



Munich Personal RePEc Archive

Sectoral decomposition methodology for integrating the flows of secondary raw materials from Urban Solid Waste into the Input-Output Matrix with a Social Accounting Matrix and macroeconomic equilibrium perspective.

Uquillas, Carlos Alfredo

Universidad Nacional de General Sarmiento

7 January 2025

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/123667/>
MPRA Paper No. 123667, posted 19 Feb 2025 14:33 UTC

Metodología de descomposición sectorial para la integración de los flujos de la materia prima secundaria proveniente de Residuos Sólidos Urbanos en la Matriz Insumo-Producto visión Matriz de Contabilidad Social y equilibrio macroeconómico.

Sectoral decomposition methodology for integrating the flows of secondary raw materials from Urban Solid Waste into the Input-Output Matrix with a Social Accounting Matrix and macroeconomic equilibrium perspective.

Carlos Alfredo Uquillas
Universidad Nacional de General Sarmiento

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta metodológica para el ingreso de los residuos y la materia prima secundaria en la matriz insumo producto visión matriz de contabilidad social que permita la evaluación de la política de gestión residuos. Para el efecto se utilizó como marco teórico la demanda agregada de Kalecki, la metodología para elaborar una MIP y las estimaciones porcentuales de residuos industriales y municipales. Con esta información se alcanzó el objetivo planteado y confirmó el equilibrio entre oferta y demanda agregada y las dos condiciones de consistencia macroeconómica necesarias para este modelo.

Palabras clave: Residuos, demanda agregada, matriz insumo producto, materia prima secundaria.

Clasificación JEL: Q53, C67, E12

Abstract

This article presents a methodological proposal for incorporating waste and secondary raw materials into the Input-Output Matrix with a Social Accounting Matrix perspective, allowing for the evaluation of waste management policies. The theoretical framework used includes Kalecki's aggregate demand, the methodology for constructing an IOM, and the percentage estimates of industrial and municipal waste. With this information, the proposed objective was achieved, confirming the balance between aggregate supply and demand, as well as the two macroeconomic consistency conditions required for this model.

Key words: Waste, aggregate demand, input-output matrix, secondary raw materials.

JEL classification:

Q53, C67, E12

1.1. Introducción

El Banco Mundial, en septiembre de 2018 alertó al mundo que la producción de residuos sólidos aumentará ostensiblemente su volumen en el futuro, pasando de 1300 millones de toneladas registradas en el año 2012 a 2200 millones de toneladas para el año 2025, fenómeno que será visible especialmente en ciudades de países en desarrollo. Por su parte solo América Latina y el Caribe generan casi 1 kilo de basura per cápita por día, es decir, cerca de 231 millones de toneladas de desechos anuales, de los cuales el 61% corresponde a material orgánico y 25% es

material inorgánico, de este último apenas el 2.5% se recicla o ingresa en nuevos procesos productivos.

En atención a esta problemática, varios países del mundo están implementando novedosas iniciativas de gestión de residuos sólidos acompañados de ambiciosos programas de reciclaje, en su mayoría alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, cuya implementación se enmarca en el enfoque de Economía Circular, esquema que basa su implementación a través de la reformulación del ciclo productivo de las empresas y el reconocimiento del modo de producción lineal de bienes de consumo. Estos planes persiguen aportar con resultados contributivos para la protección ambiental, disminución del cambio climático y reducción de emisiones de gases efecto invernadero, obligándose a desarrollar e implementar estrategias para hacer posible la sostenibilidad ambiental en el marco de los retos sociales y económicos del mundo actual (Prieto-Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017).

Estas contribuciones económicas circulares que están realizando los países no podrían ser observadas en el tiempo sino se implementan herramientas de análisis económico ambiental que permitan visualizar el cambio en los patrones de consumo, producción y gestión de los residuos sólidos en los países firmantes de la Agenda 2030. La literatura económica da cuenta que para la evaluación de las políticas públicas normalmente se utilizan modelos de equilibrio económico tipo “top-down” o “bottom-up”, de carácter general, parcial o híbrido. En este sentido, los primeros modelos de equilibrio macroeconómico para evaluar posiciones y estrategias sobre el problema del cambio climático en un escenario político económico nacional e internacional fueron los trabajos de los economistas William Nordhaus (1992), Nicholas Stern (2006), Foley (2007) y Rezai y Taylor (2010).

Los modelos de equilibrio general son parte de los modelos multisectoriales y permiten generar aplicaciones para la evaluación de la política pública. Dentro de sus herramientas analíticas disponen la Matriz de Contabilidad Social (MCS) a través de la cual se puede estudiar los efectos que una política puede generar en las instituciones económicas y los mecanismos de transmisión de determinados impactos económicos. La MCS permite complementariedad con la Matriz Insumo-Producto (MIP) y la Tabla Oferta-Utilización (TOU) y es a través de estas extensiones metodológicas que se pueden conocer las relaciones entre los inputs primarios de la economía y la demanda final, para de esta manera explicar el comportamiento de la economía y sus relaciones institucionales. En este marco la MCS se convierte en el soporte metodológico para elaborar un Modelo de Equilibrio General Aplicado, (Líma Díaz, Vallés, & Cardenete, 2004).

Para conocer las relaciones intersectoriales que tienen la materia prima secundaria (reciclada) y los mecanismos de transmisión entre sectores de demanda intermedia y final, se debe elaborar la Matriz Insumo Producto de forma desagregada. Esta MIP ampliada contiene suficiente información respecto al comportamiento del consumo intermedio, demanda final del gobierno hogares, formación bruta de capital fijo, valor agregado, importaciones, exportaciones, rentas de factores, impuestos y aranceles, que dispuesta en una matriz cuadrada es posible observar su comportamiento y realizar simulaciones. Los resultados de los flujos intersectoriales encontrados sobre la MIP visión MCS permitirán identificar los sectores de la economía que

insumen materia prima secundaria y desglosar su comportamiento en columnas y filas, (Rozas & Ulloa, 2016).

Los antecedentes teóricos de la presente investigación basan su análisis en los planteamientos realizados por Michal Kalecki (1956) sobre los modelos de demanda efectiva, trabajos que estuvieron influenciados por los estudios macroeconómicos de John Maynard Keynes. De hecho este sostuvo que la política debe promoverse desde el enfoque de la demanda efectiva antes que desde la oferta, dado que la política de demanda agregada conforma un conjunto de medidas cuyo fin es regular la expansión o recesión del Producto Interno Bruto (Camacho, 2009).

La Teoría Neoclásica usa como referencia el modelo de crecimiento económico de Solow (1956), en base a este trabajo se han realizado una variedad de nuevos modelos más refinados principalmente en la definición y descripción sobre la acumulación de capital, los cuales ha implicado realizar modificaciones a su estructura original dando como resultado los modelos de crecimiento endógeno y los de crecimiento óptimo tipo Ramsey-Cass-Koopman. Estos nuevos modelos comparten algunos rasgos comunes entre ellos, por ejemplo, consideran que los determinantes de la oferta definen la tasa de acumulación de capital y consecuentemente el crecimiento de una economía; por otro lado, estos modelos omiten deliberadamente el estudio de la distribución del ingreso, salarios y beneficios, dado que es considerado como distractor o perturbación que puede afectar el crecimiento económico (Loaiza , 2012).

Este realce aplicado a los determinantes de la oferta se debe a que la economía clásica mantiene un exagerado respeto a la Ley de Say y por esta razón toda la macroeconomía clásica está basada en este argumento. Say consideraba que cualquier incremento de oferta crea su propia demanda, es decir el poder de compra necesario para adquirir cualquier volumen de producción incremental, asegurando de esta manera el equilibrio oferta - demanda y el pleno empleo; respecto al equilibrio ahorro - inversión, esta sería consecuencia lógica de la aplicación de esta ley (Keynes, 1954), de hecho el ingreso que no se consume se convertiría inmediatamente en demanda dirigida a cumplir necesidades de inversión y la demanda no desempeñaría ningún efecto en la explicación del crecimiento económico, muy a pesar que el equilibrio macroeconómico es consecuencia fundamental del comportamiento de los agregados que conforman la demanda.

El modelo de Solow, en su forma convencional consideraba a la tasa de ahorro exógena, ignorando que las decisiones de consumo presente y futuro de los individuos generan esta tasa de ahorro y por tanto no podría ser cero en el largo plazo, más bien, podría considerarse que la tasa de crecimiento es positiva en el largo plazo producto de la interacción de los factores exógenos de la oferta (progreso técnico, crecimiento de la fuerza laboral y rendimientos de escala), (Loaiza , 2012).

La investigación aplicada a la ciencia económica ha colocado el estudio de la distribución del ingreso y la acumulación del capital como línea de investigación fundamental en la academia a nivel mundial, muy a pesar y contraria al pensamiento de la teoría neoclásica de relacionar este tipo de investigaciones como propensa a presentar sesgo ideológico en sus resultados.

Corroborando el pensamiento de los clásicos Malthus y David Ricardo respecto a la distribución del ingreso, estos consideraban que este era el principal problema que debía dedicarse la economía, de hecho para los investigadores poskeynesianos esta línea de investigación era muy relevante, dado que los resultados mostraban evidencia suficiente para sostener que existe un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento producto de la distribución del ingreso entre salarios y beneficios (Hein & Tarassow, 2008).

Conforme esta breve exposición teórica, se puede apreciar que los modelos neoclásicos de crecimiento económico presentan ciertas limitaciones teóricas, siendo la mejor opción para evaluar la política de consumo de materia reciclada un modelo de equilibrio alternativo que no mantenga relación con la Ley de Say y más bien sea un modelo que permita realizar análisis a través de los componentes de la demanda agregada, como es el caso de los modelos de crecimiento Kaleckiano de la tradición poskeynesiana, cuya metodología permite la utilización de una variedad de herramientas teóricas para realizar análisis y conocer su impacto. Así las cosas, el objetivo de la presente investigación es: Elaborar una propuesta metodológica para el ingreso de los residuos y la materia prima secundaria en la matriz insumo producto visión matriz de contabilidad social para la evaluación de la política aplicada al consumo de materia prima secundaria proveniente de residuos sólidos urbanos en base a los aportes teóricos económicos y matemáticos de Kalecki.

Para atender este objetivo, el artículo está organizado en siete temas fundamentales, la primera sección contiene la parte introductoria que se presenta. La sección 2 presenta el Enfoque de la demanda efectiva de Michal Kalecki cuyo desarrollo es el marco teórico de esta investigación. La sección 3 se expone el Método de cuantificación de los Residuos sólidos de forma algebraica y gráfica. En la sección 4 trata sobre el Método de valoración económica de materia prima secundaria. La sección 5 recoge la Propuesta Metodológica para la integración de materia prima secundaria en la Matriz Insumo Producto. En la sección 6 se realiza una Discusión de todo el contenido de la propuesta. Finalmente, en la sección 7 se presentan las conclusiones más importantes del trabajo.

1.2. Enfoque de la demanda efectiva de Michal Kalecki

Los estudios efectuados por Keynes (1954) y la generación poskeynesiana consideraron a la demanda efectiva como el principal determinante del nivel de ingreso y empleo de la economía, de hecho Kalecki (1933) estaba convencido que para expandir la producción era necesario incentivar la demanda agregada a través de medidas de política económica, enfocada principalmente en las políticas fiscal y monetaria.

La política fiscal en esencia es un direccionamiento gubernamental que basa su aplicación en la gestión tributaria y el gasto público, por su parte la política tributaria tiene efectos negativos sobre la demanda, dado que la aplicación de tasas impositivas restringe la capacidad adquisitiva de los consumidores y las empresas y en este sentido su relación es inversa con la demanda agregada. A diferencia, la política del gasto público incrementa, expande y tiene un efecto positivo sobre la demanda agregada en la economía.

La política monetaria está relacionada con la oferta de dinero o masa monetaria, tasa de interés, títulos de deuda pública y operaciones de mercado abierto, agregados que tienen influencia y relación directa con la demanda, por ejemplo la variación de la tasa de interés puede restringir o aumentar la disponibilidad del crédito para inversión o consumo, cuyos efectos directos se verán afectados sobre la demanda agregada, empleo e inflación.

Siguiendo a Kalecki, la demanda efectiva teóricamente está compuesta por dos partes, la primera corresponde al balance oferta y demanda con sus agregados: consumo privado, gasto del gobierno, inversión exportaciones e importaciones, y la segunda, comprende el efecto multiplicador que poseen las variables que conforman la demanda agregada cuando estas se encuentran en el proceso económico de producción, distribución y consumo, y distribución del ingreso.

La demanda agregada (DA) considera cuatro tipos de agentes en la economía, las familias o economías domésticas, las empresas, el gobierno y las exportaciones netas; las familias demandan bienes de consumo (C), las empresas demandan bienes de inversión (I), el Gobierno demanda bienes de consumo (G) y grupo de consumidores de las familias, empresas y gobierno demandan bienes del exterior NX . En conjunto estos agregados conforman el total de cantidades demandadas y la función de DA es:

$$DA = C + I + G + NX \quad (1)$$

En Kalecki (1933) y Taylor (2004) el balance $OA = DA$ Oferta-Demanda Agregada está representado por:

Ingreso Nacional Y

Donde:

Consumo Privado	C_p	
Inversión Privada	I_p	
Gasto del gobierno	G	
Exportaciones Netas	NX	
		$Y = C_p + I_p + G + NX \quad (2)$

Luego, la Oferta Agregada

Donde:

Ingreso Privado	Y_p	
Impuestos Netos	T	
Importaciones	M	
		$Y = Y_p + T + M \quad (3)$

A fin de obtener los parámetros relativos de la oferta agregada se debe restar de cada miembro de la ecuación (3) el Consumo Privado C_p y dividir para el Ingreso Nacional Y todos sus componentes:

$$\frac{Y - C_p}{Y} = \frac{Y_p - C_p}{Y} + \frac{T}{Y} + \frac{M}{Y}$$

Donde:

Tasa de Ahorro Privado	$S_p = (Y_p - C_p) / Y$
Tasa Impositiva	$t = T / Y$
Propensión a la Importación	$m = M / Y$

Luego, sustituyendo los parámetros presentados en la ecuación (3) y ordenando los términos, tenemos:

$$\frac{Y - C_p}{Y} = S_p + t + m$$

Despejando Y :

$$Y = \frac{Y - C_p}{(S_p + t + m)}$$

Nuevamente, volvemos a reemplazar Y de la ecuación (2) en el primer término de la ecuación anterior y ordenando los términos, tenemos:

$$Y = \frac{C_p + I_p + G + E - C_p}{(S_p + t + m)}$$

Una vez que reducimos factores comunes, encontramos la Función del Multiplicador Keynesiano del Ingreso:

$$Y = \frac{I_p + G + E}{(S_p + t + m)} \quad (4)$$

El Multiplicador keynesiano del Ingreso presentado en la ecuación (4) puede reescribirse de la siguiente manera:

$$Y = \left(\frac{I_p}{(S_p + t + m)} \right) + \left(\frac{G}{(S_p + t + m)} \right) + \left(\frac{E}{(S_p + t + m)} \right)$$

$$Y = \left(\frac{I_p}{(S_p + t + m)} \right) \left(\frac{S_p}{S_p} \right) + \left(\frac{G}{(S_p + t + m)} \right) \left(\frac{t}{t} \right) + \left(\frac{E}{(S_p + t + m)} \right) \left(\frac{m}{m} \right)$$

$$Y = \left(\frac{S_p}{(S_p + t + m)} \right) \left(\frac{I_p}{S_p} \right) + \left(\frac{t}{(S_p + t + m)} \right) \left(\frac{G}{t} \right) + \left(\frac{m}{(S_p + t + m)} \right) \left(\frac{E}{m} \right)$$

$$Y = (S_p / \lambda) (I_p / S_p) + (t / \lambda) (G / t) + (m / \lambda) (E / m) \quad (5)$$

Siguiendo a Taylor (2004) considera que esta expresión representa los parámetros de fuga $\lambda = S_p + t + m$, mientras que los términos $I_p / S_p, G / t, E / m$ pueden interpretarse como los efectos multiplicadores directos sobre la producción de la inversión privada, gasto público y las exportaciones. Cada expresión está multiplicando su tasa de fuga: ahorro, impuestos y propensión a la importación.

En resumen la Oferta Agregada es el promedio ponderado de las contribuciones a las demandas del sector privado, el gobierno y el resto del mundo, (Taylor, 2004). Según el modelo planteado por Keynes, Kalecki y Taylor la demanda agregada determina el nivel de producto. En equilibrio la producción es igual a la demanda de bienes y servicios de la economía.

La demanda agregada depende del gasto autónomo $\bar{C} + \bar{I} + G$ y la distribución de la renta, pero para derivar el nivel de ingreso en función de la distribución de la riqueza es necesario trabajar solo con las variables C, I y provisionalmente omitir las variables G, E , las que serán incluidas en la ecuación final.

Según Kalecki el Consumo Privado C_p está compuesto por:

Consumo de los capitalistas	C_k
Consumo de los asalariados	C_w

La demanda agregada representada en la ecuación (2) $Y = C_p + I_p + G + E$ y omitiendo los dos términos G, E tenemos:

$$Y = C_k + C_w + I_p \quad (6)$$

Este ingreso se distribuye en consumo de los trabajadores C_w , consumo de los capitalistas C_k e inversión I_p . Los capitalistas como dueños de las empresas retienen una parte de sus ganancias para destinarlo a inversión y mantener la producción o expansión de sus industrias.

La oferta agregada representada en la ecuación (3) $Y = Y_p + T + M$, omitiendo los impuestos y las importaciones T, M tenemos: $Y = Y_p$. En este escenario Y está conformado por las ganancias que las empresas generan durante el proceso productivo π y los salarios que se pagan a los asalariados W , tenemos:

$$Y = \pi + W \quad (7)$$

Esta ecuación muestra que las ganancias de las empresas π financian la inversión privada I_p y el consumo de los capitalistas C_k , de tal forma que:

$$\pi = I_p + C_k \quad (8)$$

Del mismo modo, el salario W de los trabajadores se destina para consumo C_w y no generan ahorro y si lo hicieran solo lo mantendrían en el corto plazo, para financiar consumo futuro C_w .

$$W = C_w \quad (9)$$

Es perfectamente admisible suponer que el ahorro de los capitalistas S_k se convierte en inversión privada I_p y el ahorro de los trabajadores S_w en consumo futuro. En este escenario la propensión marginal a ahorrar de los trabajadores es menor que la de los capitalistas S_k .

Es decir, los trabajadores destinan una proporción más alta del su ingreso al consumo que la de los capitalistas. La propensión marginal a consumir de los trabajadores es $C_w = 1$, consumen todo su ingreso $C_w = W$ y por esta razón la función de ahorro agregado depende solo de las decisiones que toman los capitalistas $S = S_K R$ (Loaiza , 2012).

El consumo de los capitalistas C_k está en función de la ganancia de la empresa π , sustituyendo en la ecuación (7) tenemos:

$$Y = W + c_k \pi + I \quad (10)$$

Despejando $Y = W + \pi$, luego $W = Y - \pi$ y volviendo a escribir la ecuación (7), tenemos $Y = (Y - \pi) + c_k \pi + I$, reordenando términos, nos queda:

$$\pi = \frac{I}{1 - c_k} \quad (11)$$

Las ecuaciones (7), (8), (9), (10) y (11) demuestran que los capitalistas no tienen capacidad para decidir directamente cuanto ganar π pero sí cuanto invertir I_p y consumir C_k . Esta hipótesis permite asumir que las decisiones de inversión y consumir de los capitalistas determinan sus beneficios y no a la inversa (Kalecki, 1933).

Si dividimos la ecuación (11) para el stock de capital K obtenemos como resultado la Ecuación de Cambridge, expresión fundamental de la teoría poskeynesiana.

Como resultado nos da la tasa de beneficio: $r = \frac{\pi}{K}$ y la tasa de crecimiento o acumulación:

$g = \frac{I}{K}$, luego sustituimos en la ecuación (11):

$$r = \frac{g}{1 - c_k} \quad (12)$$

Esta Ecuación de Cambridge muestra que mientras más alto sea el consumo de los capitalistas C_k la tasa de beneficios $r = \frac{\pi}{K}$ también lo será. La tasa de crecimiento $g = \frac{I}{K}$ será positiva siempre y cuando $r = \frac{\pi}{K}$ también lo sea. Por lo tanto un equilibrio de estado creciente de la economía ocurrirá cuando los empresarios realicen nuevas inversiones.

En el modelo Kaleckiano la distribución del ingreso cumple un rol fundamental, la medida de esta variable está representada por $h = \frac{\pi}{Y}$ que hace referencia a la proporción de beneficios en relación al ingreso nacional Y , cuyo recíproco $(1-h)$ representa la proporción de los salarios

en el ingreso nacional Y , ahora bien, dividiendo la ecuación (12) $r = \frac{g}{1-c_k}$ para el ingreso Y y ordenando los términos, se tiene:

$$g = (1-c_k)h \frac{Y}{K} \quad (13)$$

Esta expresión presenta la productividad media del capital $\frac{Y}{K}$, mientras más alto sea el ingreso nacional Y mayores beneficios corresponde a h , por lo tanto la parte destinada a los trabajadores en forma de salarios $(1-h)$ es menor, pero mayor será la tasa de crecimiento g .

La expresión (13) es interesante porque muestra la relación que se mantiene entre la distribución del ingreso h y la acumulación de capital g que corresponde a la tasa de crecimiento de la economía.

El modelo de Kalecki, como hemos venido viendo considera de forma separada tres sectores económicos:

1. Bienes y servicios de inversión I_p
2. Consumo de los capitalistas C_k
3. Consumo de los asalariados C_w

Para el desarrollo algebraico y analítico se consideran dos supuestos:

1. Los trabajadores no ahorran; y,
2. Los bienes producidos se venden totalmente, no existe acumulación de inventarios.

En forma consolidada, la producción bruta total de la economía se recoge en el siguiente cuadro:

Tabla.1 Sectores económicos y sociales

Sectores económicos Clases sociales	1	2	3	Ingreso Valor Agregado
Capitalistas	π_1	π_2	π_3	π
Trabajadores	W_1	W_2	W_3	W
Producto Demanda Efectiva	I_p	C_k	C_w	Y

Fuente: PACHECO, Lucas: Política Económica: Un enfoque desde la economía política, p 568.

A partir de la información presentada se puede establecer los coeficientes de distribución del ingreso:

1.- tasa de ganancia

Coficiente de distribución del ingreso en ganancias ε

$$\varepsilon = \frac{\pi}{Y} \quad (14)$$

Corresponde a la participación de las ganancias de los empresarios en el ingreso nacional

2.- tasa de salarios

Coefficiente de distribución del ingreso en salarios ω

$$\omega = \frac{W}{Y} \quad (15)$$

Corresponde a la participación de los salarios de los trabajadores en el ingreso nacional

La sumatoria de las dos expresiones (14) y (15) corresponden a la distribución del ingreso $\varepsilon + \omega = 1$

De acuerdo a la misma matriz, los coeficientes de distribución de los salarios por sector son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Sector 1:} \quad \omega_1 &= \frac{W_1}{I_p} && \text{despejando } W_1 \text{ tenemos: } W_1 = \omega_1 * I_p \\ \text{Sector 2:} \quad \omega_2 &= \frac{W_2}{C_k} && \text{despejando } W_2 \text{ tenemos: } W_2 = \omega_2 * C_k \\ \text{Sector 3:} \quad \omega_3 &= \frac{W_3}{C_w} && \text{despejando } W_3 \text{ tenemos: } W_3 = \omega_3 * C_w \end{aligned}$$

Donde la sumatoria de los salarios que reciben los sectores es: $W = W_1 + W_2 + W_3$ y bajo el supuesto que los trabajadores consumen todo su salario $C_w = W$, se tiene que:

$$C_w = W_1 + W_2 + W_3 \quad (16)$$

Reemplazando en la ecuación (16) en términos de los coeficientes de distribución de los salarios por sector, tenemos:

$$C_w = \omega_1 I_p + \omega_2 C_k + \omega_3 C_w \quad (17)$$

Despejando C_w :

$$C_w = \omega_1 I_p + \omega_2 C_k + \omega_3 C_w$$

$$C_w - \omega_3 C_w = \omega_1 I_p + \omega_2 C_k$$

$$C_w (1 - \omega_3) = \omega_1 I_p + \omega_2 C_k$$

$$C_w = \frac{\omega_1 I_p + \omega_2 C_k}{(1 - \omega_3)} \quad (18)$$

Esta expresión determina el consumo de los trabajadores o asalariados. A diferencia, el consumo de los capitalistas o empresarios está representado por:

$$C_k = \alpha + \beta \pi \quad (19)$$

Donde:

La parte constante del consumo del capitalista que no está en función de las ganancias es: α

La parte variable del consumo del capitalista que está en función de las ganancias es: $\beta\pi$. El parámetro β está en el intervalo entre 0 y 1 y según Kalecky es la proporción de la ganancia que el capitalista destina al consumo.

Ahora bien, la ecuación (8) $\pi = I_p + C_k$ reemplazamos con los nuevos parámetros $\pi = I_p + \alpha + \beta\pi$ y despejando π , tenemos:

$$\pi = \frac{I_p + \alpha}{(1 - \beta)} \quad (20)$$

En este momento se han estimado los dos términos de la ecuación (7) $Y = \pi + W$ presentadas en (18) y (20), uniendo las dos expresiones se tiene:

$$Y = \frac{I_p + \alpha}{(1 - \beta)} + \frac{\omega_1 I_p + \omega_2 C_k}{(1 - \omega_3)} \quad (21)$$

Esta expresión demuestra que la demanda efectiva de una economía depende en gran medida de la participación de los salarios de los trabajadores en el producto total, en este contexto el nivel de producción de un país dependerá de la:

- Inversión privada: I_p
- Consumo constante del capitalista: α
- Consumo variable del capitalista: β
- Consumo de los asalariados C_k dependientes de la distribución del ingreso: ω sectorial.

Finalmente, sustituimos la expresión (2) $Y = C_p + I_p + G + E$ en (21) y tenemos:

$$Y = \frac{I_p + \alpha}{(1 - \beta)} + \frac{\omega_1 I_p + \omega_2 C_k}{(1 - \omega_3)} + G + E \quad (22)$$

Esta ecuación muestra la dependencia del producto total de la economía con la distribución del ingreso (asalariados y capitalistas) inversión, gasto del gobierno y con el sector externo, (Camacho, 2009), (Taylor, 2004) y (Loaiza, 2012).

El modelo de Kalecki para que logre efectividad en su aplicación es necesario que los choques de demanda efectiva afecten el mercado de bienes, incrementen la utilización de la capacidad instalada de las empresas y disminuyan el desempleo. La distribución del ingreso presenta cambios positivos solo cuando un choque en la participación de las ganancias en el producto es generado por el incremento de la utilización de la capacidad instalada, aunque los salarios no se indexan inmediatamente frente a incrementos de productividad laboral, debido a que *pari passu* los salarios no crecen paralelamente con el aumento de la productividad. Por esta razón la disminución del desempleo debe ser generado por el crecimiento de la demanda acompañado del cambio tecnológico.

La producción de los tres sectores de la economía representa la oferta y medido a través de sus usos corresponde a la demanda agregada, lo que quiere decir que hay una relación implícita entre estas dos ecuaciones, cuyos choques por el lado de la producción o demanda se verán inmediatamente reflejados en sus componentes; siendo así, el principal determinante del gasto de las familias, gobierno y empresas estará condicionado por las decisiones de consumo e inversión que estas tengan en el corto plazo dadas las restricciones del ingreso.

Toda actividad humana es propensa a generar márgenes de residuos en estado sólido, líquido o gaseoso y su volumen dependerá del nivel de consumo y el ingreso que destinen los hogares, gobierno, empresas y sector externo a la adquisición de bienes y servicios o producción de los mismos. Lo que permite asumir que la generación de residuos tiene un componente no desglosado en la oferta y demanda agregada. Pero los residuos pueden ser orgánicos e inorgánicos y los primeros son susceptibles de ser reciclados y devueltos a un nuevo proceso productivo o reutilizados, esta nueva división también es parte del consumo, gasto y producción y puede ser visible en forma desagregada en la oferta y demanda.

Para que las decisiones de consumo, gasto y producción sean visibles es necesario analizar y entender cómo ocurre este proceso en los agregados de la demanda y oferta agregada en un escenario de equilibrio general.

1.3. Método de cuantificación de los Residuos sólidos

El valor de la producción de un país puede ser estimado a través del gasto, producción o el ingreso, cuyos parámetros normalmente se encuentran disponibles en la Matriz de Contabilidad Social (MCS), pero previamente deben ser cuantificados los consumos intermedios, valor agregado, oferta productiva y la demanda final. Información que está recogida en la Matriz Insumo Producto (MIP) y esta a su vez integrada en la MCS.

La MIP es una matriz $m \times n$ que recoge la estructura de la economía en términos de venta y compra de bienes y servicios de cada sector, es decir mide el inter relacionamiento sectorial, pero, debido al comportamiento dinámico de la demanda final, esta es cambiante en el tiempo dado que absorbe los efectos de los shock de demanda originados por variaciones en los precios de los commodities, el ingreso, la inflación o eventos naturales.

Por eso la MIP o la MCS son consideradas las principales herramientas para análisis y evaluación de política pública. Refiriéndome a la primera herramienta y utilizando como base el modelo de Leontief para las adaptaciones de una modelación dinámica el sistema matricial propuesto es el siguiente:

$$\begin{array}{rcl}
 X_1 & = & x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} + d_1 \\
 X_2 & = & x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} + d_2 \\
 \vdots & & \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\
 X_n & = & x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} + d_n
 \end{array}$$

El derrame del ingreso en la economía despliega la actividad económica transfiriendo financiamiento para la inversión en consumos intermedios, generación de valor agregado, oferta productiva y la absorción de demandas finales ($C + I + G + NX$).

El consumo está restringido por el ingreso, rango sobre el cual se construye el nivel de consumo y ahorro $Y_d = C + S$, parámetros que recogen la dinámica y el efecto del ingreso cuando este varia. Si se incrementa el ingreso se estimula el consumo de bienes normales y superiores en detrimento de los bienes inferiores. Frente a este comportamiento macroeconómico el ingreso disponible se convierte en el principal determinante del consumo de las familias $C = Y_d - S$, donde S representa el ahorro y Y_d el ingreso disponible y este a su vez lo integra el ingreso nacional más las transferencias corrientes y menos los impuestos $Y_d = Y + Tr - T$ (Castillo & Brborich, 2007) y (Angel, 1999). De tal forma que el ingreso total del hogar es la sumatoria de la distribución del ingreso primario y secundario (Camelo, 2001).

De acuerdo a la International Labour Organization ILO (2020), el ingreso dado sus fuentes lo define como las entradas de dinero generados por actividades productivas que reciben las familias en forma regular y lo destinan para financiar el consumo (Alvarado & Pinos, 2017), siendo este el principal medio para acceder a bienes y servicios esenciales para la vida y expresar la capacidad de consumo de los hogares.

Las variables de demanda agregada $DA = C_p + I_p + G + NX$ visto desde el enfoque de los residuos se aprecia que todos sus componentes son fuente de generación directa de basura, por lo que es apropiado suponer que la variable residuos es posible separarla de la demanda agregada y demostrar su existencia algebraicamente. Siendo así, la Demanda Agregada podría tener un comportamiento "limpio" DA_{LIMPIA} de tal forma que su estimación sería el reflejo de las condiciones óptimas que requiere el medio ambiente, es decir sin externalidades negativas, su cuantificación corresponde a la diferencia entre la demanda agregada y los residuos: $DA - \bar{\kappa}(C + G + I)$:

Cuya igualdad algebraica se expresa en la expresión (23)

$$DA - \bar{\kappa}(C + G + I) = \bar{C} + c\bar{r} + \bar{G} + \bar{I} - rI + c(1-t)Y \quad (23)$$

Esta ecuación da origen a una nueva línea de análisis de la demanda agregada y sus componentes. En efecto, el lado izquierdo de la ecuación muestra la demanda limpia y el lado derecho los consumos libre de residuos, cuyas variables se analizan seguidamente:

El Gasto de las familias examinado desde el enfoque macroeconómico representa la función de consumo, la cual está conformado por el consumo autónomo más la propensión marginal a consumir: $C_t = \bar{C} + cY_t$, siendo \bar{C} mayor que cero: $\bar{C} > 0$ y c entre cero y uno: $0 < c < 1$. El consumo autónomo \bar{C} es el único componente que no está en función directa del ingreso, dado

que las personas, aunque en proporciones mínimas tiene que consumir para subsistir, tengan o no ingresos.

Con el fin de conocer el destino del ingreso de las familias desde el enfoque del consumo se aprecia que toda su estructura está determinada por el ingreso:

$$G_c = C_{B/S}Y + C_{BK}Y \quad (24)$$

Donde:

- Bienes y servicios $C_{B/S}$
- Bienes de capital C_{BK}

La expresión (24) recoge la distribución del ingreso de las familias destinadas a financiar el consumo de bienes y servicios $C_{B/S}$ conformado por bienes durables, no durables y servicios, los cuales en su mayoría son productos y servicios perecibles y forman parte de la canasta básica y del consumo pagado por los hogares (Camelo, 2001). Los bienes durables C_{BK} comprenden los bienes que son considerados normales, incluyen equipos, computadoras, herramientas para el hogar, entre otros.

El lado derecho de la expresión (25) presenta el consumo neto de las familias más los residuos que son parte de los gastos y el lado izquierdo es el gasto total de las familias:

$$G_c = C_n + \kappa_c \quad (25)$$

Donde:

- Gasto de las familias G_c
- Consumo neto libre de residuos C_n
- Residuo doméstico κ_c

En este grupo de gasto, cuando un hogar consume un determinado bien o servicio siempre generará residuos domésticos κ_c que conforman el producto final, de tal forma que es posible diferenciar el residuo κ_c que normalmente acompaña al producto en forma de empaques, envolturas, cajas, botellas, etc.

El Gasto del Gobierno G_g contablemente está representados por el gasto corriente y de capital, cuyo nivel de gasto está en función de la actividad económica $G = f(Y)$ es decir, los ingresos que recauda por impuestos o inversiones. Veamos:

$$G_g = C_{B/S}Y + C_{BK}Y \quad (26)$$

Donde:

- Gasto del gobierno G_g
- Bienes y servicios $C_{B/S}$

- Bienes de capital C_{Bk}

La expresión (26) muestra la distribución contable del ingreso destinado a gasto del gobierno para la adquisición de bienes y servicios $C_{B/S}$ cuyo rubro de gasto está conformada por: papelería, cintas, tintas, servicios de consultoría, mensajería, arriendos, publicidad, etc. Los bienes de capital C_{Bk} representan las máquinas y equipos tecnológicos usados en la prestación de los servicios públicos.

El gasto del gobierno mantiene condiciones semejantes a las demás variables de la demanda agregada y por esta razón, también parte de su gasto está conformado por residuos institucionales, viales, hospitalarios, escombros y otros.

$$G_g = C_n + \kappa_g \quad (27)$$

La expresión (27) presenta el gasto del gobierno G_g y de forma desagregada el rubro de consumo neto sin residuos C_n más la generación de residuos del gobierno κ_g .

La Inversión es el gasto en nuevos bienes de capital y lo conforma la formación bruta de capital FBK. Variable que está directamente influenciada por el incremento del ingreso ΔY y la tasa de interés r : $I = f(r, \Delta Y)$, si aumenta el ingreso o disminuye la tasa de interés aumenta la inversión, especialmente la acumulación de capital físico, maquinarias, edificios, materia prima, etc., (De Gregorio, 2012).

La inversión I tiene un componente autónomo \bar{I} que está representando por el gasto mínimo que el empresario o el Estado debe realizarlo para mantener la producción y la administración pública, menos la sensibilidad de la inversión $-rh$ frente a cambios en la tasa de interés real: $I = \bar{I} - rh$.

Normalmente, las decisiones de inversión son tomadas por los empresarios o el Estado para adquirir maquinaria y equipo, construcciones y/o aumento de inventarios, cuyo consumo de inversión está conformados por:

$$G_i = C_{BKF} Y \quad (28)$$

Siendo:

- Gastos en Inversión G_i
- Bienes de capital fijo C_{BKF}

La expresión (28) representa la distribución del ahorro destinado a financiar la inversión en bienes de capital C_{BKF} , representan las máquinas y herramientas destinadas a la producción privada, Infraestructura física, fábricas, construcción de carreteras, hospitales, escuelas, aeropuertos, etc.

En conjunto, el grupo de gasto de inversión genera residuos reciclables, provenientes de la fragmentación y/o demolición de activos producidos. La siguiente expresión recoge el criterio expuesto:

$$G_i = C_n + \kappa_i \quad (29)$$

El lado izquierdo de la ecuación (29) representa el gasto de inversión G_i y el lado derecho corresponde al rubro de consumo neto sin residuos C_n más la generación de residuos κ_i .

La variable **Exportaciones Netas** NX es el saldo que se obtiene de la diferencia entre las exportaciones que realizan el país y lo importado del resto del mundo $X - M = x_1 Y^* - m_1 Yd + (x_2 + m_2) \ell$.

Donde las importaciones $M = m_1 Yd - m_2 \ell$ mantienen dos componentes, el primero corresponde a la propensión marginal a importar que está en función del ingreso y el segundo a la sensibilidad de las importaciones ante cambios en el tipo de cambio real. Las exportaciones $X = x_1 Y^* + x_2 \ell$ sus términos representan la sensibilidad de las exportaciones ante un cambio en el ingreso del resto del mundo y del tipo de cambio real, respectivamente.

Las exportaciones corresponden a la producción nacional que es colocada en los mercados internacionales por las empresas, actividad que durante todo el proceso de producción generan diferentes tipos de residuos y son parte permanente del consumo productivo. A diferencia, las importaciones, corresponde a la producción que realizan las empresas ubicadas en el exterior y su análisis de generación de residuos forma parte del consumo de las familias, gasto del gobierno o del consumo productivo cuando estos son insumidos o consumidos.

Todo el comportamiento de las variables hasta ahora analizadas converge en la demanda agregada y es posible presentarlo de forma desagregada. Para el efecto reemplazamos en la ecuación de $DA = C_p + I_p + G + NX$ las expresiones (25), (27) y (29) y nos queda:

$$DA = G_c + \kappa_c + G_g + \kappa_g + G_i + \kappa_i$$

Esta expresión recoge la generación de residuos pero no el saldo de las exportaciones netas, dado que los consumos en B/S y FBK son realizados en el contexto de las familias, gobierno o empresas, por esta razón el desglose de los residuos es afectado solo a este grupo, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} _ & C = (\bar{C} + c(1-t)Y + c\bar{tr}) + \bar{\kappa}_C \\ _ & I = (\bar{I} - rI) + \bar{\kappa}_I \end{aligned}$$

$$G = (\bar{G}) + \bar{\kappa}_G$$

La barra sobre las variables de residuos corresponde a Absorción Doméstica, dado que los residuos y el consumo forman parte integral del producto o servicio final.

Sustituyendo en la demanda agregada se tiene:

$$DA = (\bar{C} + c(1-t)Y + c\bar{tr}) + \bar{\kappa}_C + (\bar{G}) + \bar{\kappa}_G + (\bar{I} - rh) + \bar{\kappa}_I$$

Ahora, agrupando términos semejantes por Absorción Doméstica:

$$DA = \bar{C} + c\bar{tr} + \bar{\kappa}_C + \bar{G} + \bar{\kappa}_G + \bar{I} + \bar{\kappa}_I - rh + c(1-t)Y$$

Pero el componente de absorción doméstica es: $\bar{A} = \bar{C} + c\bar{tr} + \bar{G} + \bar{I}$

Reemplazando en nuestra expresión el componente de Absorción Doméstica nos queda:

$DA = \bar{A} + \bar{\kappa}(c + \kappa_G + \kappa_I) - rh + c(1-t)Y$. Esta ecuación representa la recta de Demanda Agregada desglosada el grupo de residuos por fuente generadora.

Donde la ordenada al origen es: $\bar{A} + \bar{\kappa}(c + \kappa_G + \kappa_I) - rh$ y la pendiente de la recta es: $c(1-t)Y$.

Pero, la demanda agregada es igual al ingreso: $DA = Y$

Sustituyendo y ordenando términos semejantes se tiene que: $Y - c(1-t)Y = \bar{A} + \bar{\kappa}(c + \kappa_G + \kappa_I) - rh$ y luego despejando Y es posible conocer la Demanda Agregada con su multiplicador:

$$Y = \frac{1}{1 - c(1-t)} \bar{A} + \bar{\kappa}(c + \kappa_G + \kappa_I) - rh \quad (30)$$

Reemplazando el multiplicador por alfa: $\alpha = \frac{1}{1 - c(1-t)}$ se tiene la siguiente expresión consolidada:

$$Y = \alpha (\bar{A} + \bar{\kappa}(c + \kappa_G + \kappa_I) - rh) \quad (31)$$

Las ecuaciones (30) y (31) representan la función de Demanda Agregada separado el componente de Absorción \bar{A} más $\bar{\kappa}$ Residuos Absorción, en la que se puede observar que el multiplicador del gasto también afecta a la generación de residuos dado su comportamiento cíclico dependiente del ingreso.

Nuevamente, partimos de la ecuación (30) y despejamos el componente de residuos $\bar{\kappa}$:

$$\bar{\kappa} = \frac{1}{(c + \kappa_G + \kappa_I)} [Y - c(1-t)Y - \bar{A} + rh] \quad (32)$$

Sustituyendo el multiplicador por pi: $\pi = \frac{1}{(c+g+l)}$

Encontramos la expresión (33):

$$\bar{\kappa} = \pi [Y(1-c(1-t)) - \bar{A} + rh] \quad (33)$$

En esta ecuación el termino π residuos está entre $0 < \pi < 1$ y representa el multiplicador de los residuos que se genera en función de la actividad económica.

La figura 1 presenta gráficamente tres rectas que corresponden a: Demanda agregada=Ingreso $DA = Y$ (45°), Demanda Agregada con residuos $DA = \alpha(\bar{A} - rh)$ y la Demanda Agregada sin residuos $DA_{LIMPIA} = DA - \bar{\kappa}(c+g+l)$.

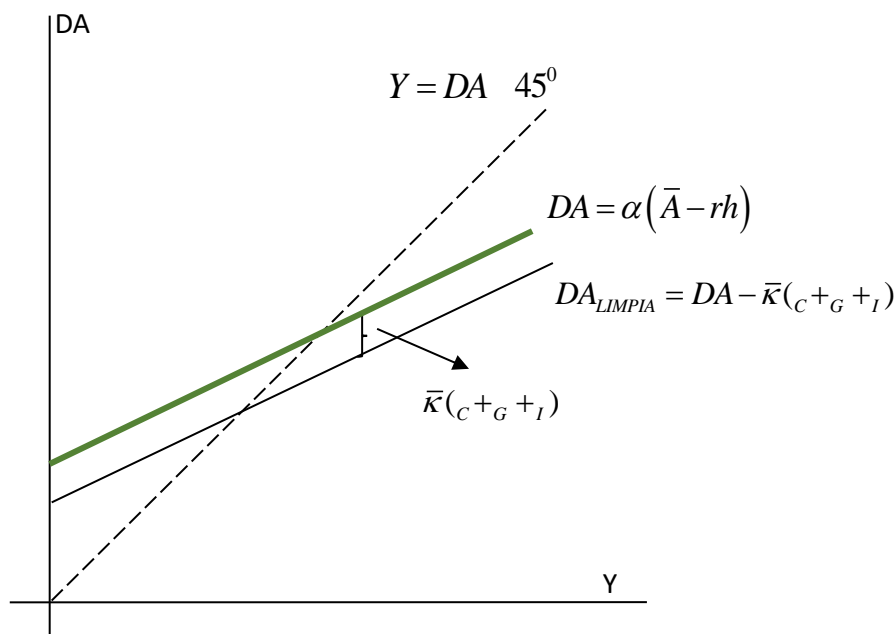


Figura 1 Presentación de la Demanda Agregada con el componente residuos

La distancia entre las dos rectas paralelas \overline{DA} y $\overline{DA_{LIMPIA}}$ corresponden al componente $\bar{\kappa}(c+g+l)$ y representa los residuos que son generados por los consumidores municipales (residenciales, institucionales, comerciales, barrido y limpieza de vías) (Domínguez, 2004).

La expresión $DA - \bar{\kappa}(c+g+l) = \bar{C} + c\bar{t}r + \bar{G} + \bar{I} - rh + c(1-t)Y$, el lado derecho representa la Demanda Agregada limpia y el lado izquierdo son los agregados de gasto y consumo libre de residuos.

Si a la expresión (31) $Y = \alpha(\bar{A} + \bar{\kappa}(c+g+l) - rh)$ dividimos para el ingreso nacional Y tenemos:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \left[\frac{\bar{A}}{Y} + \frac{\bar{\kappa}(c+g+i)}{Y} - \frac{rh}{Y} \right]$$

- El primer término es la tasa de crecimiento del producto $\frac{\Delta Y}{Y}$
- El Segundo término es la proporción de Absorción Doméstica en relación al ingreso nacional $\frac{\bar{A}}{Y}$
- El tercer término es la proporción de residuos en función del Y ingreso nacional que genera la sociedad $\frac{\bar{\kappa}(c+g+i)}{Y}$
- El cuarto término es la proporción sensible a la tasa de interés real de la inversión en relación al ingreso nacional $\frac{rh}{Y}$

De acuerdo a los investigadores André y Cerdá (2006) los residuos que genera la sociedad $\frac{\bar{\kappa}(c+g+i)}{Y}$ son trasladados a su disposición final considerando el volumen, procedencia, posibilidades de recuperación y comercialización.

Algebráicamente la expresión (34) permite conocer el volumen de los residuos generados acorde al tipo y su composición porcentual en toneladas al año¹.

$$TAD_t^j = k_j * TAD_t \quad (34)$$

Donde:

- Total de toneladas generadas en el año t por tipo de residuo j: TAD_t^j
- Fracción del residuo j en una fracción de tonelada de residuos mixtos: k_j
- Total de toneladas generadas en el año t: TAD_t

Continuando con André y Cerdá (2006) manifiestan que los residuos que ingresan para aprovechamiento son separados, seleccionados y pesados, de tal forma que dependiendo de su origen orgánico o inorgánico pueden ser reciclados o trasladados a compostaje, siendo la primera alternativa el método más utilizado dada las ventajas económicas y ambientales que presentan. Las dos alternativas de reciclaje permiten recuperar ciertos materiales en diversas cantidades, aunque un buen volumen de residuos no será posible recuperarlos.

La expresión (23) recoge el criterio de André y Cerdá (2006), donde la $DA - \bar{\kappa}(c+g+i) = \bar{C} + c\bar{t}r + \bar{G} + \bar{I} - rh + c(1-t)Y$, pudiendo también ser presentada de la

¹ Para mayor información referente a la metodología para caracterización y valorización de residuos, véase los trabajos de: Zafra Mejía (2009), Montoya (2012), División de Evaluación Social de Inversiones de Chile (2013), FOCIMIRS (2017) y el Ministerio del Ambiente de Perú (2018).

siguiente manera: $DA - \bar{\kappa}_{RR} - \bar{\kappa}_{RP} = \bar{C} + c\bar{tr} + \bar{G} + \bar{I} - rh + c(1-t)Y$, donde $\bar{\kappa}_{RR}$ son los residuos reciclables y $\bar{\kappa}_{RP}$ los residuos no reciclables peligrosos para el medio ambiente; entonces la expresión $\bar{\kappa}(\bar{C} + \bar{G} + \bar{I}) = \bar{\kappa}_{RR} + \bar{\kappa}_{RP}$ representa la generación total de residuos que genera la sociedad en el consumo final.

$\bar{\kappa}_{RR}$ también puede leerse como sigue: $\bar{\kappa}_{RR} = \bar{\kappa}_{RRO} + \bar{\kappa}_{RRI}$, el lado derecho son los residuos orgánicos e inorgánicos reciclables y reutilizables.

Los investigadores Aguilar, Armijo, & Taboada (2010) consideran que el porcentaje de residuos que pueden ser reciclados está en el rango entre el 71% al 86.7%, de este grupo, son residuos orgánicos entre el 67% al 87% y residuos inorgánicos entre el 12.7% al 33%. A diferencia Soliz, Durango, Solano y Yépez (2020) consideran que para el caso del Ecuador los promedios estarían en 90,8% residuos reciclables y 9,2% no reciclables, siendo del primero 55,65% residuos orgánicos y 44,35% inorgánicos, apreciándose mucha diferencia con los promedios de la región y del mundo.

Los primeros promedios de residuos son confirmados en las investigaciones de Armijo, Ojeda, Ramírez, & Quintanilla (2006) y Ojeda, Armijo, & Ramírez (2002).

Es decir, una parte de la demanda de materia prima proveniente de residuos reciclados en el consumo final estaría sujeta a la restricción de la posibilidad de ser reutilizada o devuelta a un nuevo proceso productivo que se realiza en el consumo intermedio. En este sentido la demanda de materia prima secundaria proveniente de los residuos municipales estaría en función del nivel de consumo final, el posible ingreso de nuevos proyectos industriales intensivos en uso de materia prima secundaria, cambios en los gustos de los consumidores y la política gubernamental de reciclaje:

Donde $O_{RR} = D_{RR}$, está sujeta a las siguientes restricciones:

- $0 \geq O_{RR} \leq \bar{\kappa}_{RRO} + \bar{\kappa}_{RRI}$
- $D_{RR} = \bar{\kappa}_{RRO} + \bar{\kappa}_{RRI}$

La diferencia entre oferta y demanda da como resultado el déficit de materia prima secundaria por año:

$$Déficit_t^j = TAD_t^j - TAT_t^j \quad (35)$$

Donde:

- Déficit de toneladas tratadas en el año t por tipo de residuos j: $Déficit_t^j$
- Total de toneladas generadas en el año t por tipo de residuo j: TAD_t^j
- Total de toneladas tratadas en el año t por tipo de residuo j: TAT_t^j

La expresión (35) conforme lo expresado, permite planificar y proyectar los requerimientos de materia prima secundaria a ser insumida por la industria en los consumos intermedios.

b.- El Producto Interno Bruto medido desde la Producción

La estimación del PIB por el lado de la producción supone la cuantificación del PIB sectorial más los impuestos y los derechos de importación. La expresión (36) recoge los componentes del PIB:

$$PIB = Pb + Ci + Im p_1 \quad (36)$$

Donde las variables:

- Producción bruta Pb
- Consumo intermedio Ci
- Impuestos netos sobre productos $Im p_1$

Por su parte la generación de residuos se realiza en los consumos intermedios provenientes de las industrias y los recursos naturales y por esta razón la desagregación de residuos corresponde a este ámbito:

$$PIB = Pb + Ci + \kappa_R + Im p_1 \quad (37)$$

Donde

- Componente de generación de residuos $Ci + \kappa_R$

En igual forma que la estimación del PIB por el lado del Gasto, los residuos son de dos clases reciclables y no reciclables peligrosos para el medio ambiente $\kappa_R = \kappa_{RR} + \kappa_{RP}$, de los primeros se extrae la materia prima secundaria que luego ingresará al proceso productivo y se convertirá en materia prima circular $\kappa_{RR} = mps_\theta + (\kappa_{RR} - mps_\theta)$.

En esta fase del proceso productivo, es donde se genera la mayor cantidad de residuos, aquí toman el nombre de residuos industriales y provienen de las industrias de los tres sectores de la economía. El mayor esfuerzo de reciclaje e incorporación de materia prima secundaria ocurrirá en esta fase, pudiendo ser de dos maneras:

1. La materia prima secundaria puede ser ingresada al proceso productivo sustituyendo a la materia prima virgen, sin incrementar la producción, generando solo un movimiento sobre la demanda agregada limpia; y,
2. El ingreso de materia prima secundaria puede ser incremental al nivel de consumo de materia prima y consecuentemente desplazar la producción a un nuevo equilibrio.

Sin importar el sector productivo donde ocurra el proceso de economía circular, siempre habrá un máximo de consumo y es posible como en cualquier industria también haya rendimientos crecientes y decrecientes y talvez los empresarios pueden presentar resistencia a la absorción total de la materia prima secundaria.

c.- El Producto Interno Bruto medido desde el Ingreso

La cuantificación del PIB desde el ingreso supone la sumatoria del ingreso generado por las remuneraciones pagadas, el excedente de explotación, los impuestos sobre la producción e importación y el ingreso mixto. La ecuación (38) recoge el método:

$$PIB = Re + Im p_2 + EBE + Ym \quad (38)$$

Donde los parámetros:

- Remuneraciones pagadas Re
- Impuestos sobre la producción e importaciones $Im p_2$
- Excedente bruto de explotación EBE
- Ingreso mixto Ym

Dado que los componentes para estimación del PIB por el ingreso no están relacionados con el proceso productivo o el consumo y más bien son el resultado de la distribución primaria y secundaria del ingreso, la desagregación de los efectos de la economía circular es compleja, por esta razón sus impactos son visibles en las remuneraciones, impuestos y el EBE, veamos:

$$PIB_{\theta} = Re_{\theta} + Im p_{2\theta} + EBE_{\theta} + Ym \quad (39)$$

La ecuación (39) muestra los efectos de la circularidad sobre los ingresos.

Conforme las estimaciones del PIB medido por las tres alternativas se pueden apreciar que todo producto o servicio involucra generación de residuos en sus fases de producción, consumo e ingreso y que si es posible observar su dinámica en la MIP y MCS.

- Gasto: $DA = \bar{A} + \bar{\kappa}_R - rh + c(1-t)Y$
- Producción: $PIB = Pb + Ci + \kappa_R + Im p_1$
- Ingreso: $PIB_{\theta} = Re_{\theta} + Im p_{2\theta} + EBE_{\theta} + Ym$

1.4. Método de valoración económica de materia prima secundaria

Una vez que se conoce la generación total por tipo de residuos con posibilidad de reciclaje expresado en toneladas es posible determinar el valor por kilogramo de cada tipo de materia prima secundaria y luego transformarlo a toneladas. De acuerdo a Acoplásticos 2020 de Colombia el precio de la materia prima secundaria estaría en función del grado de desarrollo de los mercados de materias primas recicladas y el crecimiento de la demanda de productos terminados en base a materia prima secundaria. Por otro lado los investigadores Gutamba y Ramírez (2016) consideran que el precio de cada tonelada de residuo reciclado está en función del Costo de Recolección, Clasificación y Operación más un margen de ganancia, siendo esta metodología la más aceptada y coherente con la formación de precios.

En varios países de la región latinoamericana se indentificó que los precios promedios de las materias primas secundarias se forma en función de la cantidad de prestadores que

proporcionan información a la autoridad reguladora sobre los precios que se alcanzan en el mercado de reciclaje. Aunque ningún infomante menciona la metodología de formación de los tres costos mencionados por Gutamba y Ramírez (2016) quizá por el grado de informalidad con el cual se realiza el reciclaje y venta de materias primas. Por su parte el Ministerio de Ambiente del Ecuador considera que a más de lo mencionado, la formación de los precios también estaría en función de la calidad del producto, la dinámica económica, la heterogeneidad de los precios y las condiciones del mercado.

Conforme el Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas (2008) y el Sistema de Contabilidad Ambiental Económica de Naciones Unidas (2012), la medición monetaria de la materia prima reciclable es posible realizarla dado que tiene un mercado, por esta razón la expresión (40) recoge los criterios expuestos y de mayor aceptación en el mercado de reciclaje:

$$PVP_{ton} = CR + CO + CC + r \quad (40)$$

Donde:

- Precio de venta: PVP_{ton}
- Costo de Recolección: CR
- Costo de Operación: CO
- Costo de Clasificación: CC
- Margen de Ganancia: r

Tabla.2 Rangos de costo acorde al criterio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria

Indicadores de gestión	Rango aceptable	Observación
Costo de Recolección	USD 25 A 40/ ton	Rango CEPIS
Costo de Operación	>0.7	Rango CEPIS
Costo de Clasificación		Nuevo
Margen de Ganancia	>12%	Nuevo

Fuente: (Gutamba & Ramírez, 2016)

La tabla 2 muestra los rangos aceptables de los costos que los proyectos de reciclaje deben alinearse y tratar de producir en este escenario dado. Este proceso tiene un fin macrocontable en la medida que permita monetariamente incorporar la materia prima secundaria a la matriz insumo producto.

Para la contabilización del valor de los residuos no reciclables es posible partir del costo que se paga por recolección y traslado de residuos a su destino final, aunque existe abundante bibliografía para la determinación de precios de externalidades negativas según su tipología, tema que no se revisará en este artículo por corresponder a otro tipo de investigación.

Con el análisis efectuado hasta aquí, se puede asegurar que la demanda total de materia prima secundaria es posible ingresarla a la contabilidad de la demanda agregada y a la producción en términos de precios y de esta manera establecer las nuevas ecuaciones desagregado el componente de absorción doméstica y los residuos orgánicos e inorgánicos reciclables:

Gasto

- $DA = \bar{A} - rh + c(1-t)Y + \bar{\kappa}_{RR} + \bar{\kappa}_{RP}$
- $DA = \bar{A} - rh + c(1-t)Y + \bar{\kappa}_{RO} + \bar{\kappa}_{RI} + \bar{\kappa}_{RP}$

Producción

- $PIB = Pb + Ci + \text{Im } p_1 + \kappa_{RR} + \kappa_{RP}$
- $PIB = Pb + Ci + \text{Im } p_1 + \kappa_{RO} + \kappa_{RI} + \kappa_{RP}$

Despejando $\bar{\kappa}_{RR}$ de la expresión del gasto tenemos el multiplicador de los residuos reciclables

$\frac{1}{(\kappa_{RO} + \kappa_{RI})}$ y expresando la demanda agregada se tiene:

$$\bar{\kappa}_{RR} = \frac{1}{(\kappa_{RO} + \kappa_{RI})} \left[DA - \bar{A} + rh - c(1-t)Y - \bar{\kappa}_{RP} \right] \quad (41)$$

Ahora, dividiendo toda la expresión (41) para Y y reemplazando el multiplicador por teta,

$\theta = \frac{1}{(\kappa_{RO} + \kappa_{RI})}$ se tiene:

$$\frac{\Delta \bar{\kappa}_{RR}}{Y} = \theta \frac{\left[DA - \bar{A} + rh - c(1-t)Y - \bar{\kappa}_{RP} \right]}{Y}$$

Donde sus términos representan a:

- Tasa de crecimiento de los residuos reciclables en función de la producción: $\frac{\Delta \bar{\kappa}_{RR}}{Y}$
- Porción de demanda agregada en función de la producción $\frac{\left[DA - \bar{A} + rh - c(1-t)Y - \bar{\kappa}_{RP} \right]}{Y}$

Ahora bien, tomando en cuenta que los residuos totales se pueden expresar en: $\bar{\kappa}_T = \bar{\kappa}_{RR} + \bar{\kappa}_{RP}$

y que los residuos reciclables $\bar{\kappa}_{RR} = \bar{\kappa}_{RO} + \bar{\kappa}_{RI}$ entonces es lógico suponer que los residuos totales clasificados por tipo son iguales a los residuos de los generadores, en términos totales:

$$\bar{\kappa}_T (\kappa_{RI} + \kappa_{RO} + \kappa_{RP}) = (\bar{\kappa}_C + \bar{\kappa}_G + \bar{\kappa}_I)_t$$

La expresión anterior permite inferir que siempre habrá un componente de residuos no recuperables y que formarán parte de los residuos peligrosos o dañinos para el medio ambiente (André & Cerdá, 2006). A diferencia, los residuos que son reciclables pueden convertirse en materia prima secundaria y la cantidad generada estar acorde a las demandas de los sectores productivos, siendo así, potencialmente toda la materia prima secundaria podría transformarse en nuevos productos destinados al consumo (C, G, I, X) .

Conforme este comportamiento productivo los bienes y servicios y la formación bruta de capital podrían estar producidos combinadamente entre materia prima virgen y materia prima secundaria, con capacidad nuevamente de reproducir de forma incremental la generación de residuos reciclables y no reciclables.

Entonces, la demanda agregada sería la sumatoria consolidada de la nueva producción más sus residuos, cuyo entramado productivo se alinea con el enfoque de economía circular, por esta razón bien se podría denominar a la expresión (42) Demanda Agregada Circular:

$$DA_{\theta_{t+1}} = \bar{C}_{T\theta_{t+1}} + \bar{G}_{T\theta_{t+1}} + \bar{I}_{T\theta_{t+1}} + \Delta\bar{\kappa}_{t+1} + \Delta\bar{\kappa}_{RP_t} \quad (42)$$

El término T significan que la variable está expresada en totales (sumatoria del consumo de bienes y servicios y la formación bruta de capital); θ teta representa la inclusión de materia prima secundaria en los bienes y servicios finales; $\Delta\bar{\kappa}_{t+1}$ es la nueva producción de residuos tanto reciclables y no reciclables y $\Delta\bar{\kappa}_{RP_t}$ son los residuos no reciclables, peligros o dañinos determinados en el proceso de reciclaje anterior.

Sobre la base del análisis hasta ahora presentado, la ecuación (43) representa la Demanda Agregada de Economía Circular libre de residuos:

$$DA_{\theta_{t+1}} = \bar{A}_{\theta_{t+1}} + \bar{\kappa}_{RR_{t+1}} - \bar{\kappa}_{RP_{t+1}} - rh_{t+1} + c_{\theta}(1-t)Y_{\theta_{t+1}} \quad (43)$$

Cada término de la expresión que incluye teta corresponde a la consolidación del consumo y gastos en bienes y servicios producidos con materia prima virgen y secundaria. Cada término del lado derecho incluye teta θ y representa la capacidad de absorción realizada en el consumo, gasto y producción de materia prima virgen y secundaria vía B/S o FBK.

A continuación se presenta gráficamente el análisis expuesto:

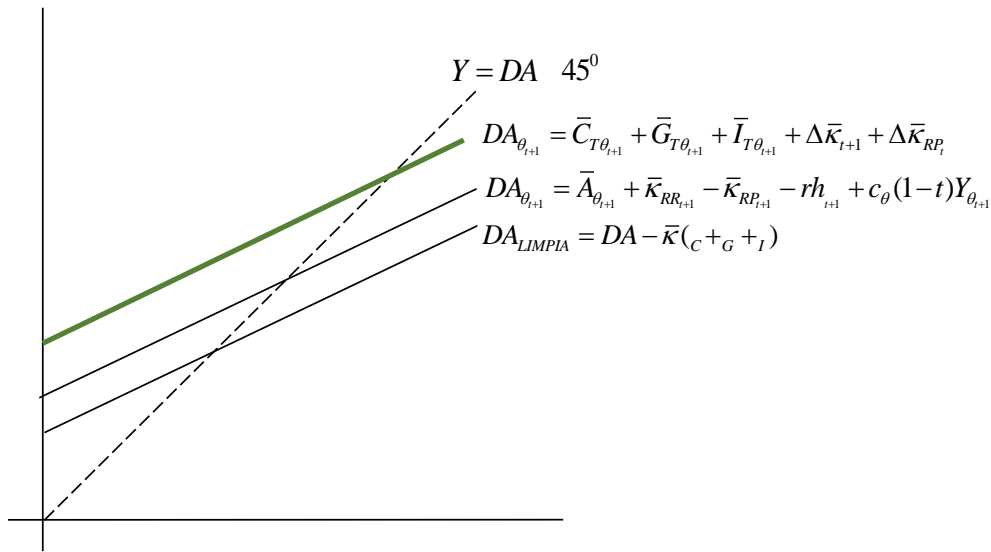


Figura 2 Presentación de la Demanda Agregada Circular y la DA libre de residuos peligrosos.

La figura 2 recoge las tres demandas en sus diferentes dimensiones de demanda agregada: circular, libre de residuos y limpia.

La figura 3 muestra la circularidad de la demanda agregada analizada en 4 escenarios:

Escenario 1.- corresponde al proceso de visualización de los 3 tipos de demanda agregada y las áreas de residuos no reciclables o peligrosos para el medio ambiente y residuos reciclables.

Escenario 2.- representa el proceso de separación de los residuos reciclables y no reciclables conforme las necesidades de demanda de materias primas secundarias. Aunque en un inicio la demanda de MPS que se insume en el proceso productivo es marginal y por esta razón es lógico suponer que mientras no haya absorción total de materia prima reciclada siempre quedará en stock un margen de residuos no aprovechados.

Escenario 3.- es el mercado de materias primas secundarias, donde se forman los precios y transan los diferentes tipos de materias primas secundarias. En este mercado se ofertan solo las cantidades de materia prima secundaria que requiere la industria, es decir no hay acumulación de existencias y todo lo que se recicla se transfiere a la industria en forma de materia prima secundaria.

Escenario 4.- representa la transferencia y transformación de materia prima secundaria en bienes y servicios y formación bruta de capital. En esta fase el productor somete la materia prima al proceso productivo, incorpora valor agregado, paga salarios, impuestos y genera riqueza.

Todo su inventario de productos terminados los coloca en el mercado para que se comercialicen entre las familias, gobierno, empresas y exportación, pero no se observa incrementos de producción dado que el proceso productivo fue realizado con una combinación de materias primas vírgenes y secundarias. Cuando la materia prima secundaria ingresa al proceso

productivo automáticamente se convierte en consumos de materia prima, es esta fase no hay distinciones de materiales e insumos y solo se espera el producto terminado cuya homogeneidad permitirá afirmar que se ha generado un proceso de economía circular.

La línea entrecortada que rodea los cuatro planos representa la circularidad de la economía y las flechas cafés la transformación y producción de nuevos bienes que se incorporan a la oferta y son demandados para C, G, I, X consumo interno y externo. En este escenario final de retorno a la demanda agregada, también se demuestra que no hay incrementos adicionales de demanda de bienes y servicios y formación bruta de capital, solo se aprecia movimientos sobre la demanda. Si hubiera un desplazamiento de la demanda hacia arriba sería por la incorporación de proyectos intensivos en consumo de materia prima secundaria ligados a innovación y desarrollo.

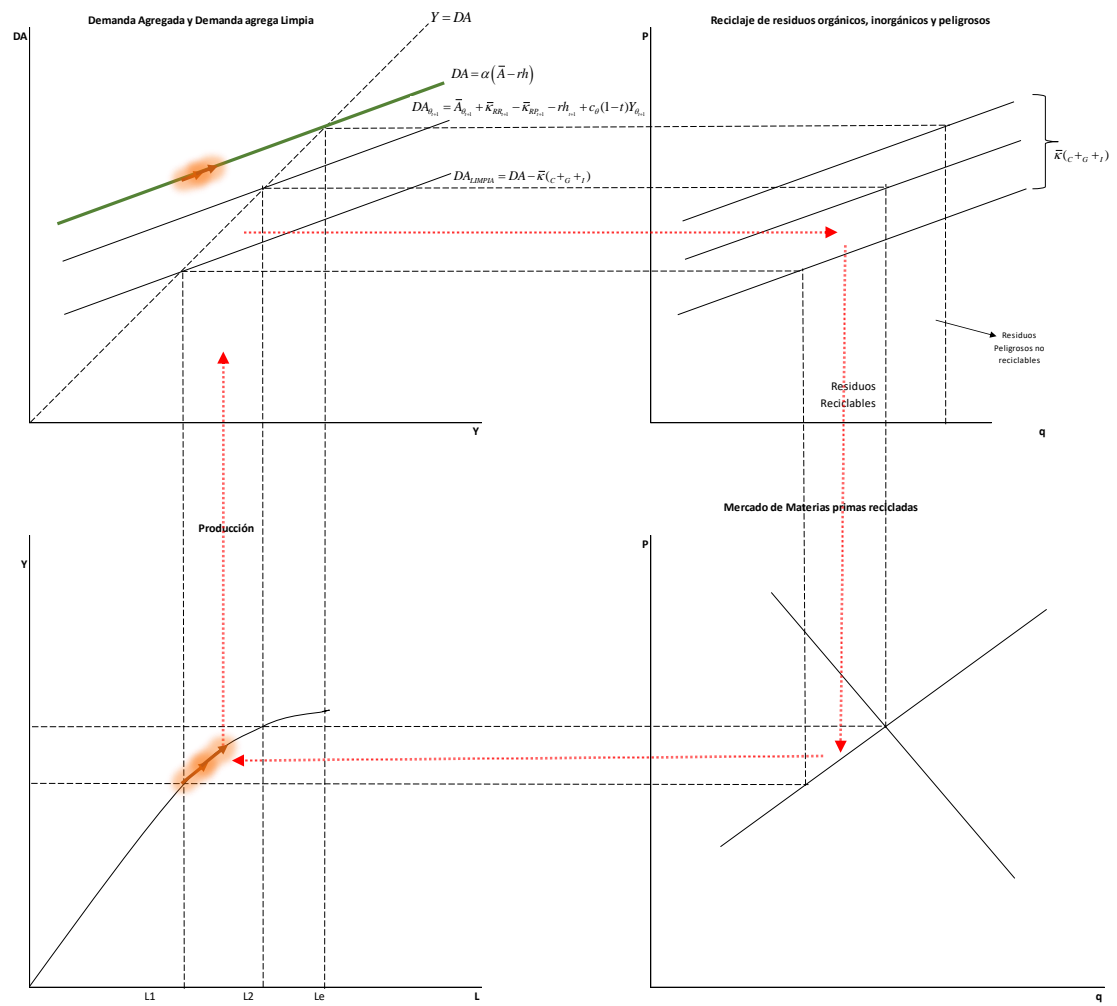


Figura 3 Circularidad de la Demanda Agregada y materia prima secundaria.

Finalmente, es posible advertir la presencia de un punto máximo de reciclaje y transformación de materia prima secundaria, cuya oferta está limitado por sus fuentes de generación y el ingreso de las familias, gobierno, empresas y exportaciones.

1.5. Propuesta Metodológica para la integración de materia prima secundaria en la Matriz Insumo Producto.

Hasta ahora se ha realizado una demostración teórica, algebraica y gráfica de la existencia de los residuos como parte fundamental y constitutiva de la producción y consumo de bienes y servicios. Se ha confirmado la presencia del multiplicador de los residuos en función de sus fuentes generadoras y se presentó teórica y algebraicamente la posibilidad que existan la demanda limpia y la demanda circular libre de residuos, cuyas estimaciones decantan en la Demanda Agregada Neoclásica. Además de exponer el proceso de formación de los precios de recolección de la basura y de la materia prima secundaria.

Con base en el análisis presentado, la propuesta metodológica de ingreso a la matriz insumo producto de los Residuos Reciclables, Residuos no Reciclables, Demanda limpia, oferta y Utilización de materia prima secundaria, se basa en el modelo matemático dinámico desarrollado por Leontief, donde los supuestos originales que permiten operar el sistema de ecuaciones se mantienen y corresponde a:

- Coeficientes técnicos constantes;
- Cada sector produce un solo bien o servicio, homogéneo;
- Cada producto o servicio es producido por un solo sector; y,
- Cada sector opera bajo rendimientos constantes a escala.

Cuya dinámica se introduce por el lado del consumo intermedio y la demanda final, asegurando la consistencia entre las transacciones realizadas con los diferentes agentes de la economía (Perdomo, 2004) y (Bohórquez, 2018).

El modelo propuesto incorpora nuevas hipótesis que permiten asegurar que se cumpla el flujo circular de la renta y el equilibrio macroeconómico de:

- Producción bruta: $Pb = VAB + Ci$; y,
- Utilización total a precios de productor:
$$Pb + I_{sp} + Subv_{sp} = Ci + GCFH + X + FBKF + GG + \Delta E + GCFISFLSH$$

Hipótesis del nuevo modelo:

- Las estimaciones mundiales de residuos, clasificación y porcentajes son representativos y constantes para todos los países del mundo;
- Las estimaciones mundiales de los residuos municipales e industriales guardan linealidad, son constantes y representativos para todos los países del mundo;

- La valoración de los residuos está realizada en base a los precios del mercado de reciclaje y costos de recolección; y,
- El valor de los residuos ingresa a la MIP en forma consolidada y no por fuente generadora.

El proceso de construcción de la MIP contempla cuatro fases y basa su implementación metodológica conforme las recomendaciones el Sistema de Cuentas Nacionales de la ONU SCN (2008), la Nota Metodológica para la elaboración del MCS del Banco Central del Ecuador BCE (2007) y los Tópicos sobre el modelo MIP de la CEPAL Schuschny (2005), cuyas apreciaciones macro y microeconómicas son semejantes y se alinean al sistema de cuentas nacionales.

Fase 1.- En la en la matriz de consumos intermedios, a partir de los flujos intersectoriales de ingresos y gastos se inserta cuatro filas y cuatro columnas que contendrá la información respecto a: Residuos reciclables, Residuos no reciclables, Materia Prima circular y Consumo intermedio limpio y estará asegurada la invertibilidad de la matriz. Luego, se ingresará cuatro columnas en la matriz de consumo final para recoger información sobre los residuos y reciclaje que se genera en esta área. El esquema matricial (44) descrito queda representada de la siguiente manera:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc}
 & X_1 & X_2 & X_3 & \kappa_R & mps & \sum Ci & C_f & G_g & FBKF & NX & \sum DF & \sum UT \\
 X_1 & X_{11} + & X_{12} + & X_{13} + & \kappa_{R1} + & mps_1 = & \sum Ci_1 & C_{f11} + & & FBKF_{13} + & NX_{14} = & \sum DF_1 & \sum UT_1 \\
 X_2 & X_{21} + & X_{22} + & X_{23} + & \kappa_{R2} + & mps_2 = & \sum Ci_2 & C_{f21} + & & FBKF_{23} + & NX_{24} = & \sum DF_2 & \sum UT_2 \\
 X_3 & X_{31} + & X_{32} + & X_{33} + & \kappa_{R3} + & mps_3 = & \sum Ci_3 & C_{f31} + & G_{g32} & FBKF_{33} + & NX_{34} = & \sum DF_3 & \sum UT_3 \\
 \kappa_R & & & & \sum \kappa_R & & \sum \kappa_R & \kappa_{Rf} & \kappa_{Rg} & \kappa_{Rfbif} & & \sum \kappa_R & \sum \kappa_{RT} \\
 mps & & & & & \sum mps & \sum mps & mps_f + & mps_g + & mps_{fbif} & & \sum mps & \sum mpsT \\
 \sum Ci & \sum Ci_1 + & \sum Ci_2 + & \sum Ci_3 + & \sum \kappa_R + & \sum mps = & \sum Ci & \sum C_f & \sum G_g & \sum FBKF & \sum NX & \sum DF & \sum UT
 \end{array}$$

Donde:

- X_1 Sector primario
- X_2 Sector secundario
- X_3 Sector terciario
- κ_R Residuos
- mps Materia prima seciundaria
- $\sum Ci$ Sumatoria de consumos intermedios
- $\sum mps$ Sumatoria de materia prima secundaria
- C_f Consumo de las familias
- G_g Gasto del gobierno
- $FBKF$ Formación bruta de capital fijo
- NX Exportaciones netas
- $\sum DF$ Sumatoria de la demanda final
- $\sum UT$ Utilización total

Este proceso es necesario siempre y cuando el volumen de materia prima demandada por la industria en el consumo intermedio pase a formar parte no incremental y mantengan el mismo volumen de producción, caso contrario, se deberá sumar al valor de la materia prima y esperar un mayor nivel de producción.

Fase 4.- Para la evaluación de la política de gestión de residuos sólidos se aplicó la dinámica por el lado de la demanda final, alineando el comportamiento histórico del gasto del gobierno y el consumo de los hogares a través de un modelo econométrico, aunque la dinámica podría provenir del comportamiento de cualquier variable de la demanda final.

Las expresiones utilizadas en la modelación de la MIP que permiten asegurar el cumplimiento del flujo circular de la renta y el equilibrio se basa en dos condiciones de consistencia macroeconómica:

Primera condición

Producción Bruta:

$$Pb = VAB + Ci \quad (46)$$

Donde:

- *Pb* Producción bruta
- *VAB* Valor agregado bruto
- *Ci* Consumo intermedio

El valor del consumo intermedio es la sumatoria del:

$$Ci = Ci_L + \kappa_{RR} + \kappa_{RP} + mps \quad (47)$$

Donde:

- *Ci* Consumo intermedio
- *Ci_L* Consumo intermedio limpio
- κ_{RR} Residuos reciclables
- κ_{RP} Residuos no reciclables peligros para el medio ambiente
- *mps* Materia prima secundaria

El consumo intermedio limpio es la sumatoria de los consumo intermedios sectoriales menos los residuos que generan en el proceso.

$$Ci_{Limpio} = Ci_{sectorial} - \kappa_{RR} - \kappa_{RP} \quad (48)$$

Donde:

- *Ci_{Limpio}* Consumo intermedio limpio
- *Ci_{sectorial}* Consumo intermedio sectorial
- κ_{RR} Residuos reciclables
- κ_{RP} Residuos no reciclables peligros para el medio ambiente

Siguiendo con la ecuación (46), se puede apreciar que la producción bruta es la sumatoria agregada del valor agregado y la realización de los consumo intermedios.

Pero el valor agregado bruto VAB también se puede estimar de la siguiente manera:

$$VAB = Re + EBE + IngMixto + Isprod \quad (49)$$

Donde:

- *Re* Remuneraciones pagadas
- *EBE* Excedente bruto de explotación
- *IngMixto* Ingreso mixto
- *Isprod* Impuestos netos sobre productos

La expresión (49) muestra la retribución al capital, trabajo y el pago de impuestos sobre la producción al gobierno.

Segunda condición

Utilización total a precios de productor:

$$Pb + I_{sp} + Subv_{sp} = Ci + GCFH + GCFISFLSH + X + FBKF + GG + \Delta E \quad (49)$$

Donde:

- *Pb* Producción bruta
- *I_{sp}* Impuestos sobre los productos
- *Subv_{sp}* Total de subvenciones sobre los productos nacionales e importados
- *Ci* Consumo intermedio
- *GCFH* Gasto de consumo final de los hogares
- *X* Exportaciones
- *FBKF* Formación Bruta de capital fijo
- *GG* Gasto de consumo final del gobierno
- *ΔE* Variación de existencias
- *GCFISFLSH* Gasto de consumo final de las instituciones sin fines de lucro al servicio de los hogares.

La expresión (49) muestra el equilibrio económico a precios de productor, cuya condición es necesaria para asegurar la consistencia macroeconómica, e intrínsecamente también corresponde al equilibrio de la oferta y demanda agregadas $O_{Ag} = D_{Ag}$.

La expresión (49) también puede estimarse de la siguiente manera:

$$Pb + I_{sp} + Subv_{sp} = Ci + DF_{Limpia} + \kappa_{RR} + \kappa_{RP} + mps \quad (50)$$

Las expresiones (49) y (50) muestran el equilibrio entre la oferta y demanda, pero la (50) demuestra la existencia de la demanda limpia y los residuos desagregados.

$$DF_{Limpia} = GCFH + GCFISFLSH + X + FBKF + GG + \Delta E - \kappa_{RR} - \kappa_{RP} \quad (51)$$

La demanda final limpia es la expresión que recoge el valor ambiental ideal, es la venta de bienes y servicios finales sin ningún tipo de residuos.

La materia prima secundaria aparece en los dos lados de las matrices de consumo intermedio y demanda final, este aspecto obedece a que el reciclaje sale del consumo final e ingresa al consumo intermedio, con signo negativo sale de la demanda final y con positivo ingresa al consumo intermedio.

Como se puede observar, la inclusión de los residuos y la materia prima secundaria guarda coherencia con la estructura y metodología de estimación de los agregados de la Matriz Insumo Producto, sin interferir o generar cambios erróneos que pudieran desequilibrar o alterar la consistencia macroeconómica necesaria.

1.6. Discusión

Este artículo se dedicó a la elaboración de una metodología que permita la incorporación de la matriz de residuos y materia prima secundaria en la Matriz Insumo Producto con visión Matriz de Contabilidad Social, guardando coherencia teórica entre los equilibrios, la consistencia macroeconómica y la generación de residuos. Utilizó como marco de referencia la demanda efectiva de Michal Kalecki y la metodología matricial cuadrada de la contabilidad social para representar las transacciones del sistema económico y las interconexiones que ocurren con los diferentes actores económicos.

El análisis del consumo, se basó en la demanda efectiva de Kalecki y en este marco se realizó un estudio minucioso a las tres formas de medición del Producto Interno Bruto, en especial la demanda agregada desde sus componentes y de forma desagregada la generación de residuos. Durante este estudio se apreció que los bienes y servicios finales y de consumo intermedio todos generan residuos y el volumen depende de la intensidad de la actividad económica, el ingreso per cápita y el nivel de consumo manifestado en la propensión marginal.

Sobre la base del marco teórico analizado se apreció que era posible exista el multiplicador de generación de residuos subordinado al multiplicador keynesiano y que afecte a todos los componentes de la demanda final, consumo intermedio y a los parámetros del ingreso. Durante el análisis se determinó que eventualmente era probable exista la curva de demanda agregada limpia, cuyo resultado proviene de la resta de los residuos totales a la demanda agregada Neoclásica. Este aspecto permitió definir el valor de la demanda y consumo final que no afecta al medio ambiente en el cual está incluido el hombre.

Un aspecto relevante es el desglose del parámetro que contiene los materiales reciclados y que más adelante se convierten en materia prima secundaria. Variable que está en función de la

demanda de materia prima secundaria por parte de las industrias y su tasa de crecimiento y circularidad dependen de la dinámica de la actividad económica; también se incluyó la revisión y comprensión del área que existe entre la demanda libre de residuos y la demanda agregada neoclásica, cuya distancia se le adjudicó a los residuos no reciclables peligrosos para el medio ambiente, mientras más amplia sea esta denotará menor circularidad o caso contrario el incremento de la misma.

Seguidamente, se revisó la matriz insumo producto desde el enfoque dinámico econométrico del lado de la demanda final. El formato y metodología sugerida corresponde a Leontief, aunque para la inclusión del comportamiento de los residuos y la materia prima secundaria se propuso insertar cuatro columnas y cuatro filas en la matriz de consumo intermedio y otras cuatro filas en la matriz de demanda final, de esta manera se garantizó la invertibilidad de la matriz y la estimación y evaluación del consumo intermedio y demás componentes de la matriz de contabilidad social.

Para las estimaciones de los residuos del consumo intermedio y demanda final la propuesta utilizó los promedios porcentuales sectoriales de residuos industriales y municipales consolidados por el Departamento de Ambiente de la Organización de las Naciones Unidas, aunque es oportuno mencionar que todos los países poseen esta información de forma actualizada y desglosada sobre la generación de residuos. Los datos utilizados para el análisis de consistencia macroeconómica permitieron comprobar y corroborar los promedios del PNUMA.

Con la información porcentual de generación de residuos sectoriales se pudo cuantificar por fila el valor total del consumo intermedio y por columna para el caso de la demanda final, pero no intra sectorial o industria por industria. Con la información estadística disponible no es posible realizar este tipo de análisis más minuciosos, dado que el procedimiento utilizado es lineal y no se dispone de información estadística desglosada sobre generación de residuos industria por industria, de manera que se pueda corroborar los datos que se generan en la matriz de residuos del consumo intermedio y demanda final.

En esta investigación se propone dos formas de cuantificar el precio de los residuos, la primera corresponde al costo que cobran las empresas encargadas de recoger y trasladar los residuos al cubeto de GIRS y la segunda alternativa es la valoración de los residuos a precios de mercado. Por disponibilidad de información actualizada y modus operandi de las empresas recolectoras de residuos la primera alternativa es la mejor opción. En este análisis de formación de precios no se incluyó externalidades positivas o negativas, sino más bien se ponderó el precio de recolección municipal por tonelada. Aunque en este aspecto aún queda mucho por investigar. En gestión de residuos sólidos el precio de recolección de residuos por tonelada es el costo de oportunidad más cercano a la realidad que se tiene.

Conforme el análisis algebraico y la descomposición de la demanda agregada en sus agregados, se apreció que cuando la materia prima secundaria es reutilizada o devuelta a un nuevo proceso productivo esta puede tener dos alternativas de uso, la primera opción productiva es la capacidad de absorción y combinación entre la materia prima virgen y secundaria y producir un

mismo nivel de oferta; la segunda opción, la materia prima virgen y secundaria pueden combinarse en sumatoria e incrementar el volumen de producción.

Las dos alternativas tienen efectos diferentes, en el primer caso solo se produce un movimiento a lo largo de la curva de oferta y demanda y en el segundo caso al incrementarse la producción se desplaza la oferta y demanda hacia un nuevo punto de equilibrio.

Cabe señalar que, al interior de las empresas, la incorporación de la materia prima secundaria al proceso productivo muy probablemente genere una disminución del beneficio empresarial y el tope de rendimientos crecientes concluya en un máximo del tipo curva de Laffer y en este sentido es posible que en la siguiente unidad de producción pudiera generar rendimientos decrecientes. Por esta razón lo más conveniente para el destino y consumo de materia prima secundaria sea para abastecer de materia prima para procesos productivos de innovación.

Una vez que se ingresó el componente de residuos a la matriz insumo producto con visión MCS y con el fin de garantizar la visualización de los residuos, materia prima secundaria, el equilibrio y la consistencia macroeconómica se aseguró el cumplimiento de dos condiciones: la primera, que exista equilibrio entre el valor total de la **Producción Bruta** $Pb = VAB + Ci$ y la sumatoria del valor agregado y los consumos intermedios. Pero el consumo intermedio también es la sumatoria del consumo intermedio limpio Ci_{Limpio} más los residuos y la materia prima secundaria $Ci = Ci_L + \kappa_{RR} + \kappa_{RP} + mps$ y el consumo intermedio limpio Ci_{Limpio} es la sumatoria de los consumos intermedios sectoriales menos los residuos que se generan en el proceso productivo: $Ci_{Limpio} = Ci_{sectorial} - \kappa_{RR} - \kappa_{RP}$.

La segunda condición a cumplir es que la **Utilización Total a precios de productor** debe mantener equilibrio con el saldo de la producción bruta, Impuestos sobre los productos y el Total de subvenciones sobre los productos nacionales e importados:

$$Pb + I_{sp} + Subv_{sp} = Ci + GCFH + GCFISFLSH + X + FBKF + GG + \Delta E .$$

Sin embargo, la intención de la presente investigación es que se muestre la circularidad de los residuos en la actividad económica, por esa razón la expresión:

$Pb + I_{sp} + Subv_{sp} = Ci + DF_{Limpia} + \kappa_{RR} + \kappa_{RP} + mps$ también permite mantener el equilibrio entre la oferta y demanda agregada $O_{Ag} = D_{Ag}$ y mostrar la existencia de la demanda limpia, cuya expresión recoge el valor de la producción ambientalmente ideal, es decir sin residuos.

Lo supuestos sobre residuos utilizados para el análisis de la MIP con visión MCS por el momento son restrictivos, aunque en lo posterior sea necesario recoger información más especializada conforme los flujos sectoriales que ocurren en forma horizontal y vertical en la MIP.

En general, esta propuesta puede traer desarrollo y conclusiones útiles para la evaluación de la política pública de gestión de residuos sólidos y fundamentalmente para la protección del

ambiente y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. A pesar de ser un estudio que recién inicia desde esta línea de investigación, pueden abrirse nuevas líneas de investigación que apunten los resultados por ahora identificados en este artículo.

1.7. Conclusiones

A lo largo de este estudio se ha utilizado la descomposición de las matrices de MCS y la MIP mediante desagregación de los agregados macroeconómicos, separación de los residuos netos y de la materia prima secundaria, con esta información se construyó la metodología para incorporación y visualización de los residuos y materia prima secundaria en el flujo sectorial de la MIP con visión MCS, cumpliendo de esta manera el objetivo de la presente investigación.

Impactos sobre la demanda

Sobre la base teórica de la demanda agregada de Kalecki se examinó los agregados que permiten la estimación del PIB por las tres formas. Los resultados obtenidos tras analizar la demanda agregada se pudo concluir que es posible separar algebraicamente los residuos y materia prima secundaria de cada agregado, en este contexto se determinó la posible existencia del multiplicador de los residuos y la demanda limpia que permitiría comprender el desacople de las presiones ambientales directas e indirectas que afectan al ambiente originadas por los residuos.

Impactos sobre la oferta

Cuando la materia prima secundaria se fusiona con la materia prima virgen pierde su calidad y se convierte en un solo insumo productivo, en este contexto y de acuerdo al nivel de producción convenido por los empresarios será posible monitorear la reducción de consumo de materia prima virgen originada en la extracción y compra de materias primas vírgenes y observar el incremento y reutilización de materias primas secundarias y finalmente la disminución de los impactos que se generan sobre el consumo responsable o limpio.

Estas conclusiones, aunque inicialmente parecen sorprendentes, se debe ser cauteloso por la gran cantidad de supuestos utilizados en el proceso de incorporación de residuos y materia prima secundaria a la MIP y será necesario continuar trabajando e investigando en una metodología más completa que integre otros aspectos sobre generación de residuos sectoriales industria por industria de consumo intermedio y de demanda final.

1.8. Referencias

Bibliografía

Aguilar, Q., Armijo, C., & Taboada, P. (2010). Potencial de Recuperación de Residuos Sólidos Domésticos Dispuestos en un Relleno Sanitario. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 18-27.

- Alvarado, J., & Pinos, O. (2017). Estimación de Ingresos de la Población Ecuatoriana. Una Propuesta desde la Regresión Cunitílica. *CUESTIONES ECONÓMICAS*, 27(2:2), 173-199.
- André, F. J., & Cerdá, E. (2006). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: análisis económico y políticas públicas. *CUADERNOS ECONÓMICOS DE ICE(71)*, 71-91.
- Angel, A. (julio-agosto-septiembre de 1999). La Función Consumo: Síntesis y Perspectivas. *Universidad EAFIT*, 41-55.
- Armijo, C., Ojeda, S., Ramírez, E., & Quintanilla, A. (2006). Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería*, 10(3), 13-21.
- Banco Central del Ecuador. (2017). *Nota Metodológica para la Elaboración de la Matriz de Contabilidad Social (MCS) Periodo de Referencia 2007*. (Vol. 136). Quito: Banco Central del Ecuador.
- Banco Mundial. (2018). *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington DC: Library of Congress Cataloging-in-Publication.
- BCE. (Agosto de 2007). Nota Metodológica para la Elaboración de la Matriz de Contabilidad Social (MCS) Periodo de referencia 2007. *Cuadernos de Trabajo*, 136, 1-88.
- Bohórquez, P. (2018). *Incorporación de Externalidades en el Análisis Insumo Producto*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Camacho, I. (2009). *Políticas de Demanda Agregada Vs Políticas Focalizadas, Evaluación del Plan de Gobierno*. Quito: FLACSO sede Ecuador.
- Camelo, H. (2001). Ingresos y gastos de Consumo de los hogares en el marco del SCN y encuestas a Hogares. En D. d. Económicas, *Estudios Estadísticos y Prospectivos* (págs. 10-18). Santiago de Chile: CEPAL.
- Castillo, J. G., & Brborich, W. (2007). Los Factores Determinantes de las Condiciones de Pobreza en Ecuador: Análisis Empírico en base a la Pobreza por Consumo. (I. 2007, Ed.) *CUESTIONES ECONÓMICAS*, 23(2-2-3), 1-59.
- CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Publicación de las Naciones Unidas.
- Chisari, O., Maquieyra, J., & Miller, S. (2012). *Manual sobre Modelos de Equilibrio General para Economías de LAC con énfasis en el Análisis Económico del Cambio Climático*. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cicowicz, M., & Di Gresia, L. (agosto de 2004). Equilibrio General Computado: Descripción de la Metodología. *Trabajo Docente(7)*, 3-6.
- Comisión Europea, E. (20 de Diciembre de 2020). *Web site: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_es*. Obtenido de https://ec.europa.eu/clima/change/causes_es
- COTEC para la Innovación. (2017). *SITUACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN ESPAÑA*. Madrid: www.doscerebrados.com (David García Rincón).

- De Gregorio, J. (2012). *MACROECONOMÍA, Teoría y Políticas* (Vol. 2). Santiago de Chile: Pearson-Educación.
- Domínguez, C. (2004). *Determinantes de la Separación de Residuos Sólidos en la Fuente: la Evidencia en Bogotá*. Bogotá: Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- FOCIMIRS. (2017). Manual de Caracterización y Poyección de los Residuos Sólidos Municipales. *Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la República Dominicana*, 1-49.
- FORETICA. (2020). *INFORME DE FORETICA SOBRE LA MEDICIÓN DE LA ECONOMIA CIRCULAR*. Barcelona: <https://eco-circular.com/author/patricia/>.
- Gisbert Aguilar, P. (2007). *Decrecimiento: camino hacia la sostenibilidad*. Obtenido de https://base.socioeco.org/docs/pepa_decrecimiento.pdf.
- Gutamba, M., & Ramírez, T. (2016). *Desarrollo y Propuesta de un Sistema de Majeo de Residuos Reciclables en la Parroquia Molleturo, Cantón Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Hein, E., & Tarassow, A. (2008). Distribution, aggregate demand and productivity growth: theory and empirical results for six OECD countries based on a Post kaleckian Model. *Working Paper, 18*.
- Inversiones, D. d. (2013). *Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Sólidos*. Santiago de Chile: Ministerio de Desarrollo Social.
- Kalecky, M. (1933). *Outline of a Theory of the Business Cycle*. Cambridge: Selected Essays on the Dynamics of the Capitalist Economy .
- Keynes, J. M. (1954). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Londres: MacMillian.
- Líma Díaz, C., Vallés, J., & Cardenete, M. (2004). *Modelos Multisectoriales para la Evaluación de las Políticas Públicas: Análisis de Impacto de los Fondos Europeos Recibidos por la Economía Andaluza*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Loaiza , O. (julio-diciembre de 2012). LA DEMANDA AGREGADA Y LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO: UN ESTUDIO A PARTIR DE LOS MODELOS DE CRECIMIENTO KALECKIANOS. *Cuadernos de Economía, XXXI(58)*, 23-47.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2018). *Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*. Lima: MINAM.
- Montoya, A. F. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno ACTIVA(4)*, 67-72.
- Ojeda, S., Armijo, C., & Ramírez, E. (2002). Formal and informal recovery of recyclables in Mexicali, Mexico: handling alternatives. *Resources, Conservation and Recycling, 34(4)*, 273-288.
- ONU medio Ambiente, & Pon, J. (2019). *Instrumentos para la Implementación Efectiva y Coherente de la Dimensión Ambiental de la Agenda de Desarrollo*. San José, Costa Rica: ONU.

- Perdomo, Á. (2004). Modelo Insumo-Producto Dinámico. *Archivos de Economía*, 1-30.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (Agosto de 2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*(15).
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, Santiago.
- Rozas, P., & Ulloa, F. (2016). *Estimación de Demanda de Transportes Mediante Método Insumo Producto: Efectos en la Eficiencia de las Cadenas Logísticas de Chile*. Santiago de Chile: FLACSO.
- Runfola, J., & Gallardo, A. (II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos). *Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- SCAyE. (2012). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica*. Washington: Naciones Unidas.
- Schuschny, A. (2005). *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: Teoría y aplicaciones*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina.
- SCN. (2008). *Sistema de Cuentas Nacionales*. Santiago de Chile: Comisión de Estadística de las Naciones Unidas.
- Soliz, M., Durango, J., Solano, J., & Yépez, M. (2020). *Cartografía de los Residuos Sólidos en Ecuador 2020*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Solow, R. (1979). Un modelo de Crecimiento. *Economía del Crecimiento. Fondo de Cultura Económica*, 525.
- Sosa, J., Sabogal, J., & Missaglia, M. (2015). *Modelo de equilibrio general aplicado para la evaluación de política de cambio climático en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Taboada, P. A., Armijo, C., Aguilar, Q., Ojeda, S., & Aguilar, X. (2009). *Métodos para la Determinación de Generación de Residuos en Comunidades Rurales*. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Taylor, L. (2004). *Reconstructing Macroeconomics: Structuralist Proposals and Critiques of the Mainstream*. United States of América: Harvard University Press.
- Waste Atlas. (diciembre de 2020). <http://www.atlas.d-waste.com/>.
- Zafra Mejía, C. (Agosto de 2009). Metodología de Diseño para la Recogida de Residuos Sólidos Urbanos mediante Factores Punta de Generación: Sistemas de Caja Fija (SCF). *Ingeniería e Investigación*, 29(2), 119-126.