

8.



*La calidad académica,
un compromiso institucional*



Sánchez-Muñoz, M. Giraldo, U.J.J & Ruíz, A. H.H. (2023). Sustentabilidad en las organizaciones del mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva (Colombia): un análisis desde la Dinámica de Sistemas. *Criterio Libre*, 21(38), e2610682
ISSN 1900-0642
ISSN elect. 2323-0886

Sustentabilidad en las organizaciones del mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva (Colombia): un análisis desde la Dinámica de Sistemas

*María Del Pilar Sánchez-Muñoz
José Jardani Giraldo Uribe
Héctor Hugo Ruíz Agudelo*

SUSTENTABILIDAD EN LAS ORGANIZACIONES DEL MERCADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS APROVECHABLES EN NEIVA (COLOMBIA): UN ANÁLISIS DESDE LA DINÁMICA DE SISTEMAS*

SUSTAINABILITY IN THE ORGANIZATIONS OF THE DOMESTIC SOLID WASTE MARKET IN NEIVA (COLOMBIA): A SYSTEMS DYNAMICS ANALYSIS

SUSTENTABILIDADE NAS ORGANIZAÇÕES DO MERCADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EM NEIVA (COLÔMBIA): UMA ANÁLISE A PARTIR DA DINÂMICA DE SISTEMAS

DURABILITÉ DES ORGANISATIONS DU MARCHÉ DES DÉCHETS SOLIDES DOMESTIQUES À NEIVA (COLOMBIE): UNE ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES SYSTÈMES

MARÍA DEL PILAR SÁNCHEZ-MUÑOZ[†]

JOSÉ JARDANI GIRALDO URIBE[‡]

HÉCTOR HUGO RUÍZ AGUDELO[§]

Fecha de recepción: 07 de febrero de 2023

Fecha de aprobación: 24 de abril de 2023

* Este artículo de investigación es resultado del proyecto No. 3450 "Modelo de Dinámica de Sistemas para el mercado de residuos sólidos aprovechables en el municipio de Neiva". Esta producción académica contó con financiación en tiempo y recursos financieros de la Universidad Surcolombiana, según Acta No. 21 del 07 de agosto de 2020.

[†] Economista, Universidad Católica de Colombia, Bogotá; magíster en Economía, Universidad Nacional de Colombia; doctora en Desarrollo Sostenible, Universidad de Manizales, Caldas, Colombia; docente a tiempo completo, Escuela Superior de Administración Pública (ESAP). Para la elaboración de este documento fueron asignadas horas del plan de trabajo (PTA) de la docente en la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP); investigadora del Grupo de Investigación Economía y Desarrollo Humano, Universidad de La Salle, Bogotá. mariap.sanchez@esap.edu.co. Orcid: 0000-0002-9325-9091.

[‡] Economista, Universidad Libre, Pereira, Colombia; magíster en Administración Económica y Financiera, Universidad Tecnológica de Pereira; doctor en Desarrollo Sostenible, Universidad de Manizales; docente a tiempo completo, Universidad Surcolombiana, Huila, Colombia; investigador, Grupo Iguaque. jose.giraldo@usco.edu.co. Orcid: 0000-0001-9198-6300.

[§] Administrador de empresas; especialista en Alta Gerencia; docente a tiempo completo, Universidad Surcolombiana, Huila; investigador, Grupo Iguaque. hector.ruiz@usco.edu.co. Orcid: 0000-0002-7790-6949.

Criterio Libre N.º 38
Bogotá (Colombia)
Enero-Junio
2023
e2610682
ISSN 1900-0642
ISSN electrónico
2323-0886

RESUMEN

Las organizaciones que interactúan en la gestión de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables, con el paso del tiempo se han visto expuestas a dificultades para transitar en la senda de la sustentabilidad. En este artículo se construye un modelo para la sustentabilidad del mercado de residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva, para simular dos escenarios de estrategias de intervención de política pública en un horizonte de 30 años, utilizando una metodología cualitativa mediante la Dinámica de Sistemas y la entrevista semiestructurada. Dentro de los resultados se destaca la necesidad de hacer que el precio funcione como mecanismo de interacción entre compradores y vendedores, pero con la necesaria regulación de precios por parte del Estado. Se concluye que las estrategias concentradas solo para afectar la oferta no son suficientes a largo plazo. También se requiere establecer, en forma simultánea, estrategias que incentiven la demanda, de tal manera que aumente la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje, mejore el ingreso de los recuperadores de oficio y se aporte al medio ambiente, al reducir la cantidad de residuos sólidos que van al Relleno Sanitario Los Ángeles, gracias a la economía circular adoptada por la industria que utiliza estos residuos como materia prima.

PALABRAS CLAVE:

estrategias de intervención pública; modelo de dinámica de sistemas; residuos sólidos domiciliarios aprovechables; sustentabilidad.

CLASIFICACIÓN JEL:

Q56, Q53, R15, Q58.

ABSTRACT

Organizations that interact in the management of reusable household solid waste, with the passage of time, are exposed to difficulties in walking on the path of sustainability. In this article, it builds a model for the sustainability of the usable household solid waste market in Neiva, Colombia, to simulate two scenarios of public policy intervention strategies, in a 30-year horizon, using a qualitative methodology through the Dynamics of Systems and the semi-structured interview. Among the results, the need to make the price work as a mechanism of interaction between buyers and sellers stands out, but with the necessary regulation of prices by the State. As conclusion, concentrated strategies only to affect supply are not enough in the long term. It is also necessary to establish, simultaneously, strategies that encourage demand, in such a way that the profitability of recycling organizations increase. It is also necessary to simultaneously establish strategies to stimulate demand in order to increase the profitability of recycling organizations, improve the income of waste pickers and contribute to the environment, by reducing the amount of solid waste that go to the Los Angeles Landfill, thanks to the circular economy adopted by the industry that uses this waste as raw material.

Keywords: public intervention strategies; sustainability; System Dynamics Model; usable household solid waste.

JEL Classification: Q56, Q53, R15, Q58.

RESUMO

As organizações que interagem na gestão dos resíduos sólidos domiciliares reaproveitáveis, com o passar do tempo, têm se exposto a dificuldades em trilhar o caminho da sustentabilidade. Neste artigo é construído um modelo para a sustentabilidade do mercado de resíduos sólidos domiciliares aproveitáveis do município de Neiva, Colômbia, para simular dois cenários de estratégias de intervenção de políticas públicas, em um horizonte de 30 anos, utilizando uma metodologia qualitativa por meio da Dinâmica de Sistemas e da entrevista semiestruturada. Dentre os resultados, destaca-se a necessidade de fazer o preço funcionar como um mecanismo de interação entre compradores e vendedores, mas com a necessária regulação de preços pelo Estado. Conclui-se que estratégias concentradas apenas para afetar a oferta não são suficientes no longo prazo. Também é preciso estabelecer, simultaneamente, estratégias que estimulem a demanda, de forma que aumente a lucratividade dos recicladores, melhore a renda dos recicladores por comércio e contribua com o meio ambiente, ao reduzir a quantidade de resíduos sólidos o Aterro Sanitário de Los Angeles, graças à economia circular adotada pela indústria que utiliza esse resíduo como matéria-prima.

Palavras-chave: estratégias de intervenção pública; modelo de dinâmica de sistemas; resíduos sólidos domésticos aproveitáveis; sustentabilidade.

Classificação JEL: Q56, Q53, R15, Q58.

RÉSUMÉ

Au fil du temps, les organisations qui interagissent dans la gestion des déchets solides domestiques ont été confrontées à des difficultés pour évoluer vers la durabilité. Cet article construit un modèle pour la durabilité du marché des déchets solides domestiques à Neiva (Colombie) afin de simuler deux scénarios de stratégies d'intervention des politiques publiques sur un horizon de 30 ans, en utilisant une méthodologie qualitative par le biais de la dynamique des systèmes et d'entretiens semi-structurés. Les résultats soulignent la nécessité de faire fonctionner le prix comme un mécanisme d'interaction entre les acheteurs et les vendeurs, mais avec la nécessaire régulation des prix par l'État. Il est conclu que les stratégies axées uniquement sur l'offre ne sont pas suffisantes à long terme. Il est également nécessaire d'établir simultanément des stratégies qui stimulent la demande, afin d'augmenter la rentabilité des organisations de recyclage, d'améliorer le revenu des ramasseurs de déchets et de contribuer à l'environnement en réduisant la quantité de déchets solides destinés à la décharge de Los Angeles, grâce à l'économie circulaire adoptée par l'industrie qui utilise ces déchets comme matières premières.

Mots clés: déchets solides domestiques utilisables; durabilité; modèle de dynamique des systèmes; stratégies d'intervention publique.

Classification JEL: Q56, Q53, R15, Q58.

1. INTRODUCCIÓN

Las dinámicas actuales de producción y consumo han traído como consecuencia dificultades sobre la gestión de los residuos sólidos domiciliarios. Algunas ciudades en el mundo, entre ellas Neiva, han mostrado avances en la materia adoptando políticas de gestión de residuos y promulgando normatividad para la incorporación de los recuperadores al proceso de gestión y para la educación ambiental de los ciudadanos.

Dado que actualmente el mercado de residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva se desarrolla como un mercado oligopsónico para algunos tipos de residuos y monopsónico para otros, es necesario utilizar el precio como mecanismo de ajuste para que contribuya a su sustentabilidad. Así, dada la problemática que vive la ciudad en esta materia, la cual no es ajena al contexto nacional e internacional, se espera a mediano y largo plazos reducir la cantidad de residuos sólidos enviados al relleno, aumentar el aprovechamiento de los mismos, contrarrestar la segregación social y contribuir con la salud del ambiente.

En este artículo se construye un modelo para la sustentabilidad del mercado de residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva, en un horizonte de 30 años, utilizando una metodología cualitativa a través de la Dinámica de Sistemas y la entrevista semiestructurada, para simular dos escenarios de intervención de política pública, con el fin de poder establecer estrategias efectivas para el logro de los objetivos de sustentabilidad (Objetivo de Desarrollo Sostenible –ODS–12: Producción y consumo responsable) que se han planteado como el de la reducción de residuos que van al relleno sanitario y la inclusión de los recuperadores.

Siguiendo a Sterman (2000) y Redondo *et al.* (2018), se plantea una estructura organizacional de demanda y oferta que interactúa bajo el supuesto de libre mercado con intervención de precios por parte del Estado. Se examina diferentes estrategias que afectan tanto la demanda como la oferta para analizar la tendencia del sistema. Aquí se asume que la oferta corresponde a las organizaciones de recicladores, quienes adquieren el material potencialmente reutilizable de la generación de residuos por parte de los hogares. Además

se asume que la demanda de estos residuos la realizan las empresas que la utilizan como materia prima en los diferentes procesos de producción.

El modelo se alimenta de fuentes primarias y secundarias. Para el primer aspecto, se hacen entrevistas semiestructuradas a diferentes actores que son parte del mercado. La información secundaria se recolecta de fuentes como la Alcaldía de Neiva, el DANE, el Ministerio de Comercio Exterior y las organizaciones de reciclaje. Entre los limitantes para el desarrollo del modelo se encuentra la falta de información discriminada por tipo de residuo, dado que las entidades encargadas de su recolección tanto a nivel local como nacional registran el total de toneladas aprovechables sin hacer desagregación.

Se observa que las organizaciones inmersas en el mercado de residuos sólidos aprovechables en Neiva presentan características de la sustentabilidad débil, debido principalmente a dos factores: el primero, la naturaleza sigue siendo percibida desde una visión antropocéntrica, centrada en proveer las materias primas que el hombre requiere para satisfacer sus necesidades; tanto es así que el nivel de aprovechamiento de materiales potencialmente reutilizables es bajo en Neiva, en comparación con otras ciudades como Bogotá. El segundo factor, la institución que prima es el mercado y no la sociedad, lo que genera situaciones como el estímulo al uso del relleno sanitario (el operador de aseo es retribuido por la cantidad de toneladas depositadas en el mismo y no por la cantidad de toneladas recicladas) sin influir significativamente en aspectos que mejoren las condiciones de la calidad de vida de la comunidad.

El modelo desarrollado es relevante porque, en la actualidad, no se cuenta con un mecanismo que permita hacer un análisis tendencial de la implementación de las estrategias de intervención de política en el mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables para Neiva, de manera que se pueda señalar si estas son apropiadas para la tarea que se les ha impuesto y para transitar en la senda de la sustentabilidad.

El texto se encuentra dividido en 5 partes. La primera corresponde a esta introducción. En la segunda se desarrolla el marco referencial. En

la tercera se describe la metodología utilizada para la construcción del modelo de Dinámica de Sistemas. En la cuarta parte se presentan los resultados de la investigación y la discusión de los escenarios analizados. Finalmente, en la quinta parte se esbozan las conclusiones.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

De acuerdo con Gudynas (2004), se plantean tres dimensiones de sustentabilidad. La débil considera que el motor del desarrollo está relacionado con el crecimiento económico, por lo que el mercado es el mecanismo a través del cual se satisfacen las necesidades humanas. En este sentido, la naturaleza es percibida como un factor de producción, que se internaliza en el mercado para su uso antropocéntrico en la forma de servicios ambientales.

La sustentabilidad fuerte considera que:

el ingreso de la Naturaleza al mercado no es suficiente, y postula una crítica mayor a las posturas ortodoxas del progreso. Es una postura que profundiza un poco más su crítica al desarrollo convencional, y si bien acepta considerar la Naturaleza como una forma de Capital, defiende la necesidad de asegurar los componentes críticos de los ecosistemas (Gudynas, 2011, p. 80).

La tercera, la super-fuerte, plantea la importancia del Patrimonio Natural, el cual involucra dimensiones de la naturaleza tales como éticas, económicas, estéticas, sociales, culturales, ecológicas, religiosas, entre otras. Así, la naturaleza se debe mantener, conservar y preservar como legado para las generaciones futuras (O'Neill, 1993; Spangenberg y Settele, 2010).

La sustentabilidad en el mercado de residuos sólidos aprovechables se refiere a la capacidad de gestionar los residuos de manera que se reduzca su impacto ambiental negativo, mientras se maximizan los beneficios económicos y sociales, es decir, desde la visión de Gudynas se refiere a una sustentabilidad débil. La gestión sustentable de los residuos sólidos es esencial para lograr un desarrollo sustentable y para

alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por Naciones Unidas (Kibert, 2016; Gidigasú and Yigezu, 2019; Mishra and Tripathy, 2019).

Una de las principales estrategias para lograr la sustentabilidad en el mercado de residuos sólidos aprovechables es la implementación de programas de reciclaje y recuperación de materiales. Estos programas buscan aumentar la tasa de reciclaje de los residuos, ya sea a través de la separación en origen o la recolección selectiva. Además, se pueden implementar programas de educación y concientización para fomentar la participación ciudadana en el manejo de residuos y mejorar la comprensión de la importancia de la sustentabilidad en este ámbito (Harrison and Bhada-Tata, 2018; Cointreau-Levine and Hoonweg, 2014; Sivakumar and Singhal, 2018).

Otra estrategia importante es la implementación de tecnologías de tratamiento de residuos más eficientes y sostenibles. Por ejemplo, el compostaje es una técnica de tratamiento de residuos orgánicos que permite convertir los residuos en un producto valioso, como es el abono orgánico. Además, la implementación de plantas de tratamiento de residuos y vertederos controlados pueden ayudar a reducir la contaminación del aire y del agua causada por los residuos (Tchobanoglous, Theisen and Vigil, 1993; Li and Zhang, 2018; Al-Salem, Al-Dousari and Al-Rashidi, 2015).

Asimismo, la implementación de un enfoque de ciclo de vida en la gestión de residuos sólidos es esencial para lograr la sustentabilidad de las organizaciones que hacen parte del mercado de residuos sólidos aprovechables. El análisis de ciclo de vida (ACV) permite evaluar el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su vida, desde la extracción de los recursos naturales hasta la eliminación final. Esto permite identificar las etapas del ciclo de vida donde se genera el mayor impacto ambiental y así poder tomar medidas para reducirlo (Guinée, Heijungs and Huppes, 2002; Eckelman and Suh, 2003).

Cabe resaltar que el enfoque de economía circular en la gestión de residuos sólidos también es esencial para lograr la sustentabilidad de las organizaciones en este mercado. La economía circular busca maximizar el aprovechamiento de los recursos naturales y minimizar la generación de residuos mediante la reutilización,

reparación, remanufacturación y reciclaje. Esto no solo ayuda a reducir el impacto ambiental de los residuos sino que también puede generar nuevas oportunidades económicas y empleos (Temink, Guinée and Heijungs, 2015; Kibert, 2016). En este mismo sentido, la CEPAL plantea que “al evitar el ingreso de nuevo material y energía en los procesos, se reduce la presión ambiental en el ciclo de vida de los productos” (2021, p. 10).

Además, la interacción entre actores públicos y privados en la gestión de residuos sólidos también puede contribuir a lograr la sustentabilidad de las organizaciones en este mercado (González, 2018). Igualmente, la idea de minería urbana puede ser una estrategia valiosa para lograr la sustentabilidad, ya que busca aprovechar los recursos presentes en los residuos para su reutilización (Smith, 2019).

2.2 MARCO CONTEXTUAL

A nivel de América Latina y el Caribe se mantiene la perspectiva logística del manejo de residuos sólidos (recolección, transporte y disposición en rellenos sanitarios fuera de la ciudad); además, son pocos los países que cuentan con plantas de aprovechamiento (CEPAL, 2016). En el caso de Colombia, según datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el porcentaje de residuos sólidos reciclados en todo el país se estima en 10%, el cual representa una de las más altas tasas de aprovechamiento a nivel latinoamericano (Montes, 2018).

En 1997 Colombia adopta la Política para la Gestión Integral de Residuos, la cual establece los lineamientos para el manejo integral de los mismos. Desde esta fecha se han establecido diferentes decretos y resoluciones (Decreto 1713 de 2002, Resolución 1045 de 2003, Decreto 190 de 2004, Conpes 3530 de 2008, Auto 275 de 2011, Decreto 564 de 2012, Decreto 349 de 2014, Resolución CRA 720 de 2015, Conpes 3874 de 2016, Decreto 596 de 2016, Decreto 1784 de 2017, Resolución 2184 de 2019, entre otros) que han venido direccionando el sector, pero sin los resultados esperados.

Para el caso del municipio de Neiva, a través del Decreto 263 de 2016 la ciudad puso en marcha su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), el cual fue actualizado con el Decreto 173 de 2017 y se delegó a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural Sostenible

la realización de los ajustes a los inventarios establecidos en el PGIRS (Decreto 487 de 2017). En 2020 con el Decreto 1171 se adoptó la actualización del PGIRS para la vigencia 2016-2028.

Neiva se encuentra en el departamento del Huila, al sur de Colombia. De acuerdo con cifras del DANE (2019), la ciudad contaba a 2020 con 330.863 habitantes. La empresa recolectora de residuos sólidos es Ciudad Limpia Neiva S.A. E.S.P., que dispone los mismos en el Relleno Sanitario Regional Los Ángeles. De acuerdo con datos de la Alcaldía de Neiva (2020), en ese año la empresa tenía 120.291 suscriptores residenciales en el área urbana, de los cuales 52,9% corresponde al estrato 2, 26,1% al estrato 1, 12,1% al estrato 3 y el resto se encuentran distribuidos entre los estratos 4, 5 y 6 (6,5%, 1,5% y 0,9%, respectivamente).

De acuerdo con la Alcaldía de Neiva (2020), la generación de residuos sólidos en la ciudad es un problema importante que afecta tanto al medio ambiente como a la salud de los residentes. Aunque existen programas y esfuerzos para reducir la cantidad de residuos generados, la ciudad sigue enfrentando desafíos para manejar adecuadamente estos residuos. Uno de los principales desafíos en el manejo de estos es la falta de infraestructura adecuada para su almacenamiento y recolección. Muchos residentes no tienen acceso a canecas e inmobiliario específico para depositar los residuos que separa en fuente.

Sin embargo, existe una oportunidad para aprovechar estos residuos y convertirlos en un recurso valioso para la ciudad. Una de las formas en que esto se puede lograr es mediante la implementación de programas de reciclaje y compostaje en la ciudad. Estos programas pueden ayudar a reducir la cantidad de residuos que se envían al relleno sanitario, y también pueden generar ingresos y empleo para los recuperadores de Neiva.

Igualmente, es importante mencionar que para 2020 el sector de los residuos sólidos aprovechables tanto en Neiva como en el resto del país no actúa como un mercado competitivo. Por el contrario, existe poder de fijación de precios por parte de las empresas que compran estos residuos para incorporarlos a su proceso productivo. En palabras de un entrevistado, “si yo vendo a la industria el

archivo [cartón], un ejemplo, y a mí el Driver [comprador del cartón a la organización de reciclaje] me dice -yo tengo precio de \$700 a eso yo le compro el archivo-, yo le digo al recuperador yo le puedo pagar a \$500", lo que muestra que el precio lo fija quien compra y no la interacción entre la demanda y la oferta.

Se resalta que en la ciudad existen 29 Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECAS), distribuidas como se observa en la Figura 1,

de las cuales seis (6) se encuentran realizando la actividad de aprovechamiento en el municipio. Adicionalmente, la Secretaría del Medio Ambiente, entre 2019 y 2020, censó a 733 recuperadores de oficio en la ciudad. De este total, 100 se encuentran carnetizados y 45% se encuentran organizados en las ECAS y reciben la tarifa de aprovechamiento (Alcaldía de Neiva, 2020); muchos otros trabajan en la informalidad y no existen datos al respecto.

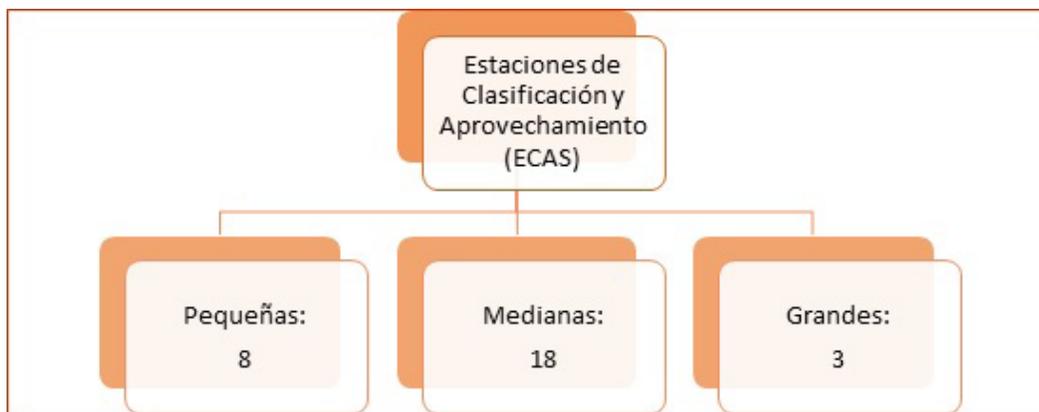


Figura 1. Estructura de aprovechamiento de residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Neiva (2020, pp. 249-251).

Algunos de los efectos que generó el confinamiento entre 2019 y 2020 sobre los recuperadores de oficio, de acuerdo con un entrevistado, fueron:

- La imposibilidad de trabajar por las restricciones iniciales, pero luego el municipio de Neiva autorizó el desarrollo de su labor.
- La mejora en el uso de normas de bioseguridad.
- El aumento de residuos sólidos, entre ellos los recuperables, lo que aumentó sus ingresos, promedio por día de \$2.500 a \$5.000.
- El aumento de las capacitaciones, en especial, de actividades artesanales.

Otra forma en que se pueden aprovechar los residuos sólidos es mediante el uso de tecnologías de tratamiento de residuos. Por ejemplo, se pueden utilizar procesos de tratamiento como la digestión anaerobia para producir biogás a partir de los residuos orgánicos. Este biogás se puede utilizar como combustible para generar electricidad o calor (Kreith, 2002).

Además, se pueden fortalecer los programas de educación y concientización para los residentes de Neiva sobre el manejo adecuado de los residuos y la importancia de reducir, reutilizar y reciclar. Esto ayudará a los residentes a comprender su papel en el problema de los residuos y a adoptar prácticas más sustentables en su vida diaria.

De acuerdo con Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva (2014), se depositaron en ese año en el Relleno Sanitario Los Ángeles 8.319,5 toneladas de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) promedio mes, correspondientes aproximadamente a 79% del total de residuos. Asimismo, entre 2019 y 2020 se presentó un aumento de 28,4% de residuos sólidos dispuestos en el Relleno Sanitario Los Ángeles, posiblemente ocasionado por el confinamiento. También es importante denotar que, de acuerdo con la Alcaldía de Neiva (2020), cada habitante generó entre 0,57 y 0,67 kilogramos de residuos diarios, en promedio, según estrato, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Producción per cápita de residuos domiciliarios día, por estrato.

Estrato	Producción en kilogramos promedio día por habitante
1 y 2	0,57
3 y 4	0,58
5 y 6	0,67

Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Neiva (2020, pp. 79-81).

Con respecto a la composición de los residuos generados por los hogares de Neiva, casi 70% de estos corresponde a orgánicos, 6% a plástico liviano, 5,5% a papel y cartón, 4,5% a PET, 1,2% a textiles y 1,7% a vidrio; otros residuos son cerámicas, colchones y caucho, por nombrar algunos.

Aunque la norma a nivel nacional plantea que los residuos orgánicos, los cuales tienen el mayor peso de generación en los hogares, deben ser dispuestos por los usuarios en bolsa verde, esta medida no se cumple. En este sentido, una entrevistada aduce que *"la normatividad no tiene razón de ser, porque ¿dónde está el compost [compostaje] en Neiva?, ósea, sí, yo puedo hacer el ejercicio e incentivar al usuario de que haga la separación en las tres bolsas, pero en qué termina si el usuario no es tonto, él sabe que esa bolsa verde sí o sí termina en el relleno sanitario. Es una contaminación más y un gasto más al son de nada"*.

De otro lado, el porcentaje de material aprovechado en la ciudad equivale a 3,9% (Alcaldía de Neiva, 2020), muy por debajo de ciudades como Bogotá, en donde este porcentaje alcanza 15,4% (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAEPS, 2021); y por encima del promedio de América Latina y el Caribe, que representa un poco más de 2% de los residuos municipales (CEPAL, 2016). No obstante, la ciudad de Neiva debe trabajar con ahínco para aumentar la tasa de aprovechamiento de residuos hasta alcanzar, por lo menos, el promedio nacional de 10%.

3. METODOLOGÍA

El modelo de Dinámica de Sistemas permite comprender, por un lado, la interacción entre las organizaciones que hacen parte del mercado de residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva, es decir, los oferentes representados por las organizaciones de reciclaje y los demandantes caracterizados por las empresas que utilizan estos residuos como materia prima en sus procesos productivos; y, por otro lado, las tendencias a largo plazo para alcanzar la sustentabilidad. Asimismo, el modelo permite analizar diferentes escenarios de posibles intervenciones de política pública.

Para la construcción del modelo de Dinámica de Sistemas, siguiendo a Sterman (2000) y Sánchez *et al.* (2021), se desarrollan tres fases fundamentales: la conceptualización del sistema, la representación o formulación y el análisis o evaluación. Se utiliza como herramienta el *software* Vensim Ple.

La primera fase consiste en la conceptualización verbal del sistema. En ésta se describe verbalmente el modelo y se hace la definición precisa del mismo, teniendo en cuenta la literatura estudiada. Además, se establece un horizonte temporal de 30 años y se construye el diagrama causal, que ilustra la estructura de realimentación del sistema.

En la segunda fase se construye el Diagrama de Forrester, que también es llamado Diagrama de niveles y flujos, y se establece las ecuaciones que explican el comportamiento de las variables de estado. En la Tabla 2 se muestran los atributos que se tienen en cuenta para la construcción del modelo de Dinámica de Sistemas para el mercado de residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva.

Las variables de estado se utilizan como indicadores o señales del sistema; corresponden a magnitudes medibles que interesa analizar para controlar el modelo; estas variables se acumulan partiendo de un valor inicial. Por su parte, las razones de cambio son las causas que hacen variar el sistema y se consideran las puertas de entrada y salida del modelo. Las variables auxiliares cambian con el tiempo y afectan a las variables de estado.

La información sobre los atributos del modelo se recolecta de fuentes secundarias, como la Alcaldía de Neiva, el DANE, el Ministerio de Comercio Exterior y las organizaciones de reciclaje. La consulta de la información permite el registro de las variables de estado iniciales y los parámetros correspondientes al año 2020 (tabla 3), que influyen en el comportamiento de las razones de cambio, las cuales son: la tasa de incremento neto de la demanda, la tasa de aprovechamiento de las organizaciones de reciclaje, la tasa de incremento neto de la población, la producción per cápita de residuos, la elasticidad precio de la demanda, el precio de referencia (piso y techo), los residuos sólidos aprovechables de referencia, el coeficiente de aprendizaje y el costo total unitario de referencia. Estas razones de cambio se requieren para el cálculo y desarrollo de las estrategias de intervención.

Además, para enriquecer el modelo se hacen cinco entrevistas no estructuradas intencionadas, como método de recolección de datos relevantes y significativos, a actores clave que intervienen en el mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva, para conocer la situación social y económica de los recuperadores de oficio y mejorar la comprensión de la sustentabilidad del mercado con las

acciones tomadas por las organizaciones. Se utiliza el muestreo intencional para seleccionar los entrevistados, tanto del sector público como del sector privado.

Además, este método cualitativo facilita ir más allá de la información meramente estadística porque permite generar y descubrir elementos de análisis a partir de la experiencia y opinión de los actores consultados. Estos aspectos sirven de apoyo para seleccionar las estrategias de intervención de política pública dentro del modelo.

A partir de la información primaria y secundaria se construye el modelo matemático agregado, en el cual se identifica, siguiendo a Sánchez *et al.* (2021), algunas de las estrategias de intervención para la toma de decisiones en el mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva.

En la tercera fase, para el análisis del modelo se asumen dos escenarios tendenciales. El primero representa el comportamiento inicial del sistema, asumiendo un mercado competitivo (el precio es determinado por la interacción entre la demanda y la oferta), con intervención del Estado mediante la regulación de precios (piso y techo) de los residuos sólidos aprovechables; lo que significa que los factores que determinan las diferentes estrategias incluidas para afectar la demanda o la oferta tienen un valor de cero.

En el segundo escenario, los factores de las estrategias tienen valores superiores a cero y van hasta uno. En el caso de la oferta, es decir, la variable de estado Residuos Sólidos Aprovechables de la figura 2, se incluye estrategias relacionadas con la disposición ciudadana y otras con la capacidad instalada para el aprovechamiento.

Tabla 2. Atributos del modelo de dinámica de sistemas.

Variables de Estado	Razones de cambio	Variables auxiliares
<ul style="list-style-type: none"> • Población • Residuos sólidos domiciliarios (RSD) • Residuos sólidos aprovechables (RSA) • Demanda de residuos sólidos aprovechables (RSD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento neto de la población • Generación de RSD • Recolección de RSD • Aprovechamiento por organizaciones de reciclaje • Incremento neto de la demanda 	<ul style="list-style-type: none"> • Margen de reserva de los RSA • Costo total unitario • Rentabilidad de las organizaciones de reciclaje • Precio de los RSA • Efecto esperado del precio sobre la demanda

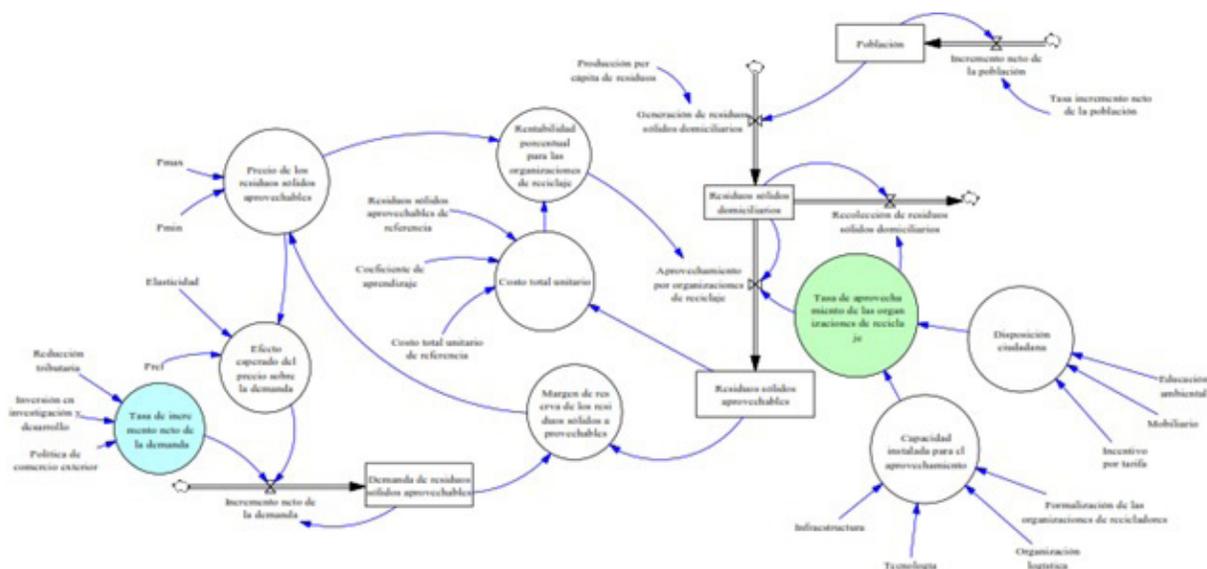
Fuente: Sánchez *et al.* (2021, p. 9).

Tabla 3. Condiciones iniciales y parámetros

Parámetro	Valor	Unidad
Población inicial	330.863	Habitantes
Residuos sólidos domiciliarios inicial	92.695	Toneladas/año
Residuos sólidos aprovechables (oferta) inicial	3.624	Toneladas/año
Demanda de residuos sólidos aprovechables inicial	3.624	Toneladas/año
Tasa de incremento neto de la población	0,0048	1/año
Producción per cápita de residuos	0.280162	1/año
Tasa de incremento neto de la demanda	0,01	1/año
Tasa de aprovechamiento de las organizaciones de reciclaje	0,0391	1/año
Precio de referencia de los residuos sólidos aprovechables	7.145.899	COP
Precio techo de los residuos sólidos aprovechables	8.029.100	COP
Precio piso de los residuos sólidos aprovechables	6.262.699	COP
Costo total unitario de referencia	5.833.394	COP
Elasticidad	1	Adimensional
Coefficiente de aprendizaje	0,5	Adimensional

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Diagrama de Forrester con estrategias.



Fuente: Sánchez et al. (2021, p. 11).

En el primer grupo, se tienen en cuenta la concientización sobre la importancia de la sustentabilidad y de la separación en fuente, a través de la educación ambiental; la instalación de mobiliario apropiado en la ciudad para la disposición de los residuos. Y por último, el incentivo por tarifa, el cual implica que si se mejora el aprovechamiento, los suscriptores pagan por el servicio de recolección un valor menor.

Con respecto a la capacidad instalada por parte de las organizaciones de reciclaje (Figura 2), se reconoce las estrategias de mejoramiento de infraestructura y de tecnología, lo que les permite aumentar la eficiencia y reducir los costos por unidad a estas organizaciones; la organización logística, que es una tarea público-privada que consiste en asignar las rutas selectivas por toda la ciudad; y la formalización de las organizaciones de recicladores, tarea que se viene haciendo a través de la carnetización de las personas dedicadas a esta actividad en Neiva.

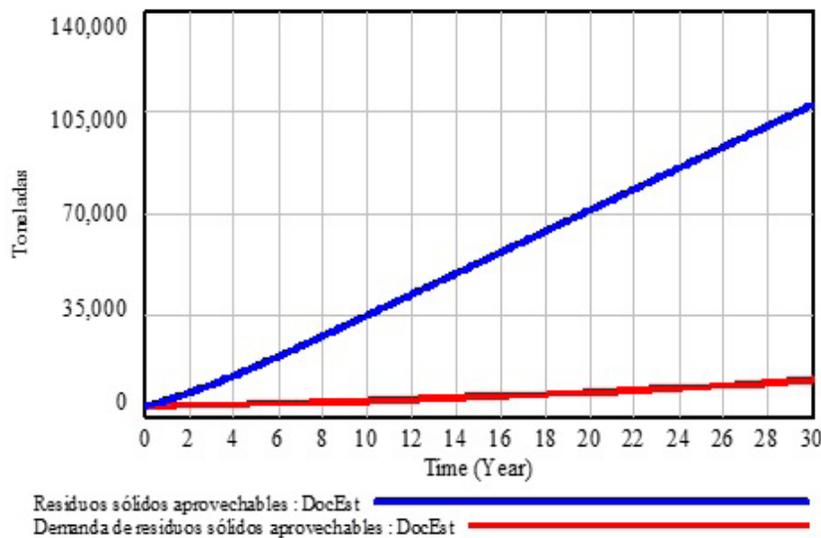
En la Figura 2 también se observa las estrategias que actúan sobre la demanda de residuos sólidos aprovechables, las cuales deben ser formuladas por el orden nacional y no el nivel departamental o municipal. En este grupo se encuentra: una política de comercio exterior

que desincentive la importación de materia prima virgen; la reducción tributaria para aquellas empresas que utilicen los residuos sólidos aprovechables en sus procesos de producción; y la inversión en investigación y desarrollo tanto por parte del sector público como del sector privado.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se menciona en la metodología, el primer escenario supone que el mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables para la ciudad de Neiva actúa bajo competencia perfecta con regulación de precios por parte del Estado y sin estrategias de intervención de política pública. En la Figura 3 se observa que mientras la demanda de estos materiales permanece casi constante en el tiempo (30 años), la tendencia de la oferta es a crecer hasta alcanzar, en 2050, más de 105.000 toneladas. En este caso, si el gobierno no hace regulación de precios, el exceso de oferta hará que el precio de venta termine quedando por debajo de los costos unitarios de producción y, por consiguiente, que la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje disminuya o se vuelva negativa.

Figura 3. Escenario 1: Mercado competitivo regulado de los residuos sólidos aprovechables en Neiva.



Fuente: elaboración propia.

Dado lo anterior, en este escenario se asume, por un lado, que hay regulación de precios por parte del gobierno: un precio piso que protege a las organizaciones de reciclaje que son las encargadas de ofertar el material y un precio techo que favorece a las empresas que demandan el material aprovechable para ser usado como materia prima (panel C de la Figura 4). Por otro lado, se supone que las organizaciones de reciclaje presentan economías a escala, lo que significa que a largo plazo sus costos por unidad disminuyen (como se muestra en el panel b de la Figura 4). Para alcanzar las economías a escala, se parte de la idea de que las organizaciones de reciclaje cuentan con una curva de aprendizaje por su experiencia.

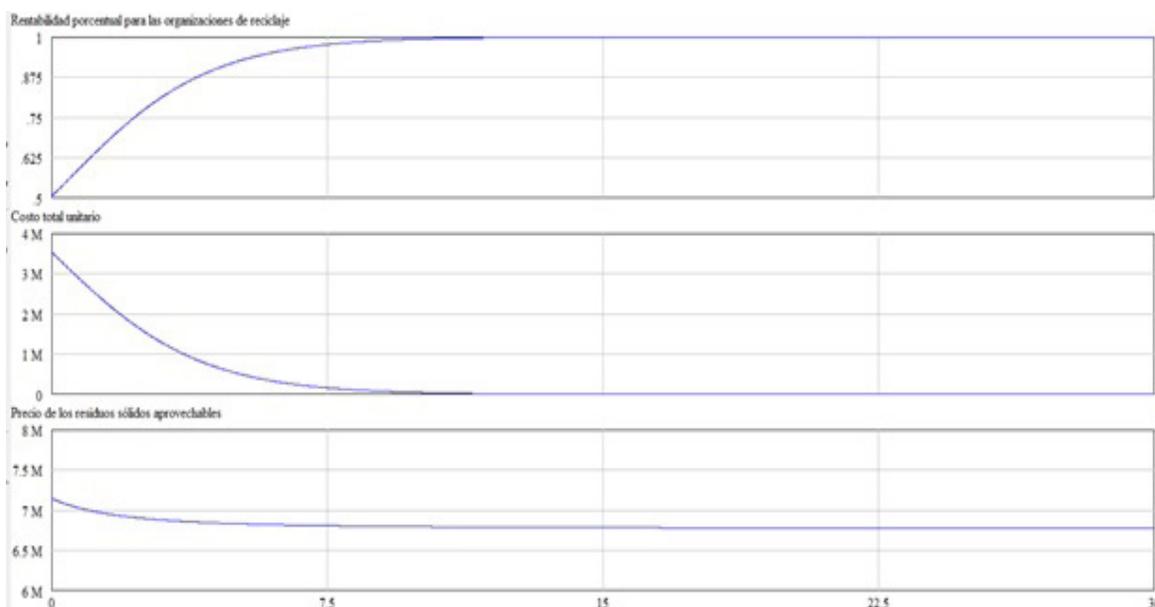
Si se cumple el escenario 1, las organizaciones de reciclaje reducen su rentabilidad. No obstante, es importante aclarar que si, por el contrario, aumenta la rentabilidad de estas organizaciones, mejora el ingreso de los recuperadores de oficio. Lo anterior se comprende con las palabras de una entrevistada cuando afirma que *“si ellos tuvieran un sueldo vaya y venga. Ellos viven de lo que recogen, o sea, si ellos se hacen \$2.000, con dos mil pesos viven dos días. Si ellos se hacen \$10.000, con diez mil pesos viven dos días”*; además, *“un hijo de un recuperador*

generalmente no se puede comer una hamburguesa, un perro caliente, una gaseosa, un helado, porque si el papá gana \$5.000 y son seis o siete [en la familia] a juro [es decir, apenas] les alcanza para el arroz y la lenteja”.

También se resalta que la mayor demanda del material potencialmente aprovechable reduce tanto la cantidad de residuos que se depositan en el Relleno Sanitario Los Ángeles, así como la extracción de recursos naturales para utilizarlos como materia prima; además, las empresas que hacen economía circular no solo aportan al ambiente sino también a la generación de empleo; por lo que mantener la tendencia de la demanda, que se observa en la Figura 3, no es un escenario deseado.

Por otra parte, entre las estrategias de intervención que deberían estar incluidas en el PGIRS de la ciudad de Neiva están: las líneas de crédito focalizadas para el mejoramiento de la infraestructura necesaria para realizar la labor de aprovechamiento; y para la introducción de tecnologías como, por ejemplo, las máquinas que compactan residuos como el plástico. Estas estrategias son tenidas en cuenta en el segundo escenario.

Figura 4. Rentabilidad, costo y precio para las organizaciones de reciclaje.



Fuente: elaboración propia.

Así, para el segundo escenario se plantean las siguientes hipótesis que están relacionadas con las estrategias de intervención de política pública sobre los residuos sólidos aprovechables en Neiva:

H1: Si aumentan tanto la educación ambiental como la organización logística, entonces aumenta la cantidad de residuos sólidos aprovechables y disminuye la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje.

H2: Si aumenta el arancel a la materia prima importada y si, además, se reducen impuestos a las empresas que hagan economía circular, entonces aumenta la demanda de residuos sólidos aprovechables y aumenta la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje.

H3: Si aumentan en 50% las estrategias que afectan tanto la demanda como la cantidad de residuos sólidos aprovechables ofrecidos, entonces aumenta la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje.

Los resultados arrojan que se acepta la hipótesis 1. De hecho, cualquiera de las estrategias utilizadas para aumentar la tasa de aprovechamiento y, por ende, la cantidad de residuos sólidos, es efectiva en su propósito, como se observa en la Figura 5, en donde la cantidad de residuos sólidos aprovechables (oferta) es superior a la inicial.

Sin embargo, al no modificar la tendencia de la demanda, lo que ocurre en el mercado es que el precio de este material tiende a la baja en el tiempo, trayendo como consecuencia una disminución de la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje. Así las cosas, los ingresos para las familias que realizan esta labor disminuyen en detrimento de sus condiciones socioeconómicas; se genera un desincentivo por la actividad y se deja de recolectar este material potencialmente reutilizable, el cual terminando dispuesto en el Relleno Sanitario Los Ángeles.

Se destaca que en Neiva la organización logística (una de las estrategias empleadas en la primera hipótesis) corresponde de manera particular a la habilidad del gerente de la organización de reciclaje, porque el municipio no tiene una política para asignar las rutas selectivas; “nosotros mismos como empresa [organización de reciclaje] creamos las rutas, nosotros mismos como empresa buscamos los sitios de trabajo [...], lo que se hace es que la persona encargada de la empresa visita un condominio, habla con el administrador, hace un convenio y se ubica un recuperador de oficio allí, para que él no tenga que dirigirse a la calle, sino directamente a una fuente de trabajo segura”, expone uno de los entrevistados.

Por tanto, la Alcaldía de Neiva en coordinación con las organizaciones de reciclaje deben trabajar en la organización logística para

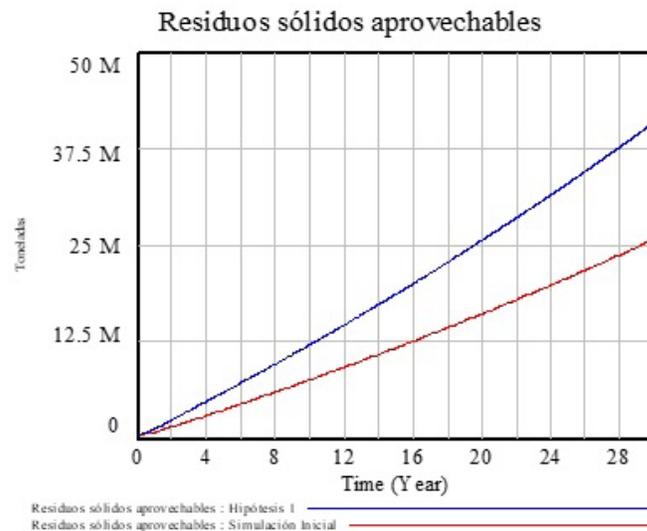


Figura 5. Tendencia de la oferta de residuos sólidos aprovechables con la hipótesis 1. Fuente: Elaboración propia

establecer con claridad las rutas selectivas y en la formalización de la totalidad de los recuperadores de oficio que se encuentran en la ciudad, ampliando el censo y la carnetización para que puedan acceder efectivamente al incentivo por tarifa, como lo plantea la normativa nacional. Con respecto a la hipótesis 2, las estrategias que incentivan el aumento en la demanda de residuos sólidos aprovechables trae como consecuencia que el cambio en el margen de reserva (es decir, la relación entre los residuos sólidos aprovechables y la demanda de los mismos), aumente el precio de este material. Lo anterior ocurre porque en este caso la demanda crece a un ritmo mayor en comparación con el escenario 1, haciendo que sobrepase la oferta. Por consiguiente, la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje aumenta, ya que estas organizaciones reciben un valor mayor por sus ventas.

En la Figura 6 se observa que el crecimiento del precio no puede ser superior al precio techo que se establece, para no perjudicar los costos de producción de las empresas que utilizan como materia prima los residuos aprovechables.

Para finalizar el análisis del escenario 2, se acepta la hipótesis 3. La Figura 7 es diciente y corrobora lo examinado en la segunda hipótesis. En la parte izquierda de la figura 7 se observa el comportamiento en el mercado de residuos sólidos en Neiva para los próximos 30 años, si se enfatiza en formular y aplicar estrategias de política pública que afecten, simultáneamente, tanto la demanda como la oferta. La demanda crece exponencialmente y, en 5 años, sobrepasa la oferta. En consecuencia, el precio del material aprovechable tiende a subir, lo mismo que la rentabilidad de las organizaciones de reciclaje. En la parte derecha de la Figura 7 se puede ver la diferencia en el comportamiento del precio entre el escenario 1 y el escenario 2.

Es claro que para alcanzar la sustentabilidad en el mercado de los residuos sólidos aprovechables en Neiva el segundo escenario bajo la tercera hipótesis es el deseado, porque permite la dignificación del trabajo de los recuperadores de oficio que hacen parte de las organizaciones de reciclaje y el mejoramiento de sus ingresos. Además, con el aumento del aprovechamiento del material potencialmente reutilizable se

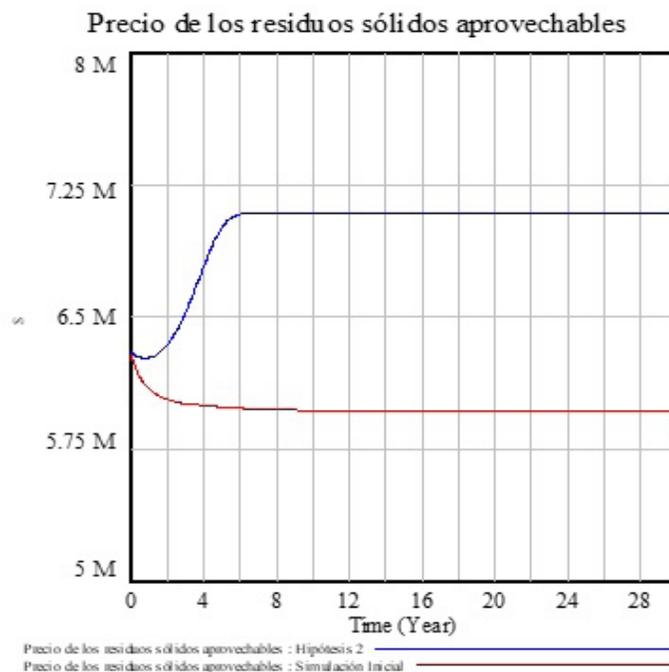


Figura 6. Efecto en el precio de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables con la hipótesis 2. Fuente: elaboración propia.

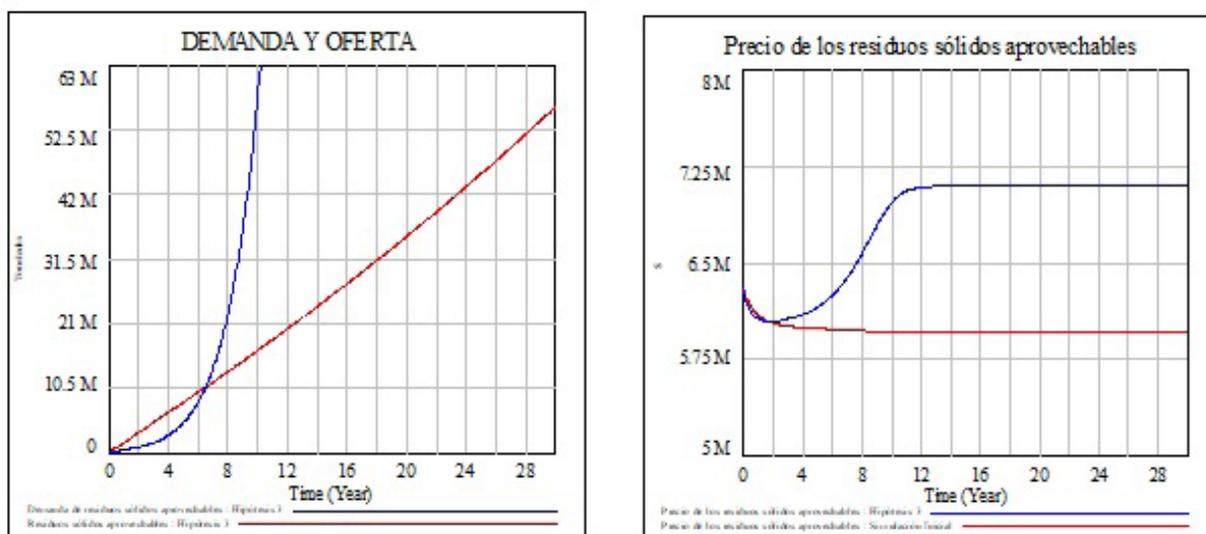


Figura 7. Mercado de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables con la hipótesis 3.

Fuente: elaboración propia.

contribuye a la adopción de la economía circular, haciendo que la extracción de materia prima de la naturaleza sea menor.

5. CONCLUSIONES

Las organizaciones que se encuentran inmersas en el mercado de los residuos sólidos aprovechables en Neiva presentan características cercanas a la dimensión de sustentabilidad débil, con un mercado que no favorece sino a las organizaciones que se encuentran del lado de la demanda, en detrimento económico y social de las organizaciones que hacen parte de la oferta. El rol de la naturaleza se limita a evitar la mayor extracción de materiales mediante el aprovechamiento de residuos sólidos (3,2%), aunque muy por debajo del promedio nacional (10%).

Además, no se tiene en cuenta la falta de contabilidad de la degradación de los recursos naturales, ni se toma en cuenta la contribución de bienes y servicios que no se transan en el mercado, especialmente los servicios provistos por el medio ambiente a la actividad económica; y la incapacidad del sistema de tratar adecuadamente los recursos que dedican los gobiernos para corregir o evitar los

males causados por la misma actividad logística de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos en relleno sanitario.

No obstante, la sustentabilidad de las organizaciones que hacen parte del mercado de residuos sólidos aprovechables en Neiva es esencial para lograr un desarrollo sustentable y alcanzar, como mínimo, el ODS 12 establecido por Naciones Unidas. Esto se logra mediante la implementación de programas de reciclaje y recuperación de materiales, programas de educación y concientización, tecnologías de tratamiento de residuos más eficientes y sustentables, y la implementación de un enfoque de ciclo de vida y economía circular en la gestión de residuos sólidos. Es importante resaltar que la gestión sustentable de los residuos sólidos en la ciudad no solo tiene beneficios económicos y sociales, sino también ambientales.

El modelo de dinámica de sistemas permite, mediante la simulación de dos escenarios, comprender la tendencia del mercado de los residuos sólidos aprovechables en Neiva. El primer escenario muestra una situación no deseada para las organizaciones de reciclaje; y la situación actual del mercado tiende a empeorar, debido a que es imperfecto porque la asignación de precios está regida por el poder de unas pocas empresas (oligopolios y monopsonios) a nivel

nacional y no por la interacción de compradores y vendedores, como lo plantea este modelo.

Después de analizar los dos escenarios se considera que la hipótesis tres del segundo escenario es la más apropiada para el mercado de residuos sólidos domiciliarios aprovechables en Neiva. La implementación de políticas públicas que aumente exclusivamente la oferta de residuos sólidos aprovechables en la ciudad es insuficiente para generar mayor rentabilidad de las organizaciones de reciclaje; por tanto, es necesario enfocar los esfuerzos de política económica hacia las estrategias que también aumenten la demanda de estos residuos.

Finalmente, para que las organizaciones en Neiva se encuentren en la senda de la sustentabilidad se requiere, por un lado, dignificar el trabajo de los recuperadores de oficio, mejorando la rentabilidad en la labor del reciclaje. Y, por otro lado, incentivar a la industria a trabajar en el camino de la economía circular, aumentando el uso de los residuos sólidos aprovechables como materia prima, dentro de sus procesos productivos, para reducir así la cantidad de material que se extrae de la naturaleza.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Neiva. (2020). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2028*. Neiva: la Alcaldía.
- Al-Salem, S. M., Al-Dousari, A. A., & Al-Rashidi, M. A. (2015). Sustainable solid waste management in Kuwait: Current status and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 153, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.020>
- CEPAL. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidad para una recuperación transformadora*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Cointreau-Levine, S., & Hoorweg, D. (2014). Solid waste management in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 145, 1-11.
- DANE. (2019). Estimaciones de población 1985-2005 y proyecciones de población 2005-2020, Total Municipal por área. Consultado el 15 de noviembre de 2022.
- Eckelman, M. J., & Suh, S. (2003). Life cycle assessment of solid waste management systems. *Journal of Industrial Ecology*, 7(1), 49-67.
- Gidigasu, B. G., & Yigezu, B. (2019). Factors affecting sustainable solid waste management practices: A case study of Addis Ababa, Ethiopia. *Journal of Environmental Management*, 242, 1-9.
- González, J. (2018). The Role of Public-Private Partnerships in Sustainable Solid Waste Management. *Journal of Environmental Management*, 214, 62-70.
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes, 69-96. En A. Matarán Ruíz & F. López Castellano (Eds.), *La Tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo*. Granada: Universidad de Granada.
- Gudynas, E. (2004). *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Montevideo: Coscoroba. 5a ed.
- Guinée, J. B., Heijungs, R., & Huppes, G. (2002). Life cycle assessment in solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 10(1), 51-67.
- Harrison, R., & Bhada-Tata, P. (2018). *Solid waste management*. Routledge.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: Green building design and delivery*. John Wiley & Sons.
- Kreith, F. (2002). *Handbook of energy engineering*. Fairmont Press.
- Las Ceibas, Empresas Públicas de Neiva. (2014). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Neiva*. <https://issuu.com/neivamigos/docs/pdirs>
- Li, Y., & Zhang, X. (2018). Sustainable solid waste management and environmental impacts: A review. *Journal of Environmental Management*, 212, 1-12.
- Mishra, S. K., & Tripathy, J. (2019). Sustainable solid waste management. *Journal of Environmental Management*, 244, 7-17.
- Montes, C. (2018). *Estudio de los residuos sólidos en Colombia*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

- O'Neill, J. (1993). *Ecology, policy and politics. Human well-being and the natural world*. London: Routledge.
- Redondo, J., Olivar, G., Ibarra, D., & Dyner, I. (April 2018). Modeling for the regional integration of electricity market. *Energy for Sustainable Development*, (43), 100-113.
- Sánchez, M. P., Redondo, J. M., Cerón, Ibarra-Vega, D., Cortina, A. R., & Catumba-Ruiz, J. (2021). Sustainability of the usable solid waste market in Bogota (Colombia). *URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13, e20200343. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200343>.
- Sivakumar, B., & Singhal, R. (2018). Municipal solid waste management in India: Status, challenges and way forward. *Journal of Environmental Management*, 211, 69-79.
- Smith, S. (2019). Urban mining: From sustainable development to sustainable materials management. *Journal of Cleaner Production*, 229, 516-529.
- Spangenberg, J. H., & Settele, J. (2010). Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. *Ecological Complexity*, 7(3), 327-337. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.04.007>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. New York: McGraw-Hill.
- Temmink, H., Guinée, J. B., & Heijungs, R. (2015). The circular economy and the role of life cycle thinking. *Journal of Cleaner Production*, 87, 9-20.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill.
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, UAEPS. (2021). Modelo de aprovechamiento. La basura no es basura. *Hacia una cultura de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos en Bogotá D.C.* Bogotá: Secretaría del Hábitat.

