



**Universidad del  
Rosario**

Facultad de Jurisprudencia

Maestría en Derecho y Gestión Ambiental

**Inclusión de Valores en el Sistema Tarifario del Servicio Público de Aseo para el  
Aprovechamiento de Residuos Orgánicos**

Presentado por:

Luisa Fernanda Poveda Patiño

Mauricio Blanco Redondo

Bogotá, D.C. 26 de julio de 2024



**Universidad del  
Rosario**

Facultad de Jurisprudencia

Maestría en Derecho y Gestión Ambiental

Inclusión de Valores en el Sistema Tarifario del Servicio Público de Aseo para el  
Aprovechamiento de Residuos Orgánicos

Modalidad: Artículo académico de investigación

Presentado por:

Luisa Fernanda Poveda Patiño

Bajo la dirección de:

Mauricio Blanco Redondo

Bogotá, D.C. 26 de julio de 2024

## Tabla de contenido

Agradecimientos .....	3
Declaración de originalidad y autonomía.....	5
Declaración de exoneración de responsabilidad.....	6
Lista de tablas .....	7
Lista de figuras .....	8
Resumen .....	9
Palabras Clave: .....	9
Abstract.....	10
Keywords:.....	10
1. Introducción .....	11
2. Revisión antecedentes - marco jurídico .....	14
3. Metodología .....	17
4. Resultados .....	19
4.1. Externalidades ambientales causadas por la inadecuada disposición de residuos sólidos	19
4.2. Análisis de los impactos generados por la disposición de residuos en relleno sanitario.....	21
4.3. Revisión de las principales características del sistema de recolección de residuos en Bogotá .....	23
4.3.1. Volúmenes de residuos generados.....	24
4.3.2. Caracterización por tipo de residuos .....	25
4.3.3. Flujo de proceso para la recolección y disposición .....	27
4.4. Contexto de los métodos indirectos para valorar bienes y servicios ambientales	29
4.4.1. Costos evitados.....	30
4.4.2. Costos del viaje.....	30
4.4.3. Precios hedónicos .....	30
4.4.4. Productividad Marginal .....	31
4.4.5. Análisis de Preferencias Reveladas .....	31
4.5. Análisis metodología de costos evitados para la valoración económica ambiental del aprovechamiento de residuos orgánicos .....	31

4.6. Acciones y avances para la inclusión de una tarifa en el servicio público de aseo para el aprovechamiento de residuos orgánicos .....	33
4.7. Implementación de unidades técnicas para la gestión de residuos orgánicos – UTGRO.....	36
4.8. Alternativas de descomposición no convencionales para la transformación de residuos orgánicos.....	37
5. Conclusiones .....	39
6. Referencias bibliográficas .....	41

## **Agradecimientos**

Al ingeniero Mauricio Enrique Blanco Redondo, docente de la Maestría en Derecho y Gestión Ambiental y experto en temas asociados a residuos sólidos comunes y especiales, hidrocarburos y sector eléctrico; por su direccionamiento y apoyo en la investigación y elaboración del presente documento. Su disposición incondicional, transmisión de conocimiento, motivación y paciencia; que fueron fundamentales para la finalización exitosa de este proyecto y fortalecer las bases de mi conocimiento.

## **Dedicatoria**

Dedico el resultado de mi proceso de formación e investigación del programa de Maestría en Derecho y Gestión Ambiental a Dios y a mi familia, quienes siempre me acompañan en todos mis procesos para el logro de las metas que me propongo. Su compañía, apoyo espiritual y moral fueron fundamentales para no desfallecer y aprender a identificar lo positivo y enseñanza de los obstáculos y retos presentados.

### **Declaración de originalidad y autonomía**

Declaro que el contenido de este documento fue desarrollado a partir del proceso investigativo autónomo que adelanto como estudiante de la Maestría en Derecho y Gestión Ambiental y que las fuentes directas e indirectas de información consultadas, se encuentran debidamente referenciadas, respetando las autorías y créditos.



---

Luisa Fernanda Poveda Patiño  
CC.: 1.023.883.328

### **Declaración de exoneración de responsabilidad**

Declaro que la temática investigada, su estructura y contenido es producto original del trabajo realizado como estudiante para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el anteproyecto inicialmente presentado y que estos no están en proceso de evaluación ni edición para otro trabajo de grado.

Por lo anterior, me hago responsable de cualquier reclamación exonerando de responsabilidad a la Universidad del Rosario.



---

Luisa Fernanda Poveda Patiño  
CC.: 1.023.883.328

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Normatividad relacionada con el manejo y gestión de residuos sólidos</i> .....	14
<b>Tabla 2.</b> <i>Normatividad relacionada con el esquema tarifario del servicio público de aseo</i> .....	16
<b>Tabla 3.</b> <i>Residuos generados, aprovechados y dispuestos 2018 – 2021</i> .....	24
<b>Tabla 4.</b> <i>Porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana 2018 – 2021</i> .....	26

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Aspectos e impactos generados por un relleno sanitario.....	22
<b>Figura 2.</b> Residuos generados, aprovechados y dispuestos 2018 – 2021 .....	25
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana .....	27

## Resumen

Disminuir los impactos y efectos negativos al ambiente por la generación de residuos sólidos, es una apuesta del gobierno nacional desde hace más de dos décadas, la cual pretende contrarrestar la contaminación que se genera al recurso suelo, aire y agua por su disposición; teniendo en cuenta que en Colombia predomina la práctica de enterramiento de residuos o disposición a cielo abierto en espacios apartados de la zona urbana u organización de comunidades. Con el objeto de proponer alternativas que fortalezca la gestión integral de residuos y se materialice la disminución de la cantidad de desechos que se disponen en relleno sanitario, se analiza una metodología para el cálculo y reconocimiento de los valores asociados a la gestión y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos dentro de la tarifa del servicio público de aseo. Partiendo de la revisión de las externalidades causadas por el manejo y disposición convencional de residuos y la aplicación del método de costos evitados si se implementa técnicas para su transformación, como sistema de economía social que potencie el aprovechamiento de materiales orgánicos, el consumo sostenible y aporte a los entes reguladores para la toma de decisiones, relacionadas con el establecimiento de disposiciones normativas para la incorporación de tarifas que migren al aprovechamiento y transformación de biomasa residual.

**Palabras Clave:** Residuo orgánico, Externalidad ambiental, Costo evitado, Aprovechamiento de residuos orgánicos.

### **Abstract**

Reducing the impacts and negative effects on the environment due to the generation of solid waste has been a commitment of the national government for more than two decades, which aims to counteract the pollution generated in the soil, air and water resources due to their disposal; taking into account that in Colombia the practice of burying waste or open-air disposal in spaces remote from the urban area or organization of communities predominates. In order to propose alternatives that strengthen comprehensive waste management and materialize the reduction in the amount of waste disposed of in landfills, a methodology is analyzed for the calculation and recognition of the values associated with the management and use of waste. organic solids within the public sanitation service rate. Starting from the review of the externalities caused by the conventional management and disposal of waste and the application of the avoided costs method if techniques are implemented for its transformation, as a social economy system that promotes the use of organic materials, sustainable consumption and contribution to regulatory entities for decision-making, related to the establishment of regulatory provisions for the incorporation of rates that migrate to the use and transformation of residual biomass.

**Keywords:** Organic waste, Environmental externality, Avoided cost, Use of organic waste.

## 1. Introducción

Uno de los pilares fundamentales para mejorar y garantizar la salud pública es el saneamiento ambiental, estrategia que se ha aplicado para la creación de entornos saludables que minimicen la presentación de enfermedades y facilite la gestión relacionada con el abastecimiento de agua potable, disposición adecuada de residuos, manejo de vertimientos y actividades de higiene. Pero el establecimiento de acciones que conlleven el cumplimiento de una gestión ambiental y sanitaria se convierte en un reto; teniendo en cuenta el crecimiento demográfico, las metas para mejorar la calidad de vida de los habitantes con principios de igualdad y la necesidad que exista un crecimiento económico sin afectación irreversible al medio ambiente.

La alta generación de residuos sólidos urbanos es una problemática que aqueja a muchas regiones de Colombia, toda vez que se estima una generación en promedio diaria de 33.288 toneladas de residuos, que se disponen en relleno sanitario por las empresas prestadoras del servicio público de aseo (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [Superservicios], 2023). Para el caso de Bogotá, se cuantifica que antes de la emergencia sanitaria ocasionada por Covid -19, se disponía diariamente 6.800 toneladas de residuos (Molano Camargo, 2019) en el relleno Doña Juana, ahora la cifra redondea las 7.500 toneladas-día (Malaver Aguilar, 2024), valor que tiende a aumentar si no se articula estrategias y políticas que frenen el modelo convencional y lineal para la gestión de residuos sólidos, el cual se caracteriza por un patrón económico de producción y consumo de materiales y productos que difícilmente retornan al ciclo productivo para actividades de reciclaje (Departamento Nacional de Planeación, 2016, p. 10).

Se calcula que, del total de residuos ordinarios dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana, el 53% corresponde a residuos orgánicos (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP], 2018); los cuales se convierten en una fuente importante de gases de efecto invernadero por la descomposición de los residuos sólidos sin ningún tipo de tratamiento; “Gases que se han considerado como fuentes impulsoras del calentamiento global” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2021).

Por lo anterior, la gestión de los residuos sólidos se convierte en una temática prioritaria a abordar, donde se plantee nuevas estrategias y métodos para disminuir la cantidad de residuos per cápita; fomentando la reutilización, retorno y cierre de ciclos. Al igual que la exploración de nuevas técnicas para la transformación de materiales, que aporten a la consolidación de un consumo y producción sostenible, responsable con menores impactos negativos al medio ambiente y que aporte al cumplimiento de metas globales y nacionales en el marco de la implementación de acciones y estrategias para la agenda de desarrollo sostenible 2030; en particular, las apuestas para disminuir la generación y fomentar el reciclado de materiales con características orgánicas.

La inclusión de costos asociados a la gestión de residuos orgánicos o biomasa residual en el sistema tarifario del servicio público de aseo, puede contribuir positivamente al medio ambiente y al fortalecimiento de la educación ambiental, impulsando la correcta separación de residuos y el reciclaje de materiales aprovechables con un enfoque de incentivo a la reducción de residuos donde los usuarios identifiquen modelos de consumo responsable que se van a reflejar en los valores a pagar por la prestación del servicio de recolección y disposición de residuos sólidos.

Razón por la cual, se analiza una metodología para la inclusión de costos asociados al reconocimiento de la gestión de materiales orgánicos, que de paso al establecimiento de disposiciones normativas para el aprovechamiento, tratamiento y valorización de los residuos orgánicos como eje estructural que impulse la economía circular y la conformación de negocios verdes con organizaciones recicladoras de materiales orgánicos; tomando como referencia los modelos de aprovechamiento de residuos propuestos por la administración Distrital de Bogotá, para la instalación de plantas de tratamiento de residuos orgánicos (Secretaría Distrital de Hábitat & UAESP, 2021) con el propósito de descentralizar la disposición de desechos y disminuir el número de toneladas de residuos dispuesto a diario en relleno sanitario.

Relacionando los costos evitados a nivel económico, social y ambiental a partir del aprovechamiento de materiales orgánicos; con el análisis de la factibilidad de implementar unidades técnicas para la gestión de residuos orgánicos, como sistema de economía social que potencie el reciclaje de biomasa y alternativas de descomposición y transformación de residuos orgánicos aprovechables como parte de la gestión integral de residuos.

## 2. Revisión antecedentes - marco jurídico

**Tabla 1.**

*Normatividad relacionada con el manejo y gestión de residuos sólidos*

<b>Constitución Política</b>	
Artículo 365	“Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. (...)”
Artículo 367	“La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas.”
Artículo 368	“La Nación, los departamentos, los distritos, los municipios y las entidades descentralizadas podrán conceder subsidios, en sus respectivos presupuestos, para que las personas de menores ingresos puedan pagar las tarifas de los servicios públicos domiciliarios que cubran sus necesidades básicas.”
Artículo 369	“La ley determinará los deberes y derechos de los usuarios, el régimen de su protección y sus formas de participación en la gestión y fiscalización de las empresas estatales que presten el servicio. Igualmente definirá la participación de los municipios o de sus representantes, en las entidades y empresas que les presten servicios públicos domiciliarios.”
Artículo 370	“Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten.”
<b>Leyes</b>	
Ley 1252 de 2008	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
Ley 1259 de 2008	por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
<b>Decretos</b>	
Decreto 802 de 2022	Reglamenta el incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos (IAT) conforme a lo establecido en el artículo 88 vigente de la Ley 1753 de 2015 y, en consecuencia, definir la manera como se realizará su cálculo, facturación, recaudo, asignación y uso de recursos, así como su seguimiento y control en todo el territorio nacional.
Decreto 596 de 2016	Define el esquema operativo de la actividad de aprovechamiento y la transitoriedad para el cumplimiento de las obligaciones que deben atender los recicladores de oficio y las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento en el servicio público de aseo, para todo el territorio nacional.
Decreto 1077 de 2015	Decreto Único reglamentario del Sector Vivienda – contiene disposiciones relacionados con el servicio público de aseo y sus esquemas de operación.
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
Decreto 3695 de 2009	Reglamenta el formato, presentación y contenido del comparendo ambiental de que trata la Ley 1259 de 2008, así como establece los lineamientos generales para su imposición al momento de la comisión de cualquiera de las infracciones sobre aseo, limpieza y recolección de residuos sólidos, que adelante se codifican.
Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1713 de 2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Decreto 605 de 1996	Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
<b>Resoluciones</b>	
Resolución 2184 de 2019	Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 0754 de 2014	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos
Resolución 1045 de 2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
Resolución 1390 de 2005	Por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la

	Resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en término establecido en la misma.
Resolución 1291 de 2006	Por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para construcción y operación de rellenos sanitarios y se adoptan otras determinaciones.

*Nota:* información normativa tomada de la página de la SUIN-Juriscol, adaptado de Constitución política de Colombia, 1991.

**Tabla 2.***Normatividad relacionada con el esquema tarifario del servicio público de aseo*

<b>Decretos</b>	
Decreto 1784 de 2017	Reglamenta las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos en la prestación del servicio público de aseo.
Decreto 1077 de 2015	Determina el esquema de prestación del servicio público domiciliario de aseo en sus actividades de recolección, transferencia, y transporte de residuos generados por usuarios residenciales y pequeños productores. Aplica también a la recolección y transporte de residuos ordinarios de grandes generadores, reciclaje, tratamiento, aprovechamiento, disposición final de residuos sólidos y operación comercial.
<b>Resoluciones</b>	
Resolución CRA 943 de 2021	Compila la regulación general de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
Resolución CRA 853 de 2018	Establece el régimen y metodología tarifarios aplicable a las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de hasta 5.000 suscriptores.
Resolución CRA 779 de 2016	Expide los porcentajes de distribución del incremento en el costo de comercialización del servicio CCS, entre las personas prestadoras de la actividad de recolección y transporte de no aprovechables y las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, cuando se presta esta actividad en el municipio y/o distrito.
Resolución CRA 720 de 2015	Establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.
Resolución 351 de 2005	Establece los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios.

*Nota:* información normativa tomada de la página de la SUIN-Juriscol.

### 3. Metodología

Para el proceso investigativo se plantea el desarrollo de dos fases de análisis; la primera contempla la identificación de las externalidades ambientales que genera el no aprovechamiento de residuos orgánicos y la identificación de impactos ambientales generados por la disposición de residuos en relleno sanitario. La segunda fase aborda un análisis metodológico para que a partir de teoría de la valoración económica ambiental se sustente la necesidad de establecer e implementar estrategias para la gestión integral de residuos y el procedimiento para la inclusión de valores en el servicio público de aseo.

De acuerdo con lo anterior, se planea una investigación mixta (cuantitativa - cualitativa) descriptiva que va a relacionar los beneficios de la inclusión de los costos ambientales para la transformación de residuos orgánicos en el marco tarifario del servicio público de aseo, tomando como referencia las características del sistema de recolección de residuos en Bogotá.

Para la selección del método de valoración económica ambiental, se analizará los métodos de valoración indirecta, específicamente se estudiará la metodología de costos evitados, toda vez que se puede identificar las relaciones directas de las actividades de disposición de residuos para valorar los bienes ambientales y sociales afectados. De igual forma, se revisará la importancia de fortalecer las alternativas de transformación de residuos orgánicos como un modelo de negocio verde, que aporte al cumplimiento de metas nacionales y amplíe la oferta de materiales aprovechables potencialmente aptos como materia prima para nuevos procesos productivos.

En el proceso de investigación se identifica como público objeto a los entes reguladores en la toma de decisiones, a los cuales se plantea que los resultados del proceso investigativo aporten en la generación de nuevo conocimiento para el establecimiento de disposiciones normativas sobre el reconocimiento de tarifas para el aprovechamiento de residuos orgánicos. Específicamente las entidades, responsables del seguimiento y control a la prestación del servicio de aseo, teniendo en cuenta que no existe directrices claras sobre las actividades de aprovechamiento y tratamiento biológico, o transformación de materiales orgánicos y los costos tarifarios que pueden migrar a los procesos de comercialización de residuos orgánicos como estrategia que incentive el aprovechamiento a través de organizaciones recicladoras o esquemas de gestión integrada.

## **4. Resultados**

### **4.1. Externalidades ambientales causadas por la inadecuada disposición de residuos sólidos**

El manejo inadecuado de residuos sólidos puede generar una serie de externalidades ambientales negativas que afectan la salud de las personas y la biodiversidad de los ecosistemas; las cuales desencadenan otras afectaciones de forma directa o indirecta, como lo es, la generación de gases de efecto invernadero por la descomposición o incineración de residuos; contaminación de agua subterránea por la filtración de lixiviados con altas cargas de sustancias químicas y contaminación de aguas superficiales con los residuos dispuestos en humedales, ríos y lagos.

Para estudiar el valor económico ambiental por los impactos positivos o negativos que se pueden generar por la disposición de residuos, es de importancia iniciar con el reconocimiento de las externalidades ambientales o efectos que no se valoran, pero incurren de forma negativa en el entorno y territorio. Magnificar los impactos ambientales en términos económicos permite internalizar las externalidades (Paredes & Tinoco López, 2006), para el reconocimiento del pago del costo por afectación o contaminación, pues en muchas ocasiones el consumidor no asume el costo real de un bien o servicio, teniendo en cuenta que no se encuentra inmerso el costo ambiental y social que implica el proceso para su obtener producto o actividad final (Delacámara, 2008), implicando como consecuencia una asignación ineficiente de recursos y surgiendo a partir de este hecho, el principio de quien contamina paga (López Sela & Ferro Negrete, 2006).

Es evidente, que aplicar este tipo de principios únicamente cuando se identifica y mide la afectación ambiental, es lo que ha desencadenado una serie de daños inmanejables al medio ambiente, sin que aporte de forma significativa las medidas de prevención y compensación. Para el caso de la disposición de residuos, se puede relacionar impactos ambientales internalizables y no internalizables, lo cual depende si su afectación es reversible y controlable con alguna medida de mitigación o restauración (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, [ANLA], 2017).

La contaminación de fuentes hídricas superficiales o subterráneas por el manejo inadecuado o filtración de lixiviados en los rellenos sanitarios, es un ejemplo de impacto internalizable, toda vez que, se puede prevenir o mitigar el efecto con el manejo y operación técnica del lugar de disposición final. Caso diferente a los efectos negativos que se produce por los malos olores que se generan a causa de la descomposición de los residuos o la afectación en la valorización de predios o terrenos de las comunidades aledañas al relleno. Son impactos no internalizables, que afectan significativamente la calidad ambiental y bienestar social teniendo en cuenta su difícil control y manejo, a pesar de que se implemente medidas de prevención o corrección.

La construcción, habilitación, operación y clausura de un relleno sanitario tiene implícito la generación de varios impactos negativos al ambiente y a nivel social, económico, cultural y de salud, como por ejemplo la proliferación de vectores y plagas; la afectación en la vegetación, la fragmentación de hábitats; el deterioro del paisaje; la ecotoxicidad; el desplazamiento de comunidades vulnerables; el aumento de enfermedades respiratorias, de piel y digestivas, entre otros. Adicional, se incurre en el gasto de recursos naturales, económicos y administrativos; considerando las demandas de energía para la operación, las

altas inversiones para la adecuación de espacios para el enterramiento de residuos y compensación ambiental, el resarcimiento económico a la población y la gestión administrativa local para garantizar la recolección y transporte.

#### **4.2. Análisis de los impactos generados por la disposición de residuos en relleno**

##### **sanitario**

La identificación de los impactos ambientales generados por un relleno sanitario y botadero a cielo abierto no solo debe contemplar las actividades de construcción, operación y cierre; sino que deben estar más allá de los aspectos y efectos negativos cuantificables y relacionados con un nivel y criterio de afectación. Pues en la mayoría de los casos las afectaciones a nivel social, la repercusión económica y de desarrollo que puede provocar las externalidades por la eliminación de residuos en el suelo no se dimensionan, cualifican o califican; convirtiéndose en un problema oculto, que se convierte en la fuente principal para el surgimiento de más dificultades que afectan la calidad de vida, entorno y salud de la población.

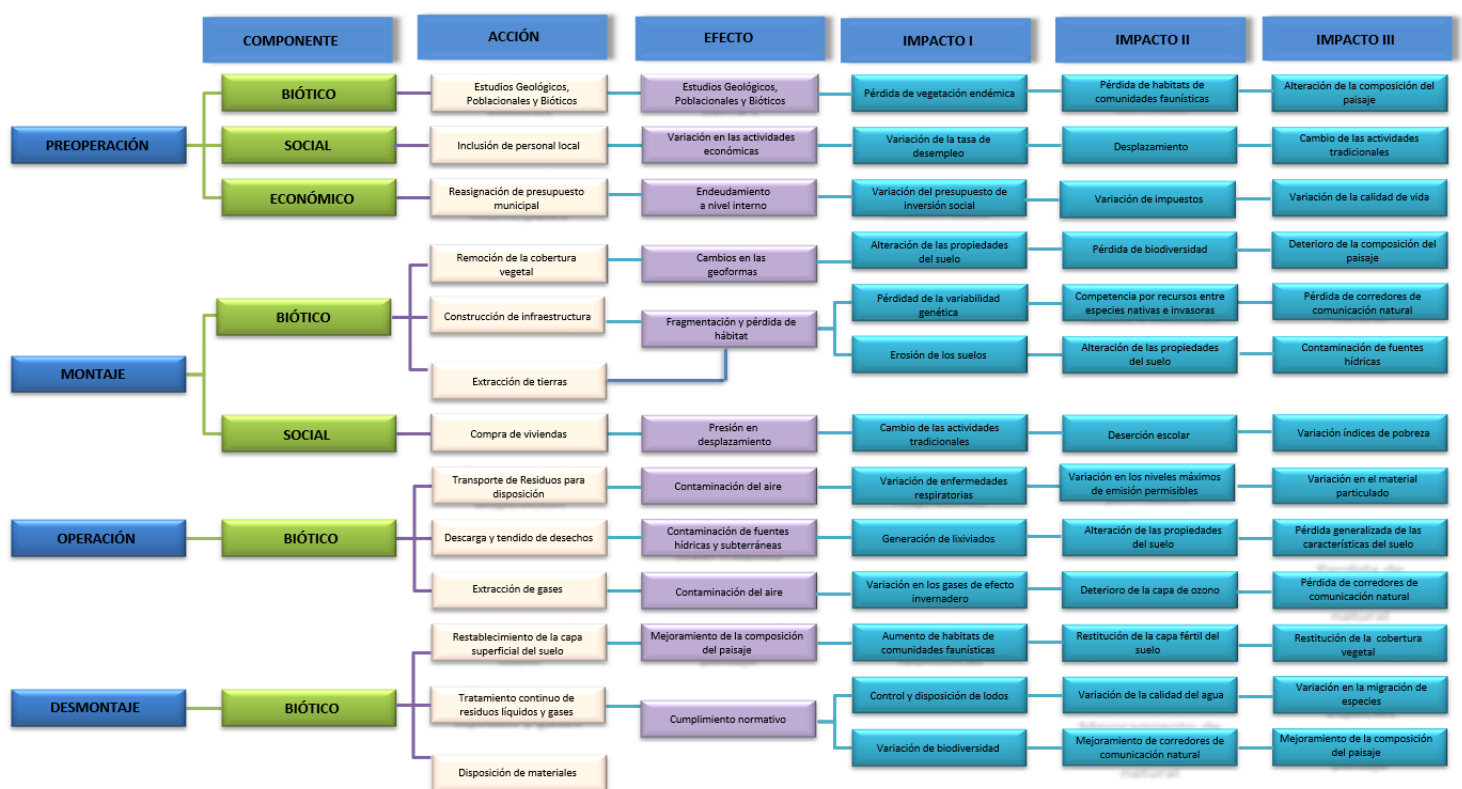
Para analizar los impactos generados por la disposición de residuos, se adelanta la relación de los aspectos y efectos que genera las diferentes etapas de un proyecto de relleno sanitario, en el componente biótico, social-cultural y económico; lo cual a su vez hace parte de una red de afectaciones a la salud ambiental, lo que está estrechamente relacionado con las condiciones de bienestar y salud de la comunidad, los ecosistemas y el paisaje en general.

Determinar una causa específica a las externalidades que se pueden generar por las actividades de disposición de residuos, limitaría a la evaluación de un sin número de posibles efectos negativos y fuerzas impulsoras que se pueden presentar (Schütz et al., 2008); teniendo

en cuenta que en la actualidad son muy pocos los estudios estadísticos e interdisciplinarios que presenten indicadores de evaluación y seguimiento a los efectos colaterales de un relleno sanitario. Lo que sí es claro, es que además del daño ambiental y pérdida de los servicios ecosistémicos, la suma de todos los impactos genera un aumento en las tasas de morbilidad, pobreza, vulnerabilidad social y se puede asociar altos índices de bioacumulación y aporte al cambio climático, entre otros.

**Figura 1.**

*Aspectos e impactos generados por un relleno sanitario*



Nota: En la gráfica anterior, se presenta la identificación de impactos ambientales por la preoperación, montaje, operación y desmonte o cierre de un relleno sanitario, aplicando la metodología de diagrama de red de interacción proyecto – ambiente. Fuente: Autor (2023) a partir de (Arboleda González, 2005, p. 58).

De acuerdo con la identificación de aspectos e impactos generados por un relleno sanitario, se puede relacionar a nivel general veintiocho (28) impactos negativos generados al componente biótico en diferentes aspectos, como lo es la alteración de geoformas, fragmentación y pérdida de hábitat, contaminación del agua, aire y suelo, que en muchas ocasiones no son identificados ni valorados de forma integral para el correcto establecimiento planes de manejo ambiental, en aras de mitigar y compensar los impactos directos e indirectos generados por la actividad de enterramiento de residuos.

#### **4.3. Revisión de las principales características del sistema de recolección de residuos en Bogotá**

La recolección y disposición de residuos sólidos en Bogotá es adelantada por empresas públicas y privadas desde el año de 1988, en la actualidad la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - UAESP realiza control y seguimiento a la gestión de los residuos; desde el año 2018 se actualizó el esquema de recolección de residuos en la Ciudad de Bogotá, dividiendo la ciudad en cinco zonas, para que las empresas prestadoras del servicio público de aseo realicen las actividades de recolección y transporte de los desechos que generan los Bogotanos. Desde esa fecha se encuentra operando las empresas Promoambiental, Limpieza Metropolitana, Ciudad Limpia, Bogotá Limpia y Área Limpia las cuales establecen las frecuencias, rutas y horarios de recolección de acuerdo con las características específicas de cada zona y tipo de servicios, residencial o comercial.

La gestión de residuos y pago en la facturación de aseo para la ciudad de Bogotá incluye el servicio de recolección, limpieza urbana, corte de césped, poda de árboles y transporte y disposición final en el relleno sanitario. Caracterizándose por ser un proceso lineal que únicamente recolecta residuos y se trasladan para enterramiento en el relleno

sanitario Doña Juana, actividad que no es ambientalmente sostenible ni financieramente factible a largo plazo, por lo que en varias oportunidades las entidades gubernamentales locales han realizado el llamado a una correcta clasificación de residuos para disminuir las toneladas diarias dispuestas.

#### 4.3.1. Volúmenes de residuos generados

La producción de residuos en Bogotá se encuentra en un promedio de 0,85 Kg/día/hab (Consortio NCU- UAESP, 2017, p. 4), valor que puede aumentar debido a la deficiencia de la separación de los residuos en los hogares bogotanos, al aumento de las actividades productivas y de consumo, a la alta migración de personas extranjeras y a la falta de inversión en proyectos que incentiven la transformación y aprovechamiento de residuos. Por lo anterior, se convierte en una de las prioridades de las políticas medioambientales en la formulación de planes y programas a nivel distrital y nacional.

**Tabla 3.**

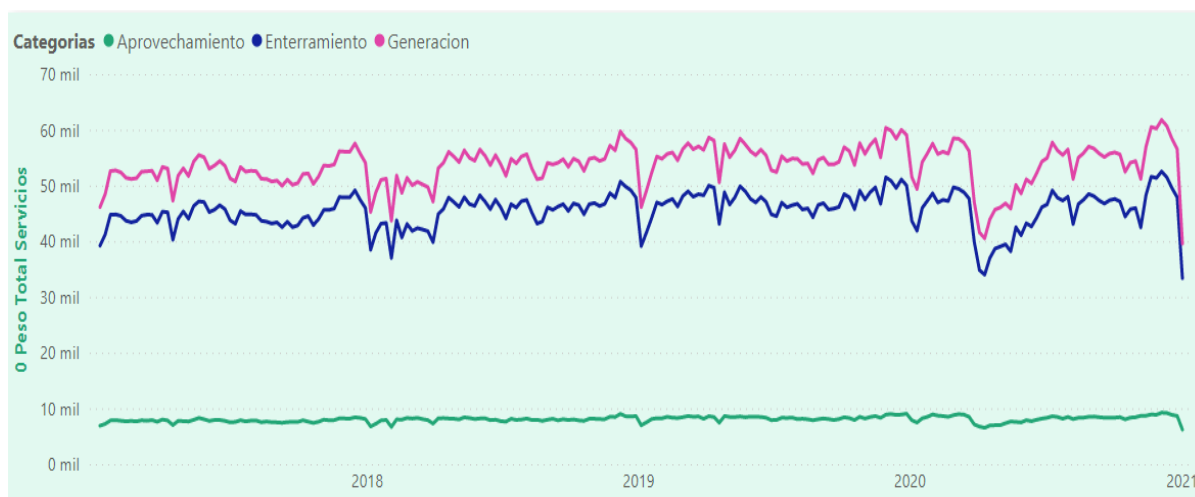
*Residuos generados, aprovechados y dispuestos 2018 – 2021*

Tipo de residuo	2018			2019			2020			2021		
	Generación	Aprovechamiento	Enterramiento	Generación	Aprovechamiento	Enterramiento	Generación	Aprovechamiento	Enterramiento	Generación	Aprovechamiento	Enterramiento
<b>Incinerables</b>	905,776	252,143	653,633	920,396	258,903	661,493	936,273	266,017	670,256	918,691	261,366	657,325
<b>Inertes</b>	155,352	70,539	84,813	157,86	72,029	85,831	160,582	73,612	86,97	157,568	72,428	85,14
<b>Orgánicos</b>	1241,579	84,66	1156,919	1255,49	91,005	1164,485	1277,292	97,352	1179,94	1250,929	99,347	1151,582
<b>Otros</b>	414,817	92,829	507,646	434,259	121,169	555,428	498,476	-169,705	668,181	454,505	-64,934	519,439

Nota: En la tabla anterior, se presenta las toneladas de residuos generados, aprovechados y dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana, para el periodo 2017-2020. Fuente: Observatorio Ambiental de Bogotá (2022).

**Figura 2.**

*Residuos generados, aprovechados y dispuestos 2018 – 2021*



Nota: En la gráfica anterior, se observa el comportamiento de los residuos generados, aprovechados y dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana, para el periodo 2017-2020. Fuente: Autor (2023) a partir de Observatorio Ambiental de Bogotá (2022).

#### **4.3.2. Caracterización por tipo de residuos**

En el año 2019, se definió directrices para la separación de residuos sólidos a través de la Resolución 2184 de 2019, a partir de las características aprovechables y no aprovechables, adoptándose un código de colores básico (verde – blanco – negro) que facilitará la clasificación y aprovechamiento de residuos a nivel nacional, en el marco de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), tanto para el sector público como el privado.

La definición del código de colores para la clasificación de los residuos, fue a partir de la composición física (sólidos – líquidos), características de aprovechamiento (Residuos orgánicos crudos; plástico, papel, cartón, vidrio, metales)(Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012) y categorías definidas a nivel normativo (residuos sólidos urbanos - RSU, residuos peligrosos - RESPEL, residuos de construcción y demolición – RCD, Residuos de

aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE); con el propósito de facilitar a la ciudadanía, industria, comercio, entre otros la separación, gestión y aprovechamiento con organizaciones recicladoras y gestores autorizados.

A continuación, se relaciona la composición porcentual de residuos para la ciudad de Bogotá de acuerdo con la cuantificación anual realizada por la UAESP, donde se confirma que, más del 40% de los residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana tienen características orgánicas.

**Tabla 4.**

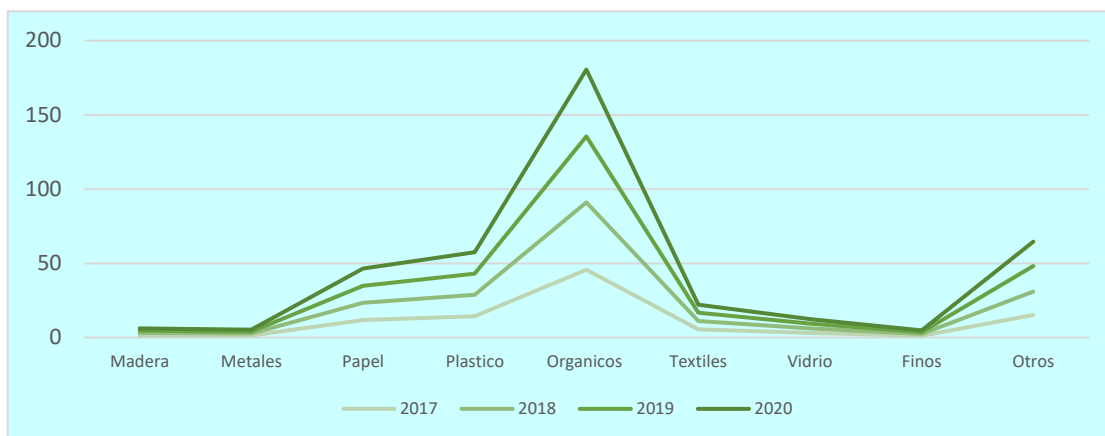
*Porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana 2018 – 2021*

<b>Tipo de residuo</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Madera</b>	1,54%	1,54%	1,51%	1,53%
<b>Metales</b>	1,35%	1,34%	1,32%	1,33%
<b>Papel</b>	11,72%	11,69%	11,46%	11,61%
<b>Plástico</b>	14,47%	14,43%	14,15%	14,34%
<b>orgánicos</b>	45,69%	45,36%	44,46%	44,97%
<b>Textiles</b>	5,61%	5,59%	5,48%	5,55%
<b>Vidrio</b>	3,15%	3,14%	3,08%	3,12%
<b>Finos</b>	1,23%	1,22%	1,2%	1,21%
<b>Otros</b>	15,26%	15,69%	17,35%	16,34%

Nota: En la tabla anterior, se presenta la composición porcentual de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana entre el año 2018 y 2021. Fuente: Observatorio Ambiental de Bogotá (2022).

**Figura 3.**

*Porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana*



Nota: En la gráfica anterior, se observa el comportamiento porcentual de los residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana, para el periodo 2017-2020. Fuente: Autor (2023) a partir de Observatorio Ambiental de Bogotá (2022).

#### **4.3.3. Flujo de proceso para la recolección y disposición**

Considerando lo establecido en el Decreto 1784 de 2017, en el cual se establecen disposiciones a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo, se identifica tres clasificaciones principales para la gestión de residuos sólidos (aprovechamiento, tratamiento y disposición final), donde el aprovechamiento se centra principalmente en materiales aprovechables inorgánicos como metales, plástico, cartón, papel y vidrio; el tratamiento a la aplicación de técnicas avanzadas a los residuos sólidos para la obtención de subproductos como energía, combustibles derivados de residuos (CDR), compost, entre otros; la disposición final donde se continúa contemplando el enterramiento de residuos en celdas y se obtiene subproductos resultantes de la operación como biogás y energía.

De acuerdo con la normatividad asociada al servicio público de aseo, a nivel nacional se sigue un mismo patrón en el flujo de proceso para la recolección y disposición de residuos,

el cual se caracteriza por unas etapas simples, pero que requieren un despliegue logístico, operativo y administrativo para garantizar el transporte y disposición final.

Como etapa inicial se identifica la generación de residuos por el desarrollo de actividades residenciales, industriales, comerciales y prestación de servicios; donde el ideal es que se adelante una separación en la fuente mediante el empleo de contenedores y de acuerdo con las características de los residuos para facilitar el reciclaje y reutilización de los materiales potencialmente aprovechables.

Para la recolección, transporte y disposición final, todos los municipios tienen el compromiso de establecer su plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), definiendo los lineamientos para la recolección puerta a puerta de los diferentes generadores o en los puntos estratégicos de recolección conforme a la distribución predial. Para el transporte, se emplean vehículos compactadores equipados con un sistema hidráulico debe cumplir con los estándares mínimos de calidad, para garantizar que la recolección sea eficiente y segura; minimizando riesgos sanitarios por dispersión o derrame.

Para la disposición final se identifica dos opciones, el tratamiento o procesamiento donde se somete los residuos a procesos de valorización y transformación en nuevos productos; y la disposición final en relleno sanitario, celda de seguridad o vertedero controlado.

Actualmente, a nivel nacional hay 160 rellenos sanitarios y 79 vertederos a cielo abierto (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2023, p. 25), donde en departamentos como Cundinamarca, Valle del Cauca, Antioquia, Santander, Norte de Santander, Atlántico se disponen más de 6.000 toneladas al día. Un panorama no muy alentador, pero desafiante considerando que, para el 2020 se estimó una disposición final a

nivel nacional de 11.600.849,21 toneladas de residuos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2023) y un aprovechamiento de 1.903.269 toneladas (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020, p. 22), lo que no supera un 20% del total dispuesto en sitios autorizados.

Para Bogotá el escenario no presenta mucha variación, considerando que, para el año 2020 se dispuso por método de enterramiento 2.721.227 toneladas de residuos frente a 470.321 toneladas aprovechadas, lo que representa un 17,28% (Observatorio Ambiental de Bogotá & Secretaria Distrital de Ambiente [SDA], 2024) y analizando las cifras para los años 2021, 2022 y 2023, los porcentajes no tienen un aumento significativo, pues se obtuvieron valores de aprovechamiento que no superan el 19%; indicando así, la necesidad de diseñar y poner en marcha de estrategias contundentes, que aporten a una reducción acelerada del enterramiento de residuos aprovechables y prolongue la vida útil de los lugares de disposición de residuos autorizados.

La Procuraduría General de la Nación alerta sobre el futuro incierto del relleno sanitario para la ciudad de Bogotá y sus alrededores (Procuraduría General de la Nación, 2023), teniendo en cuenta que conforme a lo establecido por las autoridades ambientales su el tiempo de vida útil finaliza en el año 2025, situación que reafirma la necesidad impulsar el aprovechamiento de residuos orgánicos.

#### **4.4. Contexto de los métodos indirectos para valorar bienes y servicios ambientales**

Los métodos indirectos empleados para valorar bienes y servicios ambientales tienen una perspectiva que no se fundamenta en transacciones de mercado, sino que observaciones y suposiciones basadas en el comportamiento humano a partir de sus preferencias reveladas,

es decir, se usa las preferencias de los individuos y sus decisiones para inferir en el valor de los bienes. A continuación, se presenta los métodos indirectos más comunes:

#### **4.4.1. Costos evitados**

Valora los bienes y servicios ambientales en función de los costos que se evitarían al preservar o mantener un ecosistema en su estado natural. Es utilizado para determinar el valor económico total de las tres categorías que integran el valor de uso (directo, indirecto y de opción). (Cristeche & Penna, 2008).

Con este método es posible cuantificar la disposición que se tiene para incurrir en determinados costos con el fin de evitar el daño causado por la degradación del medio ambiente, lo que ocasiona la pérdida de un servicio ambiental. (Ripka de Almeida et al., 2018, p. 3).

#### **4.4.2. Costos del viaje**

Generalmente, es empleado para determinar valores de uso en ecosistemas, a partir del análisis de la demanda por una determinada actividad de recreación directamente vinculada a al recurso natural. Midiendo el gasto en tiempo y dinero que las personas incurren para visitar un sitio recreativo. La idea es que el costo del viaje refleja el valor que los visitantes asignan al sitio (Cristeche & Penna, 2008, p. 29).

#### **4.4.3. Precios hedónicos**

Se basa en la idea de que el valor de un bien o servicio ambiental puede afectar los precios de bienes de mercado que están relacionados con su calidad. Un claro ejemplo, es cómo influye la calidad del aire, la cercanía de un parque o la contaminación por ruido influye en el valor de las viviendas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2003, p. 23).

#### ***4.4.4. Productividad Marginal***

Este método estima el valor de los servicios ambientales en términos de su aporte para el desarrollo y productividad de actividades económicas. Para este caso, se puede asociar el valor e impacto de la polinización o la calidad del suelo en la productividad agrícola.

#### ***4.4.5. Análisis de Preferencias Reveladas***

Este enfoque utiliza datos de comportamiento real de las personas para inferir el valor de los bienes ambientales. Se basa en como las preferencias de los individuos tienen relación en la demanda de bienes y servicios, observando como las elecciones de los consumidores influye en el comportamiento de mercado, donde los bienes ambientales tienen relación indirectamente en las decisiones de compra. (Faster Capital, 2024).

### **4.5. Análisis metodología de costos evitados para la valoración económica ambiental del aprovechamiento de residuos orgánicos**

La metodología de costos evitados es apropiada para determinar los costos que se pueden evitar en relación con los costos reales que se incurren para el transporte y disposición de residuos en rellenos sanitarios, toda vez que, esta metodología es aplicable en situaciones en las que se pretende reducir la inversión requerida para un proceso o proyecto, a través de la aplicación de medidas para prevenir o evitar ciertos riesgos.

Adicional, este método también se emplea cuando se busca proporcionar incentivos financieros para motivar el desarrollo de actividades sostenibles con un menor impacto ambiental, considerando que al estimar el costo económico o ahorro que resulta del desarrollo de mejores prácticas ambientales y su impacto positivo a nivel ambiental y social contribuye al desarrollo efectivo de políticas y a la movilización y motivación de los individuos directamente implicados.

Aplicar la metodología de costos evitados para valorar los costos ambientales y sociales que se evitarían al aumentar el aprovechamiento y valorización de residuos orgánicos, es una gran herramienta para cuantificar, identificar y realizar un balance de la eficiencia y efectividad del siempre usado método lineal para la gestión de residuos en el país, aún más teniendo en cuenta que el 51.32% del total de residuos generados en Bogotá su composición es orgánica (Consortio NCU- UAESP, 2017, p. 3).

Potenciando la implementación de estrategias de transformación y aprovechamiento de residuos orgánicos en subproductos para el acondicionamiento y fertilización de suelos a través de métodos mecánicos, biológicos o térmicos, como el compostaje, vermicompostaje, digestión anaerobia, pirolisis o gasificación.

Para el desarrollo de la metodología, se sugiere desarrollar las siguientes etapas para contar con la información relacionada con los costos que implica la gestión de residuos:

- **Costos de disposición final:** costos del transporte y depósito de los residuos en el relleno sanitario.
- **Costos de maquinaria e insumos:** costos asociados a la maquinaria e insumos requeridos para el manejo de los residuos sólidos y líquidos.
- **Costos ambientales:** costos del tratamiento de lixiviados, lodos y gases de efecto invernadero, para el manejo y mitigación de los impactos ambientales, por la contaminación del suelo, agua y aire.
- **Costos sociales:** costos asociados a la atención en salud y programas sociales de la población ubicada en el área de influencia del relleno sanitario.
- **Costos de operación:** costos para la operación y mantenimiento del área de disposición de residuos (mano de obra – energía).

En el proceso de cuantificación de los costos evitados, se debe contar con las respectivas estadísticas de disposición de residuos, tasas de morbilidad y mortalidad, indicadores de emisión de contaminantes y generación de vertimientos, inversión en insumos y maquinaria, presupuesto del talento humano requerido para la operación de acuerdo con los procesos de recolección, transporte y disposición final.

Adicional, se debe cuantificar los costos que implica el aprovechamiento y valorización de residuos y los beneficios económicos de los subproductos generados como el compost, biogás, energía, estimando adicionalmente, los costos evitados por la atención de enfermedades respiratorias, cutáneas, gastrointestinales, entre otras a la población afectada.

Finalmente, se debe adelantar un análisis de costos beneficios, comparando los costos iniciales requeridos para la gestión y disposición convencional de los residuos en relación con los costos que representa el mejoramiento de las condiciones ambientales, la rentabilidad directa e indirecta del desarrollo de proyectos para el aprovechamiento de residuos orgánicos y los costos evitados en la atención en salud.

#### **4.6. Acciones y avances para la inclusión de una tarifa en el servicio público de aseo para el aprovechamiento de residuos orgánicos**

Colombia ha adelantado acciones para fortalecer el aprovechamiento de residuos, actualmente existen muchos emprendimientos y proyectos que ha adelantado la ciudadanía para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en su comunidad; sin embargo, en la actualidad no se cuenta con un plan ni programa robusto que defina lineamientos para la transformación y valorización de biomasa residual, ni tampoco normatividad que impulse

la inclusión de una tarifa en el servicio público de aseo para el aprovechamiento de este tipo de residuos.

Cabe resaltar que, el proceso para el manejo adecuado de un tipo de residuo demanda de una inversión considerable y de la ejecución de acciones estratégicas para contar con alternativas sostenibles en el tiempo, que garanticen el correcto manejo, tratamiento e incorporación a nuevos procesos productivos los subproductos resultantes del aprovechamiento de residuos orgánicos.

Un claro ejemplo, es la gestión y manejo que se adelanta con los residuos de construcción y demolición resultantes de las actividades de remodelación y construcción, los programas posconsumo para el manejo adecuado de residuos con características peligrosas o especiales o los programas para impulsar el retorno, reutilización y transformación de materiales reciclables, como la separación de elementos plásticos (tapas, botellas, bolsas), cartón (tetra pak), textiles (moda sostenible) entre otros.

Sin embargo, las acciones para el diseño de políticas contundentes enfocadas al aprovechamiento y valorización de los residuos orgánicos han quedado rezagadas, desconociendo el potencial y beneficios directos e indirectos que puede generar los residuos orgánicos con un manejo diferente al de enterramiento en suelo.

Al realizar los avances para que se logre la definición e inclusión de una tarifa en el servicio público de aseo exclusiva al aprovechamiento de residuos orgánicos que impulse su separación y gestión, no ha estado en la prioridad de los entes gubernamentales, sin embargo, se identifica el aporte de los esfuerzos realizados para definición de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible y Estrategia de Economía Circular a nivel nacional, además de normatividad que establece lineamientos para la con la recolección, transporte,

tratamiento y disposición final de residuos sólidos como lo es el Decreto 1077 de 2015, el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio y la Resolución 0754 de 2014 que reglamenta las actividades de aprovechamiento de residuos sólidos y los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Así mismo, se ha promovido la formalización e inclusión a programas de redignificación laboral a los recicladores de oficio, vinculando su labor en el sistema para la gestión de los residuos sólidos, fortaleciendo el aprovechamiento de residuos inorgánicos reciclables, lo cual sirve como una hoja de ruta para definir bases en lo relacionado con el aprovechamiento de residuos orgánicos y el desarrollo de proyectos piloto locales como plantas de compostaje

Las anteriores acciones aportan a la motivación del establecimiento de una tarifa diferenciada para la gestión de los residuos orgánicos, incentivando la correcta separación, la incorporación de este tipo de materiales al flujo de los procesos de transformación y aprovechamiento, el aumento de los costos evitados por disposición final sin previo tratamiento y el fortalecimiento de la educación y sensibilización de la ciudadanía.

Identificando varios desafíos para que se materialice la estimación de una tarifa exclusiva que vuelva atractivo el mercado del aprovechamiento de biomasa residual o residuos orgánicos y se incorpore en el sistema tarifario del servicio público de aseo, conforme a las fórmulas tarifarias establecidas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.

#### **4.7. Implementación de unidades técnicas para la gestión de residuos orgánicos –**

##### **UTGRO**

Es clave y estratégico evaluar la implementación de unidades técnicas para la gestión de residuos orgánicos, toda vez que es crucial para que se inicie con la gestión integral de residuos orgánicos y sea una actividad sostenible y rentable económicamente. De acuerdo con la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos - Conpes 3874 de 2016, se planteaba a largo plazo (10 años) la definición de esquemas de tratamiento de los residuos sólidos, enfocando acciones para la optimización de los rellenos sanitarios con la incorporación progresiva de tecnologías para la valorización de los residuos orgánicos.

Propósito que se puede cumplir con el diseño y construcción de las unidades técnicas para la recolección, tratamiento y aprovechamiento de estos residuos, en puntos estratégicos para facilitar el proceso el compostaje y la digestión anaerobia de los residuos orgánicos generados, vinculando las responsabilidades que tienen los municipios y distritos en los planes de gestión integral de residuos para la creación de estas unidades técnicas.

Para el año 2021 se cuantificó que existen en promedio 30 plantas de tratamiento de residuos orgánicos a nivel nacional, cifra irrisoria en comparación con los 1.102 municipios con los que cuenta Colombia y la alta generación de residuos, problemática que se puede asociar a que en la actualidad no está considerado en el componente tarifario una remuneración a la actividad de aprovechamiento, toda vez que, se calcula que el valor del costo de disposición final es aproximadamente de \$50.000 por tonelada de residuos, cifra que no alcanza la sostenibilidad financiera de este tipo de proyectos para los prestadores del servicio público de aseo (Banco Mundial & Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021, pp. 61-63).

#### **4.8. Alternativas de descomposición no convencionales para la transformación de residuos orgánicos**

Actualmente existen varias alternativas no convencionales para la descomposición y transformación de los residuos orgánicos, como la gasificación, pirolisis, fermentación láctica, el vermicompostaje, entre otras, que son más avanzadas en relación con los métodos tradicionales como el compostaje y la digestión anaerobia.

Estas alternativas innovadoras cuentan con una serie de beneficios adicionales en términos de eficiencia, sostenibilidad y generación de productos y subproductos con un valor agregado, que reorienta los procesos de descomposición de residuos con metodologías más tecnificadas y ágiles. A continuación, se relaciona algunas de estas alternativas de transformación no convencionales:

- **Bioconversión con insectos:** se transforma los residuos orgánicos en compuestos de alto valor añadido de forma sostenible, utilizando larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) para su descomposición. Este tipo de larvas consumen con rapidez los residuos y posteriormente, las mismas se pueden emplear como alimento para animales o como fuente de proteínas. (Proteinsecta, 2020)
- **Digestión Anaerobia Avanzada:** Es una técnica mejorada de la digestión anaerobia, denominada co-digestión, en donde se añaden los residuos orgánicos con diferentes tipos de residuos y la utilización de reactores de alta tasa. Obteniendo así, una producción de biogás mejorada, con una mejor eficiencia. (Environmental Protection Agency EPA, 2016).
- **Fermentación Láctica (Bokashi):** alternativa que emplea la fermentación anaerobia mediante microorganismos eficaces (EM) para descomponer residuos orgánicos. El

proceso produce un compost fermentado que puede ser usado directamente en el suelo. Una de sus principales ventajas, es la no generación de olores y su fácil aplicación, convirtiéndose en una alternativa efectiva cuando no se dispone de un área grande para el proceso de transformación.

- **Gasificación:** esta alternativa convierte los residuos orgánicos en gas de síntesis (syngas) mediante un proceso de oxidación parcial a altas temperaturas. Su alta eficiencia en la conversión de residuos a energía, reducción significativa de residuos sólidos y producción de energía renovable como materia prima para la producción de biocombustibles. (Instituto Tecnológico del Plástico, 2023)
- **Pirólisis:** es un proceso termoquímico que descompone los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno a altas temperaturas, produciendo biocarbón (biochar), biogás y aceites bioquímicos. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.)

Es importante aclarar que, la producción de biochar mejora la calidad de los suelos y es insumo para la generación de energía a partir del biogás y producción de aceites bioquímicos para diversos usos industriales.

- **Vermicompostaje:** técnica que utiliza lombrices de tierra, especialmente la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), para descomponer los residuos orgánicos. Este método convierte los residuos en vermicompost, un abono de alta calidad que mejora la estructura del suelo y su fertilidad. (Museo de Gobierno Natural de Valparaíso, s. f.)

## 5. Conclusiones

La aplicación de la metodología de costos evitados para estimar el valor económico ambiental del aprovechamiento de residuos orgánicos es pertinente y apropiado en relación con las demás metodologías de valoración económica ambiental, considerando que su desarrollo es sencillo, permite realizar un símil o comparación de los costos directos e indirectos empleados para el transporte y disposición final de los residuos sólidos en relleno sanitario, en relación con los costos en que se incurriría empleando tecnologías eficientes para su transformación, conforme a los componentes que lo integran para determinar el valor de uso directo, indirecto y de opción.

Para fomentar el aprovechamiento de residuos orgánicos, se requiere el impulso de los procesos de transformación y valorización, través de la financiación de diferentes proyectos regionales que aceleren el aprovechamiento de materiales residuales con características orgánicas. Con la apuesta de valorar los costos que se incurren en el tratamiento y disposición convencional de residuos, es el primer paso que ofertaría la revisión de nuevas alternativas para la gestión integral de residuos orgánicos.

Realizar la valoración económica ambiental de los impactos ambientales generados por la inadecuada disposición de residuos orgánicos aprovechables y establecer costos que se ingresen al sistema tarifario de aseo, se puede convertir en un mecanismo efectivo que incentiva y promueve la separación de residuos, reduce la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y aporta a la sostenibilidad ambiental con la obtención de nuevos productos como acondicionares orgánicos para el suelo y biogás.

Adicional, la inclusión de tarifas diferenciadas y valores añadidos en el sistema tarifario de aseo, tiene beneficios económicos para los usuarios, las empresas prestadoras del servicio público y financiamiento del sistema de salud y social; considerando que, los usuarios pueden obtener reducciones tarifarias por la separación adecuada; las empresas disminuyen los gastos requeridos en su operación y el Estado destina menores recursos para la atención y prevención de problemáticas resultantes de la operación de rellenos sanitarios.

De igual forma, el establecimiento de valores tarifarios relacionados con el aprovechamiento de residuos orgánicos, aumentaría la conciencia y la participación ciudadana en torno a la gestión de residuos, toda vez que, fortalece la educación y sensibilización sobre temáticas ambientales, obteniendo como resultado indirecto la materialización de cambios positivos en los hábitos de consumo y disposición de residuos; objetivo que tiene todo programa de gestión integral de residuos sólidos, para fomentar la disminución y correcta separación.

Finalmente, el enfoque tarifario por tipo de residuo contribuye al cumplimiento de normativas ambientales y políticas públicas relacionadas con la gestión sostenible de residuos. Al alinear los incentivos económicos con los objetivos de sostenibilidad, facilitando el cumplimiento de metas nacionales e internacionales en materia de reducción de residuos generados y dispuestos, emisiones de gases de efecto invernadero y disminución de la contaminación de fuentes hídricas y el suelo.

## 6. Referencias bibliográficas

- Arboleda González, J. A. (2005). *Manual para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades*. <https://es.scribd.com/doc/212254367/Manual-EIA-Jorge-Arboleda>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2017). *Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental*.  
[https://www.anla.gov.co/documentos/sipta/valoracion\\_economica/cartilla\\_criterios\\_tecnicos\\_para\\_el\\_uso\\_de\\_herramientas\\_economicas\\_ver2.pdf](https://www.anla.gov.co/documentos/sipta/valoracion_economica/cartilla_criterios_tecnicos_para_el_uso_de_herramientas_economicas_ver2.pdf)
- Banco Mundial & Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Tratamiento de residuos sólidos en el marco del servicio público de aseo*.  
[https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/20210806-entregable-1-v5-definitiva\\_0.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/20210806-entregable-1-v5-definitiva_0.pdf)
- Consorcio NCU- UAESP. (2017). *Estudio técnico de la caracterización en la fuente de residuos sólidos generados en la Ciudad de Bogotá Distrito Capital por tipo de generador y establecer el uso de métodos alternativos de transporte para materiales aprovechables*. Secretaría Distrital del Hábitat.  
<https://www.habitatbogota.gov.co/sites/default/files/archivos-adjuntos/Informe%205%281%29.pdf>
- Cristeche, E., & Penna, J. A. (2008). *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales*.  
[https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25399w/metodos\\_de\\_valoracion\\_eco](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25399w/metodos_de_valoracion_eco)

nomica.pdf.

[https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25399w/metodos\\_de\\_valoracion\\_economica.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25399w/metodos_de_valoracion_economica.pdf)

Delacámara, G. (2008). *Guía para decisores Análisis económico de externalidades ambientales*. Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3624>

Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos CONPES 3874*.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Environmental Protection Agency EPA. (2016). *Organics: Anaerobic Digestion Co-Digestion*. <https://archive.epa.gov/region9/organics/web/html/codigest.html>

Faster Capital. (2024). *Preferencia Revelada*. <https://fastercapital.com/es/palabra-clave/preferencia-revelada.html>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2021). *Cambio climático 2021—Bases físicas (6)*.

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_Spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf)

Instituto Tecnológico del Plástico. (2023, octubre 10). Gasificación: Método termoquímico para el tratamiento sostenible de residuos. *Aimplas*.

<https://www.aimplas.es/blog/gasificacion-metodo-termoquimico-para-el-tratamiento-sostenible-de-residuos/>

López Sela, P. L., & Ferro Negrete, A. (2006). *Derecho Ambiental*. IURE Editores.

<https://www.corteidh.or.cr/tablas/29157.pdf>

Malaver Aguilar, J. (2024). Reciclaje, el primer paso responsable para aprovechar la basura que generamos. *Basura en Bogotá. Una responsabilidad de todos los ciudadanos.*

<https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-una-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos#:~:text=La%20ciudad%20genera%207.500%20toneladas,%2C%20que%20equivalen%20al%2016%25>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2003). *Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales.*

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Guias-valoracion-servicios-ecosistemas-MADS.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.*

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/titulo-f-del-ras-2000.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). *Disposición final de residuos sólidos.*

<https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/tratamiento-y-disposicion-final>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio & Comisión de Regulación de Agua Potable y

Saneamiento Básico, CRA. (2022). *Estudio de estructura de mercado del servicio público de aseo en municipios y/o distritos con mas de 5000 suscriptores en el área urbana.* CRA. <https://www.cra.gov.co/sites/default/files/2023->

01/Estructura%20de%20Mercado%20Aseo%20FINAL%20dic%202022%20LN.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). *Valorización energética / Tratamientos térmicos*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/pirolisis.html#:~:text=La%20pirolisis%20es%20una%20degradaci%C3%B3n,produzcan%20las%20reacciones%20de%20combusti%C3%B3n>.

Molano Camargo, F. (2019). *El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: La producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019*. <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/hiscrit/article/view/4584/4015>

Museo de Gobierno Natural de Valparaíso. (s. f.). *Guía de compostaje y vermicompostaje [Infografía]*. [https://www.mhmv.gob.cl/sites/www.mhmv.gob.cl/files/images/articles-95564\\_archivo\\_01.pdf](https://www.mhmv.gob.cl/sites/www.mhmv.gob.cl/files/images/articles-95564_archivo_01.pdf)

Observatorio Ambiental de Bogotá. (2022). *Gestión integral de residuos en Bogotá*. <https://oab.ambientebogota.gov.co/gestion-integral-de-residuos-en-bogota/>

Observatorio Ambiental de Bogotá & Secretaría Distrital de Ambiente. (2024). *Porcentaje de residuos sólidos aprovechados—PRSA*. <https://oab.ambientebogota.gov.co/porcentaje-de-residuos-solidos-aprovechados/>

Paredes, A. J., & Tinoco López, R. O. (2006). *Métodos de valuación de externalidades ambientales provocadas por obras de ingeniería*. 7.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432006000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432006000200004)

Procuraduría General de la Nación. (2023). El futuro del relleno «Doña Juana» es incierto advierte Procuraduría. *Boletín 1083 - 2023*.

<https://www.procuraduria.gov.co/Pages/futuro-relleno-dona-juana-incierto-advier-te-procuraduria.aspx>

Proteinsecta. (2020). *Bioconversión de residuos a través de algunas especies de insectos*.

<https://www.proteinsecta.com/2020/04/16/bioconversion-de-residuos-a-traves-de-algunas-especies-de-insectos/>

Ripka de Almeida, A., Luiz da Silva, C., & Hernández Santoyo, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: Instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos, 10*(3).

[https://www.researchgate.net/publication/324212884\\_Metodos\\_de\\_valoracion\\_economica\\_ambiental\\_instrumentos\\_para\\_el\\_desarrollo\\_de\\_politicas\\_ambientales](https://www.researchgate.net/publication/324212884_Metodos_de_valoracion_economica_ambiental_instrumentos_para_el_desarrollo_de_politicas_ambientales)

Schütz, G., Hacon, S., & Silva, H. (2008). Principales marcos conceptuales aplicados para la evaluación de la salud ambiental mediante indicadores en América Latina y el Caribe. *Rev Panam Salud Pública, 24*(4), 276-285.

<https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2008.v24n4/276-285>

Secretaria Distrital de Habitat & Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos

UAESP. (2021). *MODELO DE APROVECHAMIENTO La basura no es basura*.

*“Hacia una cultura de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos en Bogotá D.C.”*

[https://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/20210420\\_Modelo\\_de\\_aprovechamiento.pdf](https://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/20210420_Modelo_de_aprovechamiento.pdf)

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2020). *Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2020*.

<https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Sectorial-de-Aprovechamiento-2020-v2.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2022*.

<https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Disposicion-Final-de-Residuos-Solidos-2022.pdf>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2018). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. [https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)