.

2.1.3. Punto de inflexión en el modelo de CKA¹¹

La hipótesis de la CKA plantea que la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico tiende a ser positiva una vez que se llega a cierto umbral del ingreso per cápita, este umbral es conocido como punto de inflexión. Desde los trabajos de Grossman y Krueger, el Banco Mundial y Panayotou (1991: 1992; 1993) se ha tratado de establecer cuál es el ingreso per cápita que permite a un país atravesar de 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 SO_2 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 SO_2 y SPM. Por otra parte, el estudio de Panayotou (1993) establece un punto de inflexión de \$us.3.000 per cápita

¹¹ También conocido en la literatura como *turning point*.

para el SO₂ (ver FIGURA 2), \$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 han encontrado el punto de inflexión en la CKA es la investigación de Trujillo *et al.* (2013). Este trabajo establece un punto de inflexión para los residuos sólidos en Colombia de \$us.13.682, mientras que el punto de inflexión es de \$us.14.359 para la región andina de Colombia y de \$us.14.012 para el resto del país.

A pesar de lo mencionado, Unruh y Moomaw (1998) cuestionan si realmente existe un determinado ingreso per cápita el cual 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. Como ya se había mencionado, la importancia de la CKA no radica en encontrar el punto de inflexión, sino más bien en las implicaciones que tiene para establecer políticas ambientales y económicas. Son por estas razones que la presente investigación no enfatizará en encontrar el punto de inflexión para Bolivia.

2.1.4. Críticas al modelo de la CKA

A pesar de la existencia de trabajos académicos que afirman la existencia de la hipótesis de la CKA, existen investigaciones que refutan la hipótesis mencionada y han dado lugar a muchas críticas. Las investigaciones de Stern *et al.* y Stern (1998; 1996) identifican 7 problemas cruciales con la hipótesis de la CKA:

- a) La hipótesis de la CKA parte del supuesto que el daño ambiental es reversible. Dado este supuesto, Holtz-Eakin y Selden, y Cole *et al.* (1997; 1995) plantean el problema de simultaneidad; es decir, la existencia de causalidad unidireccional del crecimiento económico a la calidad ambiental.
- b) Algunas investigaciones plantean que la eliminación de barreras comerciales, *ceteris paribus*, podría reducir el daño ambiental tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo (Grossman & Krueger,

1991). Por otro lado, se plantea que la apertura comercial podría impactar negativamente en el medio ambiente de los países en vías de desarrollo. En base al modelo de Hecksher-Ohlin, los países desarrollados se especializarán en actividades intensivas en capital donde sus regulaciones ambientales alientan a desplazar las actividades contaminantes a los países en vías en desarrollo, cosa que estos últimos no pueden hacer.

- c) Los resultados encontrados para el mismo indicador ambiental provienen de varias fuentes de información lo cual hace que los resultados no sean comparables.
- d) Existen muchos datos que reflejan la concentración de algún indicador ambiental, mientras que otros reflejan emisiones. La mayoría de las estimaciones de la CKA toman en cuenta los datos de emisiones han obtenido puntos de inflexión mayores que aquellas investigaciones que usaron datos de concentraciones.
- e) La actividad económica requiere inevitablemente el uso de recursos lo cual implica la producción de desechos. Sin embargo, los resultados obtenidos de las estimaciones de la CKA no permiten que los indicadores tengan valores de ceros o negativos debido a que sería inapropiado, excepto en el caso de la deforestación.
- f) La mayoría de los resultados obtenidos de la CKA estiman el nivel de ingreso para llegar al punto de inflexión cerca de la media mundial del ingreso per cápita. A pesar de esto, la distribución del ingreso no tiene una distribución normal, sino es muy sesgada positivamente; es decir, que la mayoría de las personas está por debajo de la media mundial del ingreso per cápita. Todo esto implica que se debería usar la mediana del ingreso per cápita como indicador y no así la media mundial del ingreso per cápita.
- g) Existen muchos contaminantes ambientales que han reducido su impacto en varios países en vías de desarrollo debido a regulaciones ambientales más rigurosas e innovaciones tecnológicas. Sin embargo, otros contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂) y los desechos sólidos han aumentado su impacto, lo que hace que el impacto total sea negativo al medio ambiente.

2.1.5. Extensiones del modelo de la CKA

Para evitar algunos de los problemas mencionados en el apartado anterior, se empezaron a realizar investigaciones con matrices distintas, como por ejemplo investigaciones para países específicos, o la introducción de otras variables exploratorias fuera del ingreso per cápita y la densidad poblacional (Stern, 1998).

Entre los trabajos que más han resaltado se tiene la investigación de Westbrook (1995) que se enfoca en países con estructuras económicas distintas. Este autor concluye que los países con sectores enfocados a la agricultura y los servicios emiten menos contaminantes que aquellos países enfocados en sectores industriales.

También se tiene la investigación de Rock (1996) que introduce variables relacionadas al comercio exterior. Este trabajo concluye 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. Para Rothman (1998), si se omite esta variable al estimar la CKA, solo se analiza las emisiones de contaminantes por el lado del consumo y no por el lado de la producción.

La investigación de Komen *et al.* (1997) analizó la hipótesis de la CKA tomando variables que no reflejaban directamente la calidad ambiental o emisión de contaminación, sino más bien factores que podrían conducir a resultados ambientales negativos. Su estudio estima la CKA para los gastos en investigación y desarrollo público en protección ambiental para un grupo de los países de la OCDE. Los autores concluyen que los gastos realizados por estos países en investigación y desarrollo en protección ambiental son una pequeña parte del total, y que dichos gastos pueden no mejorar la calidad ambiental.

El estudio de Bruyn *et al.* (1997) que se basa en descomponer la relación de la CKA en componentes subyacentes más fundamentales como ser el cambio estructural, el crecimiento, la escala, los precios entre otros. Por ejemplo, la investigación de Panayotou (1997) toma en cuenta el PIB per cápita, PIB per cápita por kilómetro cuadrado, la participación de las industrias, la densidad poblacional, la tasa de crecimiento del PIB y una variable que refleja la calidad institucional. Ambos autores concluyen que a medida que se incrementa el crecimiento económico, la densidad

poblacional, la escala y la industrialización, existe niveles de contaminación mayores; mientras que, el ingreso y las instituciones reaccionan de manera negativa con los niveles de contaminación. Sin embargo, Stern (1998) plantea que la descomposición de la CKA es problemática debido a que se mezclan variables que pueden no estar relacionadas y a su vez se omite variables importantes.

Por otra parte, la investigación 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.

El trabajo de Kaufmann *et al.* (1998) toma en cuenta variables de densidad de la actividad económica. Entre estas variables se tiene al impacto de la intensidad de la actividad económica (PIB/área) y el tamaño de las ciudades en las concentraciones ambientales. Se concluye que a medida que se incrementa la densidad, existirá menor impacto cuando las emisiones totales estén bajas.

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.

A pesar de la importancia de las investigaciones mencionadas anteriormente, existe el peligro de omitir una o más variables relevantes al experimentar con variables individuales. A esto se debe sumar que la mayoría de los trabajos ya mencionados no presentan estadísticos que afirmen que la omisión de una variable sea un problema o no (Stern, 1998).

Entre los trabajos para América Latina que siguieron este enfoque, se tiene la investigación de Saravia (2002) la cual es la primera investigación sobre la CKA enfocada 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 toma una muestra de 11 países de la

región¹² 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 halla que existe una relación positiva entre el coeficiente de GINI y los indicadores ambientales lo cual implica que a medida que la desigualdad en la distribución del ingreso se incrementa, existe una mayor degradación ambiental. Como conclusión, la autora plantea que puede darse un mejoramiento de la calidad ambiental a medida que el crecimiento económico aumenta con el diseño y aplicación de políticas ambientales y la reducción de la desigualdad del ingreso en la región.

Luego se tiene el trabajo de Correa (2005) que toma en cuenta al CO₂, SO₂ y la DBO, como variables de respuesta, mientras que como variables explicativas considera al PIB per cápita, el coeficiente de GINI y la tasa de alfabetización. Entre los resultados obtenidos, 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 donde la relación entre ambas variables es negativa. Como conclusión, se plantea que el crecimiento económico debería ir a la par de reformas estrictas y que se debería mejorar los derechos de propiedad de los recursos ambientales.

Por otro lado, la investigación de Trujillo *et al.* (2013) analiza los residuos sólidos en rellenos sanitarios para 707 municipios para 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 de la investigación, los autores encuentran evidencia que sustenta la existencia de la CKA. Los autores concluyen que las áreas menos densamente pobladas y con mayores elevaciones en relación con el nivel del mar, tienden a disminuir la producción de desechos sólidos. Asimismo, se encuentra que el punto de inflexión no es homogéneo a través de todas las regiones del país.

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

¹² Los países que fueron tomados en cuenta son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay, Venezuela, Costa Rica y México.

CO₂ per cápita y el PIB per cápita para una muestra de 21 países¹³ durante el periodo 1960-2008. También se añaden variables como el valor agregado del sector industrial como porcentaje del PIB y el grado de apertura de la economía¹⁴. 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. También se plantea que se debe dar más importancia a las políticas ambientales en la lucha contra el cambio climático, ya que la región es una de las más afectadas por su situación de vulnerabilidad. Como recomendación final plantean que la idea de “esperar y crecer” no debe tomarse al pie de la letra, ya que aún en el caso hipotético que en el largo plazo se alcance el punto de inflexión entre el CO₂ y el PIB per cápita, la calidad ambiental no se recuperará sobre una base de recursos degradados o ecosistemas extinguidos.

Finalmente, se tiene la investigación de Martínez *et al.* (2017) que consideran una muestra de 11 países¹⁵ en el periodo 1991-2014. Como variable de respuesta se considera al CO₂, mientras que como variables explicativas se considera 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 tiene que Colombia es el único país de la región que cumple con la hipótesis de la CKA para todas las variables explicativas. Bolivia presenta 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, presenta 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.

¹³ 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.

¹⁴ 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.

¹⁵ Los países tomados en cuenta son: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

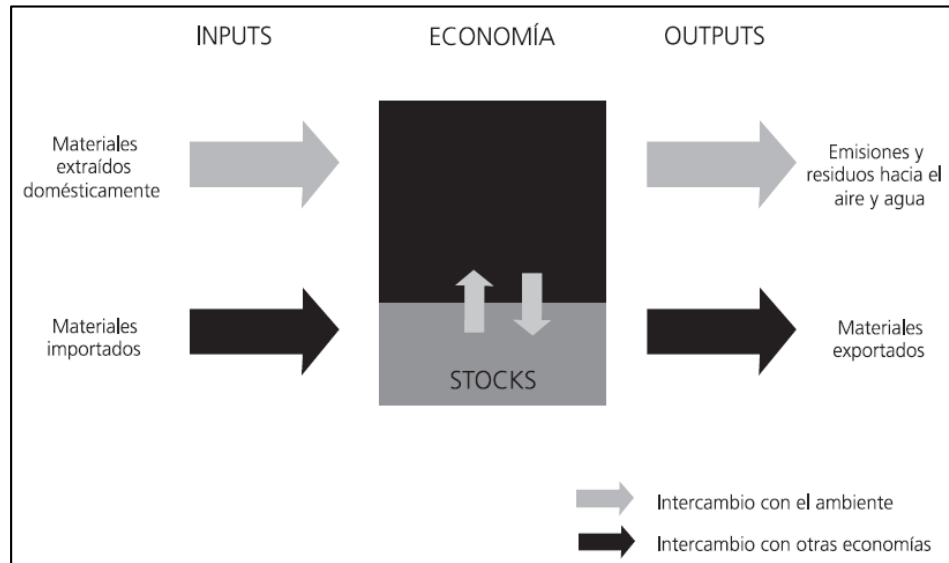
2.2.1. Economía ecológica

La Economía Ecológica parte del enfoque que la actividad económica no se encuentra aislada del medio ambiente, sino que está dentro de un sistema más complejo. Bajo este enfoque, las economías requieren de insumos productivos del medio ambiente que pueden ser extraídos tanto del territorio propio, como importados de otros países. Una vez procesados estos insumos, se generan residuos que pueden reciclarse, reutilizarse o simplemente acumularse en forma de stocks. Dicho proceso es conocido como metabolismo social, el cual muestra los intercambios de residuos materiales entre la economía y el medio ambiente.

Para estudiar el metabolismo en las sociedades, existen diversas metodologías, como ser: los flujos materiales, los flujos de energía, la apropiación humana de la producción primaria neta (HANPP) y los cálculos del agua virtual (Vallejo, 2015; Walter, Brun, Pérez Manrique, González Matínez, & Joan, 2013). En este marco, la presente investigación analizará el metabolismo social tomando en cuenta solo la metodología de flujos materiales debido a la disponibilidad de datos.

La FIGURA 6 muestra un modelo sistémico de intercambio de flujos materiales. Los flujos de entrada o también conocidos como *inputs* son residuos materiales que han sido obtenidos directamente de los recursos naturales o bienes intermedios. Estos residuos materiales pueden ser extraídos domésticamente o importados. Mientras que los flujos de salida o también llamados *outputs* son productos y/o emisiones atmosféricas, efluentes líquidos y residuos materiales obtenidos después del proceso económico, los cuales se depositan en el medio ambiente y también pueden ser exportados a otras economías (Minaya, 2018).

FIGURA 6: MODELO SISTÉMICO DE INTERCAMBIO DE FLUJOS DE MATERIAS



Fuente: Obtenido de (Vallejo, 2015)

2.2.1.1. La Contabilidad de Flujos Materiales (CFM)

La Contabilidad de Flujos Materiales (CFM) ayuda a cuantificar los residuos materiales extraídos del intercambio y el consumo de recursos. Es decir, la CFM contabiliza todos los residuos materiales que ingresan en una economía¹⁶, los cambios de *stocks* de residuos materiales que se producen dentro de la economía y las salidas de residuos materiales hacia otras economías¹⁷ (Russi et al., 2008; Vallejo, 2015). Debido a que esta contabilidad contabiliza los residuos materiales, su unidad de medida es las toneladas; es decir, las toneladas de residuos materiales.

Robert Ayres y Alen Kneese fueron los primeros en proponer una metodología para el cálculo de los flujos materiales para la economía estadounidense en el periodo 1963-1965. Su argumento principal se basaba en la parábola de “la tragedia de los comunes”¹⁸, debido a que la economía depende de bienes ambientales que no tienen precio (aire y agua) y que cada vez son más escasos.

¹⁶ Es decir, todos los flujos de ingreso o *inputs* a una economía.

¹⁷ Se refiere a todos los flujos de salida o *outputs* de una economía

¹⁸ El problema de la tragedia de los comunes se resume, en palabras de Aristóteles, a la siguiente afirmación: “Lo que es común a muchos es a lo que se le pone menos cuidado, porque todos se preocupan más por lo que les es propio que por lo que poseen en común con otros” (Mankiw, 2015).

Por otra parte, Gofman querían saber cuál era el estado de la economía rusa después de que se disuelva la Unión Soviética, lo cual le llevo a realizar un análisis de flujos materiales que incluía al agua y aire entre otros. Es por esta razón que tanto Ayres y Kneese, como Gofman son considerados como los pioneros en poner en práctica el cálculo de la CFM (Fischer-Kowalski et al., 2011).

Ya en los noventa se empezó a introducir la CFM en las estadísticas nacionales de países como Austria, Alemania, Japón y Estados Unidos. Para el 2001, la Agencia Estadística para la Unión Europea (EUROSTAT) empezó a jugar un rol importante ya que publico una guía metodológica que ayudo a estandarizar el cálculo de la CFM. La EUROSTAT también realizo los primeros indicadores para todos sus países miembros. Luego, la OECD también empezó a elaborar esta contabilidad para sus países miembros¹⁹.

Para Fisher-Kowalski *et al.* (2011) la CFM 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. Estos indicadores físicos ayudan a complementar la contabilidad económica de un país debido a que 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).

Por su parte, Giljum (2008) plantea que la CFM es una herramienta muy valiosa para contrastar las consecuencias ambientales negativas. A esto se debe sumar 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 una economía, más bien se la debe considerar como indicadores indirectos de sostenibilidad (González Matínez 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

¹⁹ Para profundizar sobre el desarrollo histórico de la CFM, el lector debe consulta el trabajo de Fisher-Kowalski (2011).

(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 la presente investigación.

Para Walter *et al.* (2013) esta metodología de análisis ha sido aplicada y sistematizada para la mayor parte de los países desarrollados. Sin embargo, la misma está siendo elaborada para algunos países de América Latina como ser Chile, Perú, México, Ecuador, Colombia y Brasil.

2.2.1.2. Indicadores de la CFM

Para Fisher-Kowalski (2011), inicialmente se debe tener en cuenta algunas consideraciones con respecto a los flujos de entrada o *inputs*. Por un lado, los flujos de entrada pueden estar compuestos por residuos materiales utilizados y residuos materiales no utilizados²⁰. Los materiales utilizados son insumos extraídos de la naturaleza con el fin de emplearlos en la economía; es decir, intercambiarlos en el mercado. Mientras que los materiales no utilizados son aquellos insumos extraídos que no tienen como destino un fin económico ya que no se intercambian en el mercado. Estos últimos pueden ser materiales de extracción de las minas, perdidas en la extracción de biomasa, excavación de suelos, entre otros (EUROSTAT, 2013).

Por otro lado, los *inputs* pueden dividirse en flujos de materiales directos y flujos de materiales indirectos. Los flujos directos hacen referencia a la masa real del material o producto y por lo tanto no consideran requisitos acumulativos a lo largo de cadenas de producción. Mientras que los flujos indirectos²¹ contemplan todos los materiales requeridos en toda la cadena de producción, los cuales pueden estar en los materiales utilizados como en los materiales no utilizados (EUROSTAT, 2013).

Se debe recalcar que la presente investigación no toma en cuenta los residuos materiales no utilizados ni los flujos materiales indirectos en la construcción de los

²⁰ Mejor conocidos como *used materials* y *unused materials*, respectivamente.

²¹ También conocidos como *hidden flows*, *embodied materials requirements* o *ecological ricksacks*.

indicadores ya que los métodos para cuantificarlos no están debidamente estandarizados²² (Fischer-Kowalski et al., 2011).

También se debe considerar es que la CFM distingue tres clases: los residuos materiales (de procedencia biológica, mineral y energética), el agua y el aire. Los residuos materiales representan cerca al 95% del total que una economía utiliza, por lo cual es recomendable separarlos del agua y aire²³ (Fischer-Kowalski et al., 2011; Giljum, 2008; González Matínez et al., 2010). Por lo tanto, la presente investigación solo considera el estudio de los residuos materiales debido a lo mencionado.

La TABLA 1²⁴ muestra la estructura que contempla los flujos materiales e indicadores físicos de la CFM. Se puede observar que se toma en cuenta las siguientes categorías: la biomasa, los combustibles fósiles y los minerales. Estas categorías a su vez pueden ser desglosadas en doce subcategorías donde 5 de las misma pertenecen a la biomasa, 3 a los combustibles fósiles y 4 a los minerales. En la TABLA 1 también se puede observar una breve descripción de los principales componentes de cada subcategoría.

²² Entre algunas metodologías propuestas para calcular los flujos materiales indirectos se tiene la Evaluación del Ciclo de Vida (*life-cycle assessment*) y la Entrada-Salida (*input-output*) (Giljum, 2008).

²³ Según González, existen otras metodologías que miden con mayor precisión estos indicadores como ser el agua virtual o la huella hídrica (González Matínez et al., 2010).

²⁴ La Tabla 1 fue adaptada 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 fueron consideradas en la tabla debido que para Bolivia no son importantes.

**TABLA 1: CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE LOS FLUJOS
MATERIALES E INDICADORES FÍSICOS DE LA CFM**

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).

2.2.1.2.1. Flujos materiales

Antes de poder construir los indicadores físicos, se deben considerar los flujos materiales. Los flujos materiales son la base de toda la CFM ya que en base a estos indicadores se construye los indicadores físicos. Estos se dividen de la siguiente manera:

- Extracción doméstica (ED): Extracción de recursos naturales realizado 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. La ED es considerada como un flujo de entrada a la economía.
- Importaciones físicas (M) y exportaciones físicas (X): Productos importados y exportados que están clasificados según su principal componente material²⁵. 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.

2.2.1.2.2. Indicadores físicos

Por otra parte, los indicadores físicos permiten identificar las presiones que ejerce la actividad humana en el medio ambiente son las siguientes:

- Entrada directa 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.

$$EDM = ED + M$$

²⁵ Esta clasificación está basada según su nivel de procesamiento ISIC Rev.2 de Naciones Unidas

- Consumo doméstico de materiales (CDM): Fracción de todos los materiales que permanecen en el sistema económico hasta ser desechados al ambiente²⁶. 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 físicos²⁷ (Minaya, 2018; Russi et al., 2008). Este indicador se obtiene sumando la extracción doméstica más las importaciones físicas y restando las exportaciones físicas.

$$CDM = ED + M - X$$

O también:

$$CDM = EDM - X$$

- Balance comercial físico (BCF): 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 balanza comercial monetaria debido a que los flujos monetarios y físicos se mueven en direcciones opuestas. Para Giljum (2008) el BCF es posiblemente el indicador más importante que se deriva de la CFM. 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)²⁸. Para obtener este indicador se calcula la diferencia entre las exportaciones físicas y las importaciones físicas.

$$BCF = M - X$$

²⁶ 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).

²⁷ 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.

²⁸ 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).

➤ **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 sea el indicador, más eficiente es una economía, ya que es menor la cantidad de residuos que se genera por unidad del PIB (Minaya, 2018; PNUMA, 2013; Russi *et al.*, 2008). La forma de obtener este indicador es dividiendo el consumo material doméstico sobre el PIB.

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

➤ **Consumo doméstico material per cápita:**

Consumo doméstico de materiales por unidad de producción en términos de la población muestra cuantas toneladas de residuos se genera por persona en una determinada economía.

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

2.2.1.3. El modelo de la CKA basado en el indicador de CDM

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 otros²⁹, lo cual ha limitado el estudio entre crecimiento económico y sostenibilidad ambiental. Debido a esta limitación, se han presentado alternativas para encarar este problema. Una de estas alternativas proviene por parte de la economía ecológica (Minaya, 2018).

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 indicadores físicos contemplan toda la presión ambiental de una economía en un solo indicador. Debido a esta gran ventaja,

²⁹ Para mayor detalle sobre la evolución histórica de la CKA, refiérase al apartado 4.1. del marco teórico.

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 para ambos indicadores físicos, se evidencia que los países de la UE se encuentran en la fase descendente de la CKA. Entre las conclusiones obtenidas se tiene que la mayoría de los países de la UE son importadores netos, con excepción de Grecia, Suecia y el Reino Unido³⁰. 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 se ha incrementado.

Continuando, 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. En el estudio se consideran 27 países miembros de la UE y 3 países europeos que no son miembros desde el 2000 al 2010. Los resultados obtenidos 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, significando que a medida que se existe más apertura comercial, se reduce el CDM. Según los autores, este último resultado se debe a que los países europeos relocalizan sus productos intensivos en material en economías en desarrollo, y también porque las economías más abiertas son más eficientes tecnológicamente. Asimismo, para el coeficiente de gasto en investigación y desarrollo

³⁰ Debe considerarse que esta investigación fue realizada antes de que el Reino Unido se saliera de los países miembros de la EU

se obtuvo un signo negativo. Para los autores, esto se debe a que 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 para este estudio la relación que existe solamente 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.

2.2.2. El Producto Interno Bruto (PIB)

La contabilidad de la renta nacional tiene como objetivo principal obtener una medida de la cantidad total de bienes y servicios producidos para el mercado en un país específico durante un periodo de tiempo determinado (Williamson, 2012, p. 29). La medida de la producción agregada en la contabilidad nacional es conocida como Producto Interno Bruto (PIB). El PIB se puede definir como: “el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de un país en un periodo determinado” (Mankiw, 2015, p. 198).

2.2.2.1. Componentes del PIB

El PIB, denotado como Y , se divide en cuatro componentes: consumo (C), inversión (I), gasto público (G) y exportaciones netas (XN). Se tiene la siguiente ecuación³¹:

$$Y = C + I + G + XN$$

A continuación se tendrá en cuenta las definiciones de (Blanchard, 2000) y (Williamson, 2012) la definición cada componente del PIB.

2.2.2.1.1. Consumo

El consumo son los bienes y servicios que adquieren los consumidores durante el periodo actual. El consumo es considerado el mayor componente del PIB. Este a su vez se divide en bienes duraderos, no duraderos y servicios. Los bienes duraderos consideran artículos como por ejemplo a los automóviles nuevos, muebles y electrodomésticos. Por su parte, los bienes no duraderos incluyen a bienes como la comida y la ropa. Finalmente, los servicios son artículos intangibles, como ser los cortes de pelos y los servicios hoteleros.

2.2.2.1.2. Inversión

La inversión no es más que las compras durante el periodo actual de bienes que se utilizarán en el futuro para producir más bienes y servicios. También conocida como inversión fija. Esta a su vez se descompone en inversión residencial y no residencial. La inversión residencial es la compra de nuevas viviendas o apartamentos por parte de los individuos. Mientras que la inversión no residencial es la compra de nuevas máquinas o plantas por parte de la empresa. A pesar de que la inversión supone una fracción menor del PIB que el consumo, tiene un rol muy importante en lo que respecta a los ciclos económicos.

³¹ La presente ecuación es considerada una identidad debido a que debe ser cierta debido a la forma en la cual se definen sus variables (Mankiw, 2015, p. 200).

2.2.2.1.3. Gasto de gobierno

El gasto de gobierno representa los bienes y servicios comprados durante el periodo actual por parte del estado y todas sus instancias. Se debe tener en cuenta que las transferencias del gobierno y los intereses pagados por la deuda pública no son consideradas como gasto de gobierno.

2.2.2.1.4. Exportaciones netas

Las exportaciones netas son iguales a las compras realizadas por extranjeros de bienes producidos internamente (exportaciones) menos las compras domésticas de bienes extranjeros (importaciones). Las exportaciones netas son generalmente conocidas como balanza comercial. A continuación, se muestra como es la ecuación de la balanza comercial:

$$XN = X - IM$$

Si las exportaciones son mayores que las importaciones, se dice que el país tiene un superávit comercial. Si, por el contrario, las exportaciones son menores que las importaciones, se menciona que el país posee un déficit comercial.

2.2.2.2. Medición del PIB

Para la medición del PIB existen tres enfoques³². Para describir dichos enfoque, se tomará en cuenta las definiciones de (Mankiw, 2015) y (Williamson, 2012), como se muestra a continuación:

2.2.2.2.1. Enfoque de la producción

Este enfoque, también conocido como el enfoque del valor añadido, considera que el PIB es el valor de los bienes y servicios finales producidos en la economía durante un determinado periodo. Esto quiere decir que para el cálculo del PIB se suma el valor añadido de los bienes y servicios de todas las unidades productivas de la economía, y se resta el valor de todos los bienes intermedios utilizados en el proceso.

³² Se debe considerar que los tres enfoques proporcionan exactamente la misma medida del PIB, teniendo en cuenta que no existan errores en la medición de ningún enfoque (Williamson, 2012, p. 29).

2.2.2.2.2. Enfoque del gasto

Por otra parte, el enfoque del gasto calcula el PIB como gasto total en toda la producción de bienes y servicios finales de la economía. Al igual que en el enfoque de la producción, en este enfoque no se contabiliza el gasto en bienes intermedios.

$$Gasto\ total = C + I + G + XN$$

2.2.2.2.3. Enfoque de los ingresos

Finalmente, el PIB es la suma de las rentas de la economía durante un determinado periodo. Es decir, es enfoque suma todos los ingresos recibidos por los agentes económicos que contribuyeron a la producción, donde se incluye a: las compensaciones a los empleados, las rentas de los propietarios, las rentas de alquiler, los beneficios empresariales, los intereses netos, los impuestos empresariales indirectos y la depreciación.

$$Y = C + I + G + XN$$

2.2.3. Desarrollo sostenible

En el año 1987, la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo³³, creada por la ONU en 1983, presento un informe titulado “Nuestro Futuro Común”. Mejor conocido como el Informe Brutland³⁴, abordaba por primera vez los conflictos entre el desarrollo y medio ambiente. Fue precisamente en este documento donde se originó el término “Desarrollo Sostenible”.

La definición de desarrollo sostenible del Informe de Brutland establece que hay “satisfacer las necesidades y las aspiraciones del presente sin comprometer la facultad de continuar haciéndolo en el futuro” (WCDE, 1987, p. 55). Para Labandeira et al. (2007, p. 27) la definición de desarrollo sostenible implica que se deben satisfacer necesidades fundamentales como alcanzar una renta per cápita mínima, una adecuada calidad de atmósfera y agua, una provisión adecuada de servicios sociales, entre otras.

³³ Conocida como World Commission on Environment and Development (WCED).

³⁴ Lleva este nombre debido a que el informe fue encabezado por la doctora Gro Harlem Brundtland.

Es decir que la definición de desarrollo sostenible no solo implica la eficiencia en el uso de recursos naturales, sino también la equidad. Por este motivo, la equidad tiene una doble implicación (Labandeira et al., 2007):

2.2.3.1. Equidad intrageneracional

Implica que la satisfacción de las necesidades de la generación actual es un requisito indispensable para lograr el desarrollo sustentable a nivel mundial. Para lograr este objetivo, se debe solucionar los problemas de pobreza en los países en vías de desarrollo.

2.2.3.2. Equidad intergeneracional

Implica que el legado de los recursos para la siguiente generación tiene que ser, al menos, igual que el disponible para la generación actual. Esto significa que se debe tomar en cuenta el horizonte temporal.

2.2.3.3. Cumbres ambientales

A raíz del Informe de Brundtland, organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) han organizado cumbres mundiales para abordar el tema del desarrollo sostenible. En estas cumbres se han reunido los países miembros, una serie de grupos intergubernamentales y expertos en el tema.

En 1992, se llevó a cabo la primera cumbre en Río de Janeiro, también llamada la Cumbre de la Tierra. En esta se discutió los medios para poner en práctica el desarrollo sostenible. Durante esta cumbre, los líderes mundiales adoptaron el Programa 21, con la intención de lograr el desarrollo sostenible en los planos nacional, regional e internacional.

Luego, en 2002, se organizó la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, donde se aprobó el Plan de Aplicación de Johannesburgo. Las medidas que se tomaron en cuenta se basaron en los progresos realizados y las lecciones aprendidas desde la Cumbre de la Tierra. Al final se concluyó aplicar medidas concretas con metas cuantificables y con plazos.

En 2012, veinte años después de la histórica Cumbre de la Tierra, los líderes mundiales se reunieron nuevamente para asegurar el compromiso político renovado con el desarrollo sostenible, evaluar el progreso de su aplicación deficiente en el cumplimiento de los compromisos ya acordados en la Cumbre de la Tierra, y abordar los nuevos desafíos. También conocida como la Cumbre de la Tierra de Río 20, se centró en dos temas específicos que son la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza, y el marco institucional para el desarrollo sostenible.

2.2.3.4. Los Objetivos del Milenio (ODM)

En la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, llevada a cabo en septiembre del 2000, los líderes del mundo se reunieron para establecer objetivos y metas mensurables, con plazos definidos, para combatir grandes problemas como ser la pobreza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, la degradación del ambiente y la discriminación contra la mujer. Estos objetivos y metas, que constituyen la esencia del programa mundial, se llaman ahora conocidos como los "Objetivos de desarrollo del milenio".

Entre uno de los ODM, se establece garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Dentro de este objetivo se han planteado cuatro metas. La primera meta es incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente. La segunda meta tiene que ver con reducir y ralentizar considerablemente la pérdida de diversidad biológica. La siguiente meta plantea reducir a la mitad, para el 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento. Finalmente, se plantea mejorar considerablemente, para el 2020, la vida de al menos 100 millones de habitantes de barrios marginales.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE LA CONTABILIDAD DE FLUJOS MATERIALES

III. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE LA CONTABILIDAD DE FLUJOS MATERIALES Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO PARA BOLIVIA

Antes de empezar este capítulo, Giljum (2008) plantea que se deben tener en cuenta dos consideraciones antes de realizar el análisis de la CFM. La primera es que, la interpretación de los datos de la CFM debe ser desagregada por sectores económicos y/o grupos materiales. También se debe tener en cuenta que la presentación de los datos tiene que estar complementada por un contexto histórico.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, a continuación, se realiza un análisis sobre la evolución de los indicadores que forman parte de la CFM. En primera instancia se realizará una breve mirada de los indicadores más importantes a nivel mundial y sudamericano, para luego analizar con mayor profundidad el caso de Bolivia. Todos los datos que se mostrarán a continuación están delimitados al periodo 1970-2015, y además que serán analizados según el orden en que fueron expuestos en el marco teórico para el caso boliviano. Todos los datos acerca de la CFM fueron obtenidos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*³⁵, y también se tomó en cuenta datos del Banco Mundial.

3.1. INDICADORES DE FLUJOS MATERIALES EN EL CONTEXTO GLOBAL

Antes de adentrarse en el análisis de los indicadores de flujos materiales para el caso de Bolivia, es necesario mostrar la situación de los mismos en el contexto global para poder apreciar su evolución. Debido a este motivo se comenzará a realizar un análisis global del CDM. Luego se pasará a realizar un análisis para América del Sur de los principales indicadores.

3.1.1. Consumo doméstico material por regiones a nivel mundial

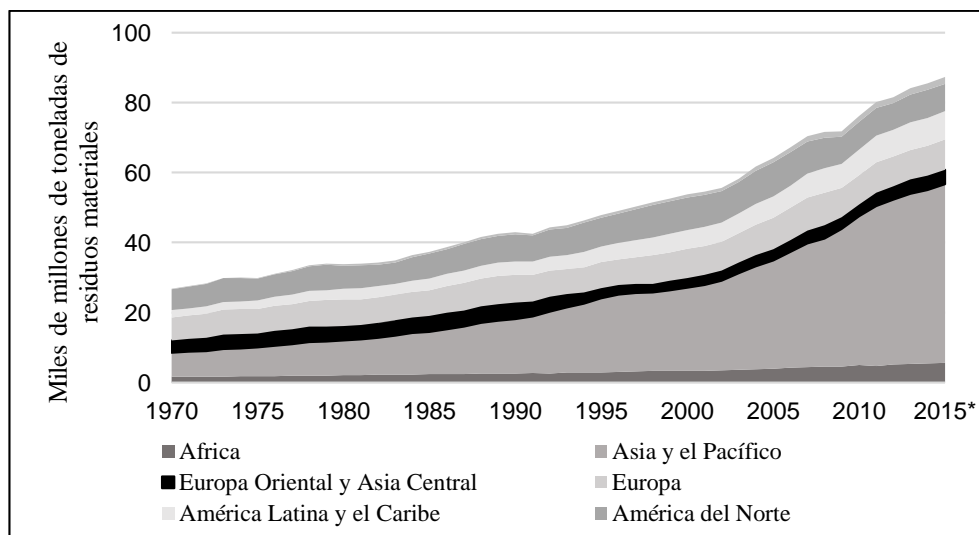
Como se indicó anteriormente, este apartado del trabajo tiene como finalidad observar la evolución de CDM a nivel mundial y así apreciar los cambios que se han ido

³⁵ 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>.

generando debido al contexto histórico. Es por este motivo que se ha trabajado con siete regiones mundiales³⁶ que contemplan todos los países para los cuales existe la CFM.

En la FIGURA 7 se tiene el consumo doméstico material dividido en siete regiones mundiales para el periodo de 1970-2015. Inicialmente se puede observar que, para el inicio del periodo, el consumo doméstico material llego a ser de 26,8 mil millones de toneladas. Mientras que, para el final del periodo analizado, el consumo doméstico de material es de 87 mil millones de toneladas. Esto quiere decir que el consumo doméstico material total a nivel mundial se ha ido incrementando constantemente llegando a triplicar su valor en el lapso de cuatro décadas. Se tiene una tasa de crecimiento anual del 2,7%.

FIGURA 7: EL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL POR REGIONES MUNDIALES (1970-2015)



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

Por otro lado, la TABLA 2 proporciona el porcentaje de participación del consumo doméstico material para algunos años específicos. En esta tabla se puede observar cinco características que llaman la atención. Primeramente, la región de África ha

³⁶ Se ha escogido trabajar con estas siete regiones mundiales debido a que la base de datos ya tiene predeterminada esta división.

mantenido una participación constante del 6% durante todo el periodo analizado. En segundo lugar, se tiene que Europa tenía una participación del 24% para 1970, mientras que para el 2015, este porcentaje disminuyó a solo el 10%. También ocurrió lo mismo con la región de Europa Oriental y Asia Central que para 1970 el porcentaje de participación de esta región era del 13%, pero para el 2015, este porcentaje se redujo al 5%. En tercer lugar, se tiene el incremento de participación del consumo doméstico material en la región de Asia y el Pacífico, ya que para 1970, el porcentaje del mismo era del 26% (siendo el más elevado para ese año, aunque seguido por muy poco por Europa), mientras que para el 2015 el porcentaje de participación se había incrementado al 58%. Este incremento de la participación se debe principalmente al crecimiento de China.

Otro aspecto que llama la atención es la disminución del porcentaje participación de América del Norte, que para 1970 tenía una participación del 22%, pero para el 2015, esta participación fue solo del 9%. Por último, se puede apreciar que la región de América Latina y el Caribe solo representa en promedio un 9% del porcentaje del total de participación del consumo doméstico material a nivel mundial. Para PUNMA (2013) este hecho implica que los acontecimientos producidos en la región Latinoamericana no tienen ningún efecto importante en las presiones extractivas a nivel mundial, sin embargo, un pequeño incremento de la demanda en otras regiones mundiales puede tener un importante efecto en los flujos materiales de América Latina.

TABLA 2: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL POR REGIONES MUNDIALES (1970-2015)

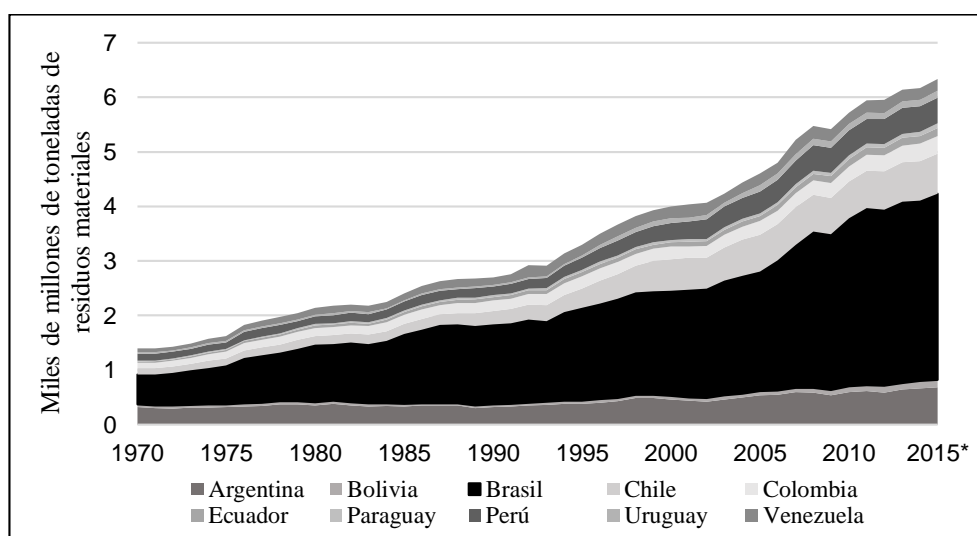
Regiones a nivel mundial	1970	1985	2000	2015*
África	6%	6%	6%	6%
Asia y el Pacífico	26%	32%	44%	58%
Europa Oriental y Asia Central	13%	12%	5%	5%
Europa	24%	20%	15%	10%
América Latina y el Caribe	8%	9%	10%	9%
América del Norte	22%	19%	17%	9%
Asia del Oeste	0%	2%	2%	2%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

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

3.1.2. Consumo doméstico material en América del Sur

En este apartado pasamos de un contexto global a uno regional donde se analiza lo que sucedió en América del Sur. En la FIGURA 8 se tiene el consumo doméstico material por países para América del Sur. Inicialmente se puede apreciar que este indicador se ha ido incrementando de manera constante, (al igual que consumo doméstico material del mundo) donde se tenía un valor de 1,3 mil millones de toneladas para 1970, mientras que para el 2015 se llegó a los 6,3 mil millones de toneladas. Este hecho implica que se tuvo una tasa de crecimiento anual en la región del 3,4%.

FIGURA 8: EL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015)



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

Por otra parte, la TABLA 3 muestra el porcentaje de participación del consumo doméstico material para América del Sur donde se puede apreciar algunas características resaltantes. Primeramente, se puede apreciar que para 1970, tanto Argentina como Brasil tenían más del 50% de participación del total con un 23% y 39% respectivamente. Sin embargo, para el 2015 la participación de Argentina se redujo a solo el 11%, mientras que el porcentaje de participación de Brasil aumento al 54%. Este hecho muestra el debilitamiento que sufrió la economía argentina con el paso de los años, y el levantamiento de la economía brasileña.

Otra característica que llama la atención es que Chile tenía una participación del 8% para 1970, mientras que para el 2015, este porcentaje de participación se incrementó al 12%. Este hecho indica que tanto Chile como Brasil fueron los únicos países de en América del Sur en incrementar su porcentaje de participación. Al igual que Brasil, la economía chilena se ha convertido una de las más importantes en este hemisferio. Por último, se puede observar que la participación de Bolivia fue del 4% para 1970, pero luego disminuyó y se ha mantenido en el 2%.

TABLA 3: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015)

Países	1970	1985	2000	2015*
Argentina	23%	14%	12%	11%
Bolivia	4%	2%	2%	2%
Brasil	39%	53%	48%	54%
Chile	8%	8%	14%	12%
Colombia	7%	7%	6%	5%
Ecuador	2%	2%	2%	2%
Paraguay	1%	1%	1%	1%
Perú	9%	7%	8%	8%
Uruguay	2%	1%	2%	2%
Venezuela	5%	5%	5%	3%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

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

3.1.3. Intensidad material para América del Sur

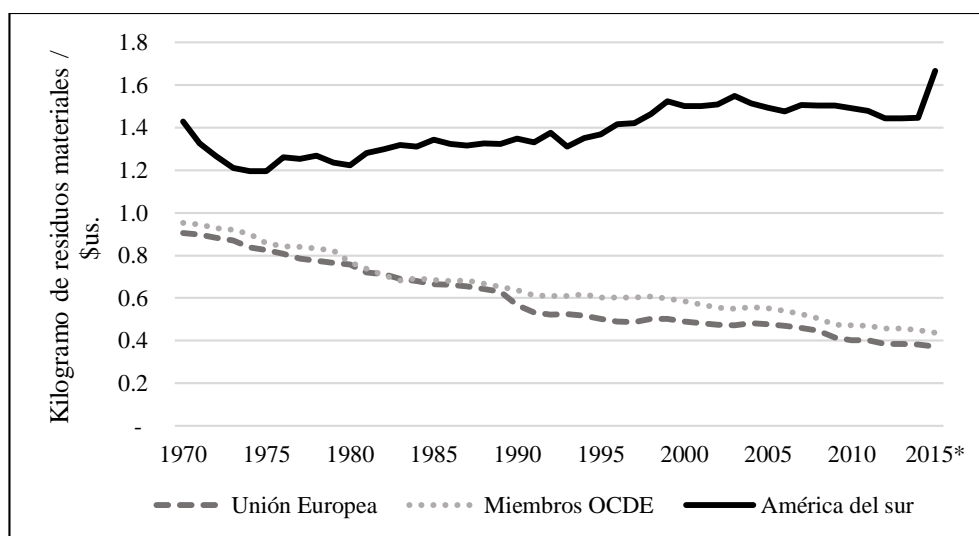
Este apartado se muestra la intensidad material para América del Sur en comparación con grupos de países avanzados como ser la UE y los países miembros de la OCDE.³⁷ Este indicador, como ya se mencionó en el marco teórico, muestra que tan eficiente es una economía al convertir residuos materiales por cada dólar gastado.

En la FIGURA 9 se puede apreciar que para 1970, América del Sur requería 1,43 kg por cada dólar gastado, mientras que los países de la UE y la OCDE solo requerían de 0.95 kilogramos por dólar gastado. Pero con el paso de los años, tanto los países de la

³⁷ Se toma en cuenta los países de la UE y la OCDE ya que los mismos son pioneros en estos indicadores, y se los considera como referencia en la mayoría de trabajos académicos.

UE, como de la OCDE se han vuelto más eficientes, ya que han ido disminuyendo su requerimiento de kilogramos por cada dólar usado. Entre 1970 y 1980, se observa una mejora en la eficiencia para los países sudamericanos, siendo 1974 y 1975 los años donde se tuvo el mejor resultado ya que solo se necesitaban de 1,2 kg por dólar gastado. Sin embargo, para el 2015, los países de América del Sur requerían de 1,67 kg por cada dólar gastado en comparación de los 0,42 kg que requieren los países avanzados por cada dólar gastado. Eso indica que los países de América del Sur no han mejorado su eficiencia a la hora de convertir residuos materiales al PIB.

FIGURA 9: INTENSIDAD MATERIAL EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015)



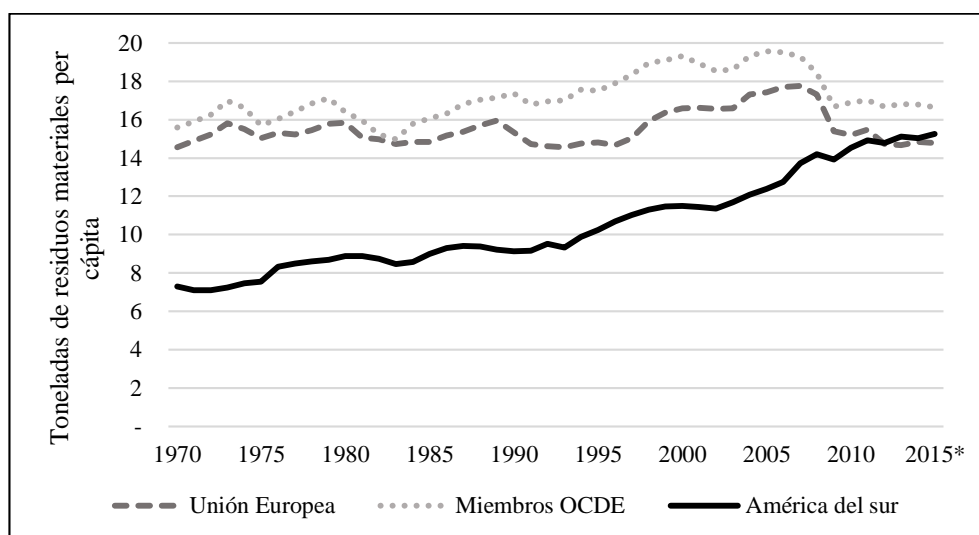
Fuente: Elaboración propia en base a datos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*. Nota: * Datos preliminares.

3.1.4. Consumo doméstico material per cápita para América del Sur

Continuando, se tiene el consumo doméstico material per cápita para los países de América de Sur. Este indicador muestra la cantidad de toneladas de residuos generada por persona. La FIGURA 10 muestra que para 1970, América del Sur generaba 7,3 toneladas por persona, mientras que los países de la UE y la OCDE generaban 15 toneladas aproximadamente por persona. Con el paso de los años, las toneladas generadas por persona se han ido incrementando para los países de América del Sur, hasta generar a un valor de 15 toneladas por persona, que es igual al valor que generan los países de la UE. Si bien el consumo doméstico material per cápita para los países de América del Sur ha convergido hacia los valores de países como de la UE, se debe

tener en cuenta que, como se analizó en el apartado anterior, los países de la UE y la OCDE son más eficientes a la hora de convertir sus materiales en PIB, lo cual en resumen indica que los países de América del Sur son menos eficientes que los países avanzados y además generan una mayor cantidad de residuos.

FIGURA 10: CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL PER CÁPITA EN AMÉRICA DEL SUR (1970-2015)



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

3.2. INDICADORES DE FLUJOS MATERIALES PARA BOLIVIA

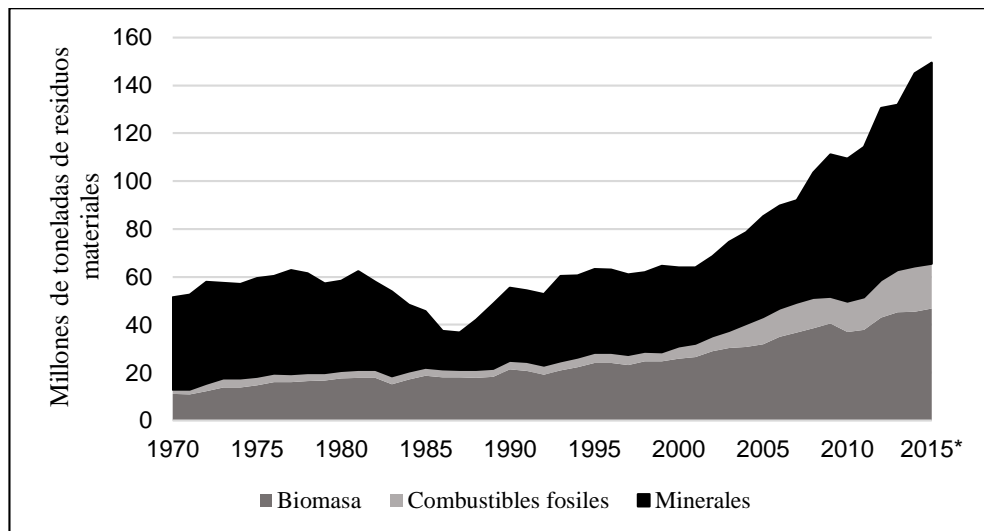
Una vez hecho el análisis de los principales indicadores tanto a nivel mundial, como de la región de América del Sur, ahora toca profundizar la evolución de todos los indicadores de la contabilidad de flujos materiales para Bolivia.

3.2.1. Extracción doméstica (ED)

En primera instancia, la FIGURA 11 muestra el indicador de extracción doméstica por categorías. Para 1970, el país generaba cerca de 51 millones de toneladas, y fue aumentando paulatinamente hasta 1981. Sin embargo, desde 1982, la ED empezó a disminuir, llegando al valor más bajo que se registró en todo el periodo (36 millones de toneladas en 1987). Ya desde 1988, este indicador fue incrementándose hasta el final del periodo de análisis, llegando a un valor de 149 millones para el final de

periodo. Durante todo el periodo de análisis, se puede observar una tasa de crecimiento anual de 2,4%.

FIGURA 11: LA EXTRACCIÓN DOMÉSTICA EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015)



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

La FIGURA 11 también proporciona la evolución de la ED por categorías de materiales. La caída registrada en la ED durante 1982-1987 se debió estrictamente a una caída en la categoría de los minerales. Este desplome responde a una baja considerable en el precio de mercado del estaño, lo cual provocó un colapso en la producción de estaño. Para Jordan (2017, p. 254) el periodo 1981-1986 fue el mayor shock combinado de precios y producción que sufrió la minería del estaño. La categoría de minerales para 1970, tenía un valor cercano a los 38 millones de toneladas, mientras que para 2015 este valor se incrementó cerca a los 84 millones de toneladas. En lo que respecta a los combustibles fósiles, los mismos se han mantenido constantes con un valor cercano a 3,5 millones durante 1970-1999; sin embargo, a partir del 2000 se ha ido incrementando constantemente hasta llegar a un valor cercano a 18,7 millones de toneladas para el 2015. Este aumento se debe principalmente al aumento en la producción de gas natural. Como indica Muriel (2017, p. 170), desde el 2000, Brasil llegó a ser el principal socio comercial de Bolivia debido al aumento de las ventas de gas natural que se realizó a este país. Finalmente, la biomasa es la categoría de

materiales que ha mantenido un crecimiento constante a lo largo del periodo analizado, teniendo un valor de 11 millones de toneladas para 1970 y llegando cerca de los 46,8 millones de toneladas para el 2015.

La TABLA 4 muestra el porcentaje de participación de la ED por subcategorías, la cual revela algunas características importantes. Por un lado, la economía boliviana se ha caracterizado por el predominio de la categoría de los minerales. Dentro de esta categoría se puede apreciar la reducción del porcentaje de participación de los minerales no ferrosos y un aumento en la participación de minerales de construcción. El incremento paulatino en la participación de los minerales de construcción indica una mayor inversión en infraestructura duradera (PNUMA, 2013). Por otro lado, el porcentaje de participación del gas natural fue incrementándose en la última década. Respecto a este punto, Morales (2017, p. 97) afirma que, durante la mayor parte del siglo XX, el recurso dominante fue el estaño, mientras que en el siglo XXI el gas natural empezó a ganar terreno.

TABLA 4: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DOMÉSTICA PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015).

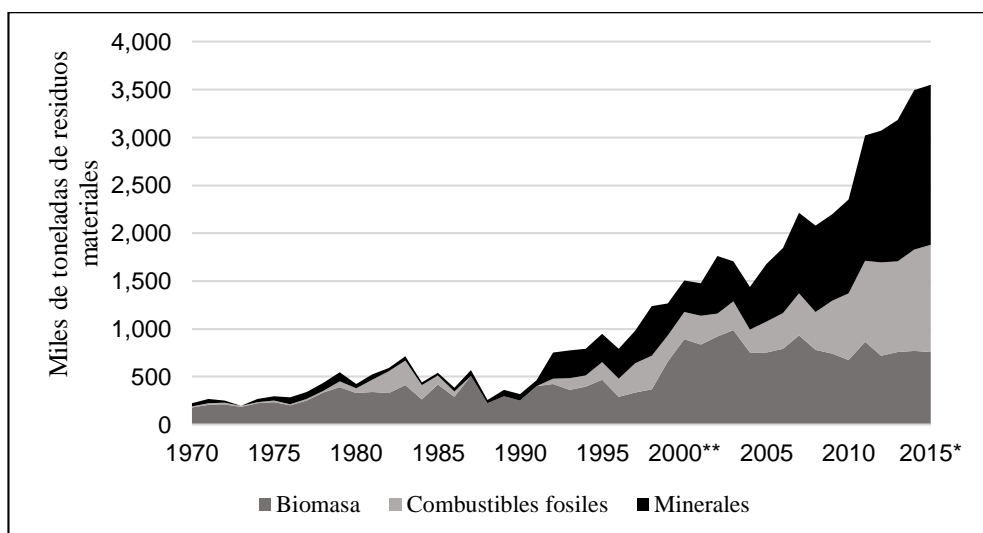
Categorías	Subcategorías	1970	1985	2000	2015*
Biomasa	Cultivos para la alimentación	7%	14%	14%	12%
	Cultivos y pastos para forraje	7%	13%	12%	8%
	Animales	0%	0%	0%	0%
	Silvicultura	2%	3%	3%	2%
	Otra biomasa	5%	11%	11%	10%
Combustibles fósiles	Carbón	0%	0%	0%	0%
	Petróleo	3%	3%	3%	2%
	Gas natural	0%	5%	5%	10%
Minerales	Minerales ferrosos	0%	0%	0%	0%
	Minerales no ferrosos	73%	46%	39%	40%
	Minerales no metálicos - Construcción	2%	6%	12%	16%
	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*. Nota: * Datos preliminares.

3.2.2. Importaciones físicas (M)

Continuando el análisis de la CFM para Bolivia, en la FIGURA 12 se muestra las importaciones físicas en Bolivia para el periodo 1970-2015. Se puede evidenciar que para el comienzo del periodo el valor de las importaciones alcanzaba las 200 mil toneladas, incrementándose el mismo hasta 1983 y llegando a un valor cercano a las 700 mil toneladas. Sin embargo, a partir de 1984 el valor de las importaciones comenzó a disminuir hasta 1990 llegando a las 316 mil toneladas. Ya a partir de 1991 el valor de este indicador comenzó a incrementarse hasta el final del periodo analizado, llegando a un valor cercano a los 3,5 millones de toneladas. Respecto a este punto, Muriel y Barja (2006) indican que la implementación de la Nueva política Económica en 1985 dio lugar a políticas de liberación de las importaciones que fueron flexibilizándose más a partir de 1990. Durante todo el periodo de análisis se tiene una tasa de crecimiento anual del 6,3% para este indicador.

FIGURA 12: IMPORTACIONES FÍSICAS EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015)



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

** Dato corregido debido a errores en los datos originales.

Analizando la FIGURA 12 por categorías, se puede observar que los minerales durante los años 1970-1991 tuvieron un incremento muy reducido llegando a un valor máximo de 96 mil toneladas para 1979. Pero a partir de 1992, esta categoría empezó a aumentar

llegando a un valor 1,6 millones de toneladas para el 2015. En lo que se respecta a los combustibles fósiles, las importaciones de esta categoría fueron bajas durante los años 1970-1992, llegando a un valor máximo de 258 mil toneladas para 1983. Aunque a partir de 1993 se observó un incremento en su valor que llegó a 1,1 millones de toneladas para el final de periodo. Por último, se tiene la biomasa la cual no ha presentado muchas variaciones durante 1970-1991, con un valor máximo de 505 mil toneladas para 1987. Ya a partir de 1998, se observó un incremento en esta categoría, y alcanzó un valor de 759 mil toneladas para el 2015.

La TABLA 5 muestra el porcentaje de participación de las importaciones físicas para Bolivia por subcategorías. Por una parte, Bolivia ha ido disminuyendo su dependencia a los cultivos para la alimentación a partir desde 1985, año en el cual tenía un porcentaje de participación del 76%. Mientras que para el 2012 este porcentaje de participación se redujo al 16%. Para Muriel (2017, p. 178) las políticas de promoción al desarrollo agropecuario y agroindustrial del oriente que se aplicaron desde la segunda mitad del siglo XX, ayudaron a disminuir las importaciones de alimentos con el tiempo. Por otra parte, se puede evidenciar que ha existido un aumento en el porcentaje de participación del petróleo desde el 2000, que se debe principalmente a la importación del combustible diésel. Finalmente, se puede apreciar que la categoría de minerales muestra un aumento tanto en la participación de los minerales ferrosos, como de la participación de los minerales de construcción. Respecto a los dos últimos puntos, Muriel (2017, p. 171) afirma ha existido un claro abastecimiento de bienes de capital del exterior, aunque ha crecido la compra de diésel en los últimos años.

**TABLA 5: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LAS
IMPORTACIONES FÍSICAS PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS
(1970-2015)**

Categorías	Subcategorías	1970	1985	2000**	2015*
Biomasa	Cultivos para la alimentación	71%	76%	50%	14%
	Cultivos y pastos para forraje	0%	0%	0%	0%
	Animales	2%	0%	1%	0%
	Silvicultura	8%	1%	8%	8%
	Otra biomasa	0%	0%	0%	0%
Combustibles fósiles	Carbón	0%	17%	0%	0%
	Petróleo	6%	0%	19%	31%
	Gas natural	0%	0%	0%	0%
Minerales	Minerales ferrosos	8%	3%	16%	31%
	Minerales no ferrosos	0%	0%	1%	0%
	Minerales no metálicos - Construcción	6%	2%	5%	14%
	Minerales no metálicos - Industrial	0%	1%	1%	2%
TOTAL		100%	100%	100%	100%

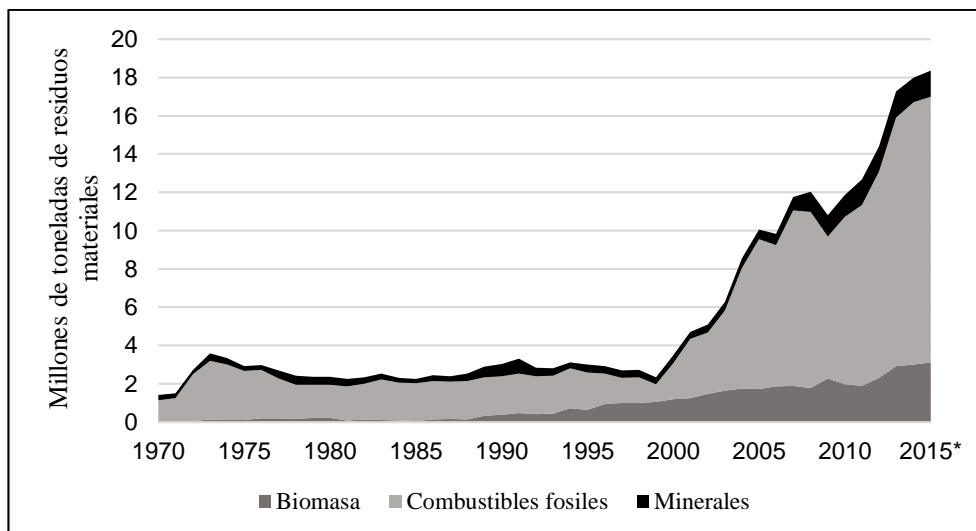
Fuente: Elaboración propia en base a datos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*. Nota: * Datos preliminares.

** Dato corregido debido a errores en los datos originales.

3.2.3. Exportaciones físicas (X)

La FIGURA 13 muestra las características físicas de Bolivia por categorías. Estas exportaciones no presentan gran alteración entre el periodo 1970 y 1999, alcanzando un valor máximo de 3,6 millones de toneladas para 1973. No obstante, a partir del 2000 el valor de esta categoría se ha incrementado ampliamente, llegando a un valor de 18,3 millones de toneladas para el final del periodo analizado. Esto implica una tasa de crecimiento anual de 5,9%.

FIGURA 13: EXPORTACIONES FÍSICAS EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015)



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

Por otra parte, la FIGURA 13 muestra que entre 1970 y 1988, los minerales tuvieron un valor máximo de 459 mil toneladas, pero a partir de 1989, esta cifra se fue incrementando, con algunas caídas, hasta llegar a los 1,3 millones de toneladas para el final de periodo analizado. El caso de los combustibles fósiles muestra que desde inicios del periodo hasta 2000, no se superó los 3 millones de toneladas; no obstante, desde el 2001 se puede observar un crecimiento muy elevado que llegó a ser de 13,8 millones de toneladas para el 2015. Este hecho coincide con la finalización del gasoducto Bolivia-Brasil en 1999, lo cual provocó que las ventas de gas natural a este país aumentaron significativamente (Muriel, 2017, p. 169). Por último, entre 1970-1988, la categoría de biomasa tuvo valores inferiores a 224 mil toneladas; aunque, a partir de 1989 estos valores se fueron incrementando con el pasar de los años hasta llegar a un valor de 3,1 millones de toneladas para 2015.

La TABLA 6 muestra el porcentaje de participación de las exportaciones físicas y revela tres características que merece la pena resaltar. Para empezar, en 1970 y 1985, las exportaciones físicas de cultivos para la alimentación tenían una participación reducida (1% y 2% respectivamente), pero para el 2000, este porcentaje se incrementó abruptamente (33%) y se redujo al 17% en el 2015. Este hecho se debe principalmente

a la importancia que empezó a adquirir la exportación de soya y sus derivados (Muriel, 2017, p. 170). Otra característica que llama la atención es que para 1970, el petróleo tenía un porcentaje de participación del 78%, el cual fue bajando con el paso de los años hasta llegar a solamente el 5% para el 2015. Para explicar este hecho se debe tener en cuenta el contexto externo donde el precio del petróleo crudo aumento entre 1966 y 1978 debido a la primera crisis energética mundial ocasionada por una menor producción de la OPEP (Muriel, 2017, p. 162). Finalmente, se puede apreciar que la participación del gas natural para 1985 fue del 82%. Para explicar este hecho se debe tener en cuenta que Bolivia y Argentina firmaron un tratado para la finalización del gasoducto Bolivia-Argentina el cual se terminó en 1972, año a partir del cual la venta de gas natural fue incrementándose hasta 1985 (Muriel, 2017, p. 163). También se puede apreciar que para el 2000, la participación del gas natural se redujo a 41% y se elevó nuevamente al 71% para el 2015. Este fenómeno se debe, como ya se explicó, a la venta de gas natural.

TABLA 6: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES FÍSICAS PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015)

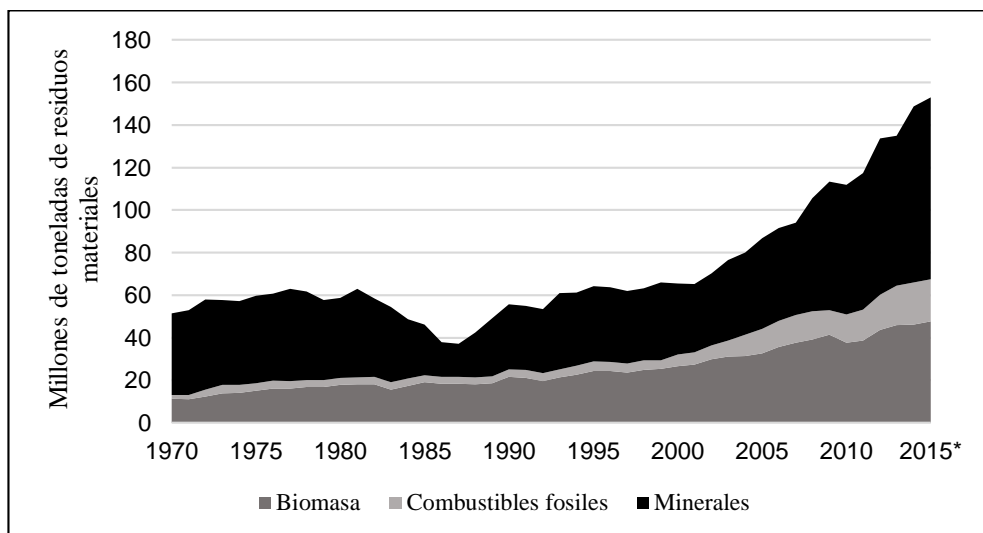
Categorías	Subcategorías	1970	1985	2000	2015*
Biomasa	Cultivos para la alimentación	1%	2%	33%	17%
	Cultivos y pastos para forraje	0%	0%	0%	0%
	Animales	0%	0%	0%	0%
	Silvicultura	1%	1%	1%	0%
	Otra biomasa	0%	0%	0%	0%
Combustibles fósiles	Carbón	0%	0%	0%	0%
	Petróleo	78%	6%	12%	5%
	Gas natural	0%	82%	41%	71%
Minerales	Minerales ferrosos	0%	0%	0%	0%
	Minerales no ferrosos	18%	10%	10%	5%
	Minerales no metálicos - Construcción	0%	0%	1%	1%
	Minerales no metálicos - Industrial	1%	0%	1%	1%
TOTAL		100%	100%	100%	100%

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

3.2.4. Entrada directa de materiales (EDM)

La FIGURA 14 muestra la evolución de la entrada directa de materiales por categorías. Debido a que este indicador no es nada más que la suma de la ED y las importaciones físicas (las cuales ya fueron analizadas con mayor detalle en los apartados anteriores), solo se realizará una breve descripción de las misma. Esta figura muestra que la EDM comenzó con un valor cercano a 51,5 millones de toneladas para 1970 y llegó a un valor de 153 millones para el final del periodo. Por tanto, se puede apreciar una tasa de crecimiento anual del 2,4%. También se puede apreciar que los minerales es la categoría más predominante con cerca de la mitad de participación del total.

FIGURA 14: LA ENTRADA DIRECTA DE MATERIALES EN BOLIVIA POR CATEGORÍAS (1970-2015)

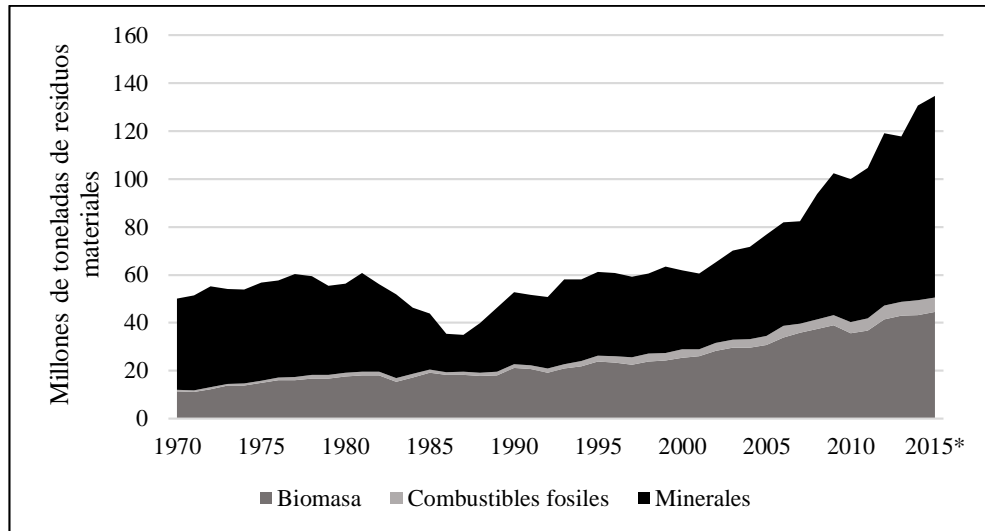


Fuente: Elaboración propia en base a datos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database*. Nota: * Datos preliminares.

3.2.5. Consumo doméstico de materiales (CDM)

Continuando el análisis, la FIGURA 15 muestra el consumo doméstico material por categorías y el PIB per cápita para Bolivia. Se puede apreciar que, a inicios del periodo la cantidad de residuos materiales fue de 50,1 millones de toneladas; mientras que al final del periodo observado esta cifra se incrementó cerca a los 134,7 millones de toneladas. La tasa de crecimiento anual para este indicador es de 2,2%.

FIGURA 15: EL CONSUMO DOMÉSTICO DE MATERIAL POR CATEGORÍAS Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CÁPITA PARA BOLIVIA (1970-2015)



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

Nota: * Datos preliminares.

La TABLA 7 muestra características que merecen la pena resaltar. Primeramente, se puede apreciar que la categoría de biomasa elevó su porcentaje de participación con el paso de los años, 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. Esta baja participación 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 apreciar que ha existido una reducción en su participación, aunque la misma sigue estando por encima del 40% de participación en la última década. Este hecho confirma lo mencionado anteriormente que Bolivia es una economía basada en la extracción de minerales. Por último, se puede apreciar que los minerales de construcción han ido aumentando su participación 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 7: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DOMÉSTICO MATERIAL PARA BOLIVIA POR SUBCATEGORÍAS (1970-2015)

Categorías	Subcategorías	1970	1985	2000	2015*
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*. Nota: * Datos preliminares.

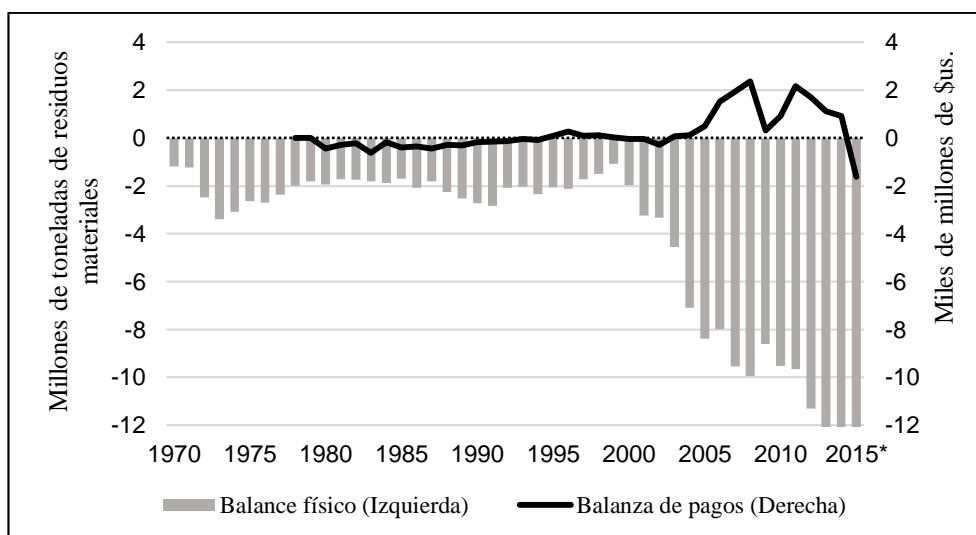
3.2.6. Balance comercial físico (BCF)

La FIGURA 16 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 neto³⁸, 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 1970-2000 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 con el paso de los años hasta llegar a un valor de 14,7 millones de toneladas para 2015.

³⁸ 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.

Por otra parte, la FIGURA 16 también muestra el saldo global de la balanza de pagos desde 1978-2015. Se puede apreciar que entre 1978-1994, el saldo de este indicador fue negativo, mientras que entre 1995 y 1999, el saldo global de la balanza de pagos fue positivo. Para el 2000, 2001 y 2002, nuevamente se tiene un saldo negativo en la balanza de pagos 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. Entre el 2009 y 2010 se puede observar una caída fuerte del saldo de la balanza de pagos. No obstante, para el 2011, este indicador vuelve a tener un saldo positivo. Ya desde el 2012, el saldo de la balanza de pagos se fue reduciendo hasta llegar el 2015 a un saldo negativo de \$us.1.620 millones.

FIGURA 16: EL BALANCE COMERCIAL FÍSICO Y EL SALDO GLOBAL DE LA BALANZA DE PAGOS PARA BOLIVIA (1970-2015)



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

Nota: * Datos preliminares.

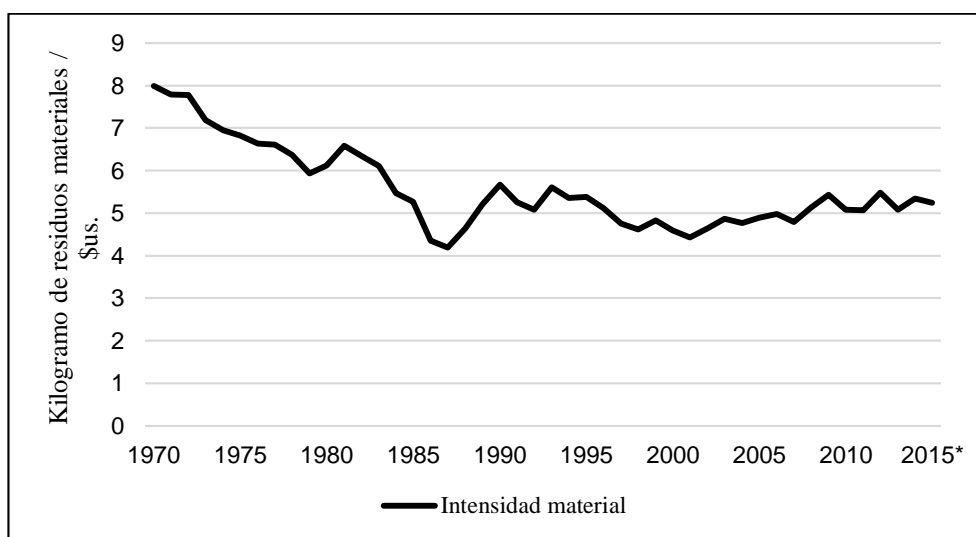
Al comparar el balance físico y monetario se puede observar una tendencia divergente que comenzó desde inicios del siglo XXI. Este hecho significa que se ha estado promoviendo una balanza comercial favorable en términos monetarios a costa de un capital natural que se va agotando a pasos elevados (Vallejo, 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 aspectos socio-metabólicos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente.

3.2.7. Intensidad material

La FIGURA 17 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 registrado 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 5,2 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).

FIGURA 17: INTENSIDAD MATERIAL EN BOLIVIA (1970-2015)



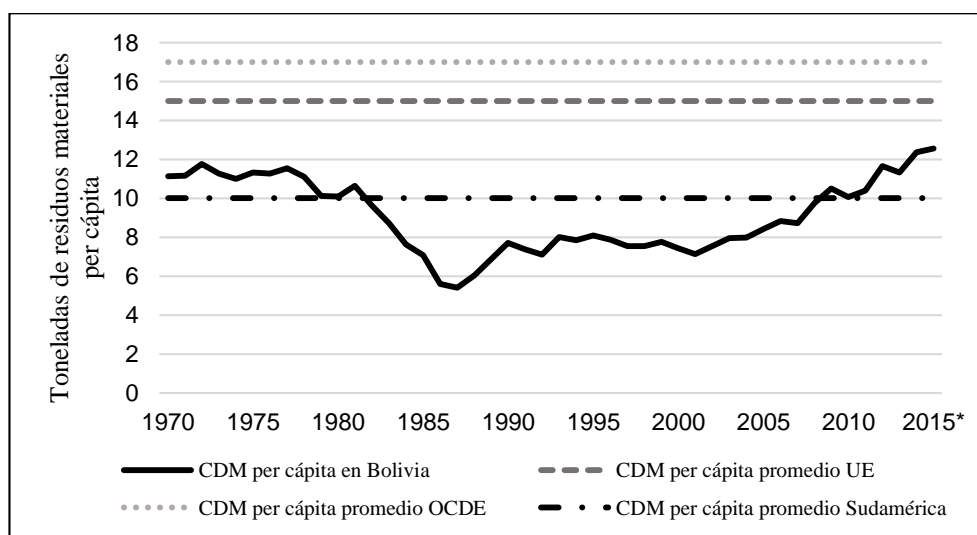
Fuente: Elaboración propia en base a datos de *UN Environment International Resource Panel Global Material Flows Database* y el Banco Mundial.

Nota: * Datos preliminares.

3.2.8. Consumo doméstico de materiales per cápita

La FIGURA 18 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 12,6 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.

FIGURA 18: CONSUMO DOMÉSTICO DE MATERIALES PER CÁPITA EN BOLIVIA (1970-2015)



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

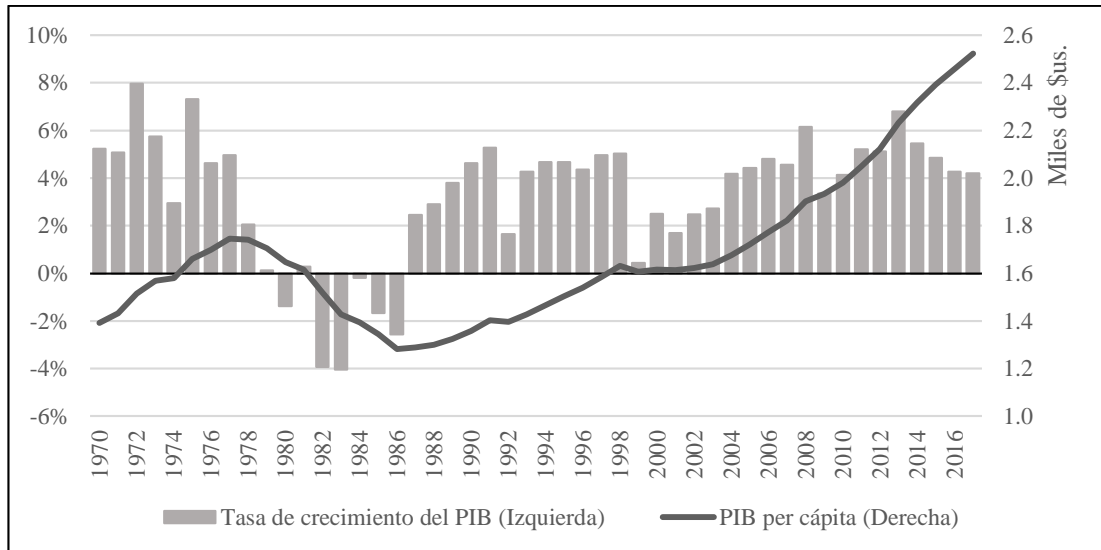
Nota: * Datos preliminares.

3.3. CRECIMIENTO ECONÓMICO PARA BOLIVIA

La FIGURA 19 muestra como se ha desenvuelto la economía boliviana durante el periodo 1970-2015. Por un lado, se tiene la tasa de crecimiento del PIB. Se puede observar que para 1970, la tasa de crecimiento del país era de 5,2% y se incrementó

hasta el 8% para 1972. A partir de este año, la tasa de crecimiento siguió siendo positiva hasta 1979. Debido a la caída del precio del estaño, desde 1980 se puede apreciar que la tasa de crecimiento tiende a ser negativa hasta 1986, habiendo registrado tasas de crecimiento negativas del 4% para 1982 y 1983. Ya a partir de 1987 se puede apreciar que la tasa de crecimiento tiende a ser nuevamente positiva hasta el final del periodo analizado. Cabe mencionar que en 1999 se puede observar una tasa de crecimiento muy baja, de solo el 0,4%. Para el final del periodo analizado se puede apreciar una tasa de crecimiento del 4,2%. Por otro lado, la FIGURA 19 muestra el PIB per cápita de Bolivia. Para 1970, el PIB per cápita de Bolivia era de \$us.1.393. Desde 1970, el PIB per cápita fue incrementándose hasta 1979 donde se tuvo un valor de \$us.1.706. Gracias a la crisis del estaño, el PIB per cápita fue decreciendo llegando a su punto más bajo para 1986 con \$us.1.283. Ya a partir de 1987 el PIB per cápita este indicador fue incrementándose hasta llegar a un valor de \$us.2.523 para el 2017. En la FIGURA 19 se puede apreciar algunas características que merecen la pena resaltar. Para empezar, se debe resaltar que desde 2004 la tasa de crecimiento del PIB se ha mantenido por arriba del 4%, con excepción del 2009 que fue del 3,4%. Esto ha implicado que Bolivia sea considerado como el país líder en crecimiento económico en América del Sur a pesar del contexto regional desfavorable. Finalmente, se puede observar que para 1986, el país se encontraba en una situación económica peor que a comienzos del periodo. Esto debido a que se tenía un PIB per cápita menor. Sin embargo, en el lapso de 30 años, el país ha sido capaz de mejorar su situación económica ya que ha duplicado su PIB per cápita. Es decir que en el lapso de 30 años el país ha duplicado sus ingresos.

FIGURA 19: LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PIB Y EL PIB PER CÁPITA PARA BOLIVIA (1970-2017)



Fuente: El Banco Mundial. Nota: Los datos de la tasa de crecimiento del PIB y el PIB per cápita están en \$us. constantes de 2010.

CAPÍTULO IV

MARCO PRÁCTICO

IV. MARCO PRACTICO

4.1. DATOS Y VARIABLES

Para la presente investigación, se trabaja con datos para el periodo 1970-2015.³⁹ Por una parte, se considerará 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*.

En relación con las variables de control empleadas para la estimación del modelo, se han 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 las variables mencionadas 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, afecta negativamente a la sostenibilidad ambiental; mientras que, si el signo del 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, con el fin de captar el efecto composición expuesto por Grossman y Krueger (1991)⁴⁰. Se esperaría que el signo del coeficiente de esta variable sea positivo lo cual implicaría que una mayor participación de la industria afectaría negativamente a la sostenibilidad ambiental. Los datos de esta variable fueron obtenidos del Banco Mundial.

³⁹ Se debe tener en cuenta que los datos para la variable de CDM a partir del 2013 son estimaciones. Para corroborar que las estimaciones no sesgan los resultados en las estimaciones de los modelos planteados, se realizó una segunda estimación que se puede apreciar en el anexo 1 del trabajo.

⁴⁰ Para mayor detalle sobre este efecto, refiérase al apartado 3.1.2. del marco teórico.

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 debido a los tres efectos planteados por Grossman y Krueger (1991). Si este es positivo, indicaría que a medida que el comercio se incrementa, afecte negativamente a la sostenibilidad ambiental; mientras que, si el signo del coeficiente para la variable de apertura es negativo, el grado de apertura comercial afecta positivamente en la sostenibilidad 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 con el PIB de Bolivia en \$us. a precios constantes de 2010.

4.2. EL MODELO

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 estimará 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:

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

$$CDM_{pc} = \hat{\beta}_1 PIB_{pc} + \hat{\beta}_2 VAI + \hat{\beta}_3 GAE + e \quad (2)$$

$$CDM_{pc} = \hat{\beta}_1 PIB_{pc} + \hat{\beta}_2 PIB_{pc}^2 + \hat{\beta}_3 VAI + \hat{\beta}_4 GAE + e \quad (3)$$

Donde:

CDM: Consumo doméstico material

CDM_{pc}: Consumo doméstico material per cápita

PIB: Producto interno bruto

PIB_{pc}: 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 ya establecidos 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 establecidos evidenciaron tener este problema lo cual hizo que se busque 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.

4.3. 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 8 se muestran los resultados obtenidos de dicha prueba.

TABLA 8: 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 9 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 apreciar que el coeficiente de la variable del PIB presenta una significancia elevada y su signo es positivo, por tanto, se evidencia mediante este modelo 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. Con respecto al coeficiente del valor agregado de la industria, este no es significativo., pero presento el signo esperado (positivo) lo cual significa que a medida que el sector industrial produzca más, afecta negativamente en la sostenibilidad ambiental. Finalmente, aunque el coeficiente del grado de apertura económica tampoco es significativo, pero presenta un signo negativo lo cual está acorde con la teoría.

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 muestra una significancia elevada y un signo positivo. Esta evidencia confirma nuevamente que Bolivia se sitúa en la fase ascendente de la CKA. Con respecto al coeficiente del valor agregado de la industria, este 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. Como ya se había mencionado anteriormente, este hecho implica que a medida que el sector externo del país se intensifique, afecta positivamente en la sostenibilidad ambiental. 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 9 muestra los resultados obtenidos de la estimación del modelo 3 de la CKA. Para este modelo el coeficiente del PIB per cápita tiene significancia. A pesar de este hecho, el coeficiente del PIB per cápita al cuadrado no es significativo,

lo que indica que no se puede afirmar que Bolivia haya alcanzado el punto de inflexión de la CKA. En lo que respecta a los coeficientes de las otras variables de control, la única que muestra poca significancia es el coeficiente del grado de apertura económica. El mismo presenta un signo negativo, como en los modelos anteriores, y por tanto tiene las implicaciones ya mencionadas.

TABLA 9: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS DE LA CKA PARA EL PERIODO 1970-2015

	(1)		(2)		(3)
PIB	0,0058*** (0,0007)	PIBpc	0,0074*** (0,0012)	PIBpc	0,0188** (0,0074)
VAI	28700000 (40800000)	VAI	4,3787 (5,0249)	(PIBpc) ²	-3,12e-6 (2,019e-6)
GAE	-13300000 (10100000)	GAE	-2,1471* (1,2464)	VAI	4,0236 (4,9729)
				GAE	-2,1143* (1,2314)
R ²	0,7000		0,4899		0,5295
R ² ajustado	0,6781		0,4525		0,4824
Prob > F	0,0000		0,0000		0,0000
Observaciones	45		45		45
Prueba de White	0,0199		0,4981		0,8358
DW(transformado)	2,2755		2,0926		2,1361

Fuente: Elaboración propia. Nota: * significa un p<0,10, ** significa un p<0,05 y *** significa un p<0.01

4.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para finalizar, se debe verificar si la hipótesis de la presente investigación es aceptada o rechazada en base a los resultados obtenidos. Por tal motivo se comenzará planteando la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula significa que no existe ninguna relación entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental de Bolivia, mientras que la hipótesis alternativa significa que a medida que el crecimiento económico aumenta, afecta negativamente en la sostenibilidad ambiental de Bolivia.

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 > 0$$

Continuando, se plantea la regla de decisión con un nivel de confianza del 95%:

Si: Valor de $P > 0,05 \rightarrow$ Se acepta la H_0 y se rechaza H_1

Si: Valor de $P < 0,05 \rightarrow$ Se acepta la H_1 y se rechaza H_0

En base a los resultados obtenidos en la TABLA 9, el coeficiente del PIB en el modelo 1 tiene un valor $P < 0,01$, asimismo el coeficiente del PIBpc del modelo 2 presenta un valor $P < 0,01$. Por tanto, los datos muestrales sustentan la afirmación original de que a medida que el crecimiento económico aumenta, afecta negativamente en la sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. Conclusión general

Mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental se demostró que el crecimiento económico afecto negativamente en la sostenibilidad ambiental de Bolivia en el periodo 1970-2015. Los datos muestrales revelan la existencia de dicha curva para Bolivia. Sin embargo, Bolivia se encuentra aún en la fase ascendente de la curva y lo cual significa que la sostenibilidad ambiental se verá afectada negativamente en el corto plazo a medida que el país siga creciendo económicamente.

5.1.2. Conclusiones específicas

a) Conclusión específica 1

Gracias al análisis realizado se concluye que el consumo doméstico material total a nivel mundial se ha triplicado desde 1970, lo cual significa que se ha triplicado el consumo de recursos en todo el mundo. Sin embargo, si analizamos la participación que tienen ciertas regiones del mundo en el total, el continente africano ha mantenido una participación constante. Mientras que regiones como Europa, Europa Oriental y Asia Central han disminuido su participación con el paso de los años. Por otra parte, la región de Asia y el Pacífico, impulsada especialmente por China, ha duplicado su porcentaje de participación en las últimas cuatro décadas. Finalmente, la región de América Latina y el Caribe solo tiene una participación de aproximadamente el 9% lo que implica que cualquier evento que ocurra en esta región no tiene implicaciones relevantes en otras regiones del mundo, pero eventos irrelevantes en otras regiones pueden tener un fuerte impacto en Latinoamérica.

Por otra parte, el consumo doméstico material en América del Sur, Brasil, Chile y Argentina acumulan más del 70% de participación del total. En lo que respecta a la intensidad material, este indicador ha vuelto a valores que tenía en 1970 (1,4 Kg por dólar gastado), lo cual significa que los países sudamericanos tienen la misma

eficiencia que en el pasado. Por último, se concluye que se ha duplicado la cantidad de toneladas generada por persona.

b) Conclusión específica 2

Mediante los indicadores físicos se evidencio que Bolivia es un país que tiene como principal recurso de extracción a los minerales, aunque, en los últimos años aumento la extracción de gas natural. A pesar de esto, Bolivia nunca se alejó del viejo modelo primario-exportador.

También se mostró que la economía boliviana aún no puede catalogarse como una economía industrializada debido a que no tiene como fuente principal de energía a los combustibles fósiles.

Continuando, se observó que el superávit obtenido en la balanza de pagos para los últimos años, se debió a costa del medio ambiente. Es decir que se está mejorando las condiciones económicas en el país, pero se está perdiendo el interés en la sostenibilidad ambiental. Además, se puede añadir que, si bien Bolivia mejoro su eficiencia a la hora de convertir materiales con el paso de los años, esta mejora se basa en el agotamiento de los recursos naturales.

Finalmente se puede mencionar que Bolivia ha estado incrementando su uso de toneladas por habitante, lo cual significa que la sostenibilidad ambiental se ve amenazada cada vez más a medida que la población crece.

c) Conclusión específica 3

En base a los resultados obtenidos se pudo determinar que tanto la variable demográfica, como la variable de comercio internacional inciden en la sostenibilidad ambiental de Bolivia. Con respecto a la variable de comercio internacional, existe una relación inversa con respecto a la sostenibilidad ambiental, es decir, a medida que el grado de apertura se incrementa, afecta positivamente a la sostenibilidad ambiental.

5.2. RECOMENDACIONES

Si bien la Curva de Kuznets Ambiental implica que la degradación ambiental disminuirá a partir de cierto ingreso, no se debe tomar esta hipótesis al pie de la letra. La idea de “esperar y crecer” puede conllevar a situaciones irreversibles para el medio ambiente, como la pérdida de biodiversidad. El mensaje principal de la Curva de Kuznets Ambiental es que el crecimiento económico afecta negativamente a la sostenibilidad ambiental, por tanto, es deber de los gobiernos aplicar políticas económicas, sociales y ambientales en favor del bienestar del medio ambiente.

Por otra parte, el tema de la sostenibilidad ambiental no debe ser visto como un tema aislado de cada país. La degradación ambiental afecta a todas las naciones del mundo, incluso aquellas que contaminan poco, por ende, se deben diseñar políticas regionales y así unir esfuerzos para sobrellevar esta problemática.

Finalmente se menciona que tener un medio ambiente limpio parte de cada persona, las pequeñas acciones que hacemos diariamente nos pueden llevar a tener un medio ambiente sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- 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*.
- Blanchard, O. (2000). *Macroeconomía* (2a ed.). Madrid: PEARSON EDUCACION, S.A.
- Cole, M. A., Rayner, A. J., & Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: An empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 2(4), 401–416. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000211>
- 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>
- Cropper, M., & Griffiths, C. (1994). The interaction of population growth and environmental quality. *American Economic Review*, 84(2), 250–254. <https://doi.org/10.2307/2117838>
- De Bruyn, S. M., Van Den Bergh, J. C. J. M., & Opschoor, J. B. (1997). Economic growth and emissions: Reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00178-X)
- 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*. Luxemburg.
- 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>
- Holtz-Eakin, D., & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO2emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85–101. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(94\)01449-X](https://doi.org/10.1016/0047-2727(94)01449-X)
- Horvath, R. J. (1997). Energy consumption and the environmental Kuznets curve debate. *Department of Geography, University of Sydney, Sydney NSW*.
- Jordan, R. (2017). Minería. Paradojas del proceso de construcción del capitalismo en Bolivia. En I. Velásquez Castellanos & N. Pacheco (Eds.), *Un siglo de economía en Bolivia (1900-2015) Tomo I - Tópicos de historia económica* (pp. 221–274). La Paz, Bolivia: Plural Editores. Recuperado de https://www.kas.de/wf/doc/kas_53258-1522-4-30.pdf?180801164224

- Kaufmann, R. K., Davidsdottir, B., Garnham, S., & Pauly, P. (1998). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: Reconsidering the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 209–220. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00181-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00181-X)
- Komen, M. H. C., Gerking, S., & Folmer, H. (1997). Income and environmental R&D: Empirical evidence from OECD countries. *Environment and Development Economics*, 2(4), 505–515. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000272>
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*. American Economic Association. <https://doi.org/10.2307/1811581>
- Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. X. (2007). *Economía Ambiental*. Pearson Educación. Madrid: PEARSSON EDUCACIÓN S.A.
- Mankiw, G. (2015). *Macroeconomía, Versión para América Latina* (6a ed.). México, D.F.: CENGAGE Learning.
- 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>
- Mendoza, W. (2014). *Cómo investigan los economistas - Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación* (1° ed). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de www.fondoeditorial.pucp.edu.pe
- 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>
- Morales, J. A. (2017). Bolivia y los grandes ciclos históricos en los siglos xx y xxi. En I. Velásquez Castellanos & N. Pacheco (Eds.), *Un siglo de economía en Bolivia (1900-2015) Tomo I - Tópicos de historia económica* (pp. 97–136). La Paz, Bolivia: Plural Editores. Recuperado de https://www.kas.de/wf/doc/kas_53258-

1522-4-30.pdf?180801164224

- Muriel, B. (2017). Historia de los patrones comerciales de Bolivia (1900-2015). En I. Velásquez Castellanos & N. Pacheco (Eds.), *Un siglo de economía en Bolivia (1900-2015) Tomo I - Tópicos de historia económica* (pp. 137–180). La Paz, Bolivia: Plural Editores. Recuperado de https://www.kas.de/wf/doc/kas_53258-1522-4-30.pdf?180801164224
- Muriel, B., & BarjaGover. (2006). *Inserción internacional en Bolivia: Estrategias, resultados y perspectivas*. Maestrias para el desarrollo, Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- 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.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), 465–484. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000259>
- Paraskevopoulos, D. (2009). *An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis Over Two Centuries: Evidence from the UK and US*. University of Macedonia Thessaloniki. Recuperado de <http://pmkeprints.lib.uom.gr/12397/>
- Pedace, R. (2013). *Econometrics For Dummies*. John Wiley & Sons, Inc.
- Perez, C. (2006). *Econometría de las series temporales*. PRENTICE-HALL.
- PNUMA. (2013). *Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina*. Recuperado de [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8604/-Recent trends in material flows and resource productivity in Latin America-2013RecentTrendsLA_es.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8604/-Recent%20trends%20in%20material%20flows%20and%20resource%20productivity%20in%20Latin%20America-2013RecentTrendsLA_es.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- 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)
- Rothman, D. S. (1998). Environmental Kuznets curves - Real progress or passing the buck?: A case for consumption-based approaches. *Ecological Economics*, 25(2), 177–194. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00179-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00179-1)
- 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. . D. S. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions. *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 27, 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>
- Walter, M., Brun, J., Pérez Manrique, P., González Matínez, A., & Joan, M. (2013). Análisis de flujo de materiales de la economía Argentina (1970-2009) Tendencias y Conflictos extractivos. *Ecología Política. Cuadernos de debate internacional*, (2), 94–98.
- WCDE. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común. En *Documentos Oficiales de la Asamblea General, cuadragésimo segundo período de sesiones, Suplemento No. 25* (p. 416).
- 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.
- Williamson, S. (2012). *Macroeconomía* (4a ed.). Madrid: PEARSSON EDUCACIÓN S.A.
- 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.

ANEXOS

ANEXO N° 1

La TABLA 10 muestra los resultados de la estimación de los tres modelos de la CKA para el periodo 1970-2012. Tanto el modelo 1, como el modelo 2 muestran la misma significancia y los mismos signos en los coeficientes que los modelos del periodo 1970-2012, por tanto, se vuelve a evidenciar que Bolivia se encuentra en la fase ascendente de la CKA. Como ya se había mencionado, esto implica que a medida que el crecimiento económico aumenta, afecta negativamente a la sostenibilidad ambiental.

TABLA 10: 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)	PIBpc	0,0124 (0,0115)
VAI	10300000 (36700000)	VAI	3,0257 (4,8450)	(PIBpc) ²	-0,102e-5 (-0,349e-5)
GAE	-20500000 (12800000)	GAE	-3,1815* (1,6247)	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