

## **ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN IBAGUÉ**

Programa Empleos Verdes en la  
Economía Circular (PREVEC)

**Enero 2023**

Para Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

# **Análisis del potencial de valorización de los residuos sólidos municipales en Ibagué**

## **Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC)**

### **PN 18.2139**

Enero 2023

GOPA Infra GmbH

Fax: +49 6172 930 100

Hindenburgring 18

Phone: +49 6172 6817-0

61348 Bad Homburg, Germany

Email: [info@GOPA-infra.de](mailto:info@GOPA-infra.de)

**Enero 2023**



Implementado por  
**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**GOPA** **Infra**

**Enero 2023**

## **Análisis del potencial de valorización de los residuos sólidos municipales en Ibagué**

### **Apoyado por:**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC)  
Sarah Hirsch, Coordinadora PREVEC  
Calle 125 No.19-24, oficina 701, Bogotá – Colombia

GOPA Infra GmbH  
Programa de GIZ Colombia  
Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC)  
Birgitt Alger, Jefa de Equipo GOPA INFRA – PREVEC  
Sebastian Santa Moyano, Coordinador Nacional GOPA Infra – PREVEC

### **Autores**

Andrés Jensen Velasco, experto internacional GOPA Infra - PREVEC  
Milagros Vidalón Boggiano, experta internacional GOPA Infra – PREVEC  
Olga Eugenia Rodríguez Vargas, experta nacional GOPA Infra – PREVEC  
Jhonny Michael Rodríguez Gutierrez, experto nacional GOPA Infra – PREVEC

### **Cita sugerida (formato APA)**

### **Revisión editorial**

Corrección de estilo: Andrés Hernández

Por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Esta publicación ha sido apoyada por el Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC) que está implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y sus contrapartes colombianas, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Las ideas vertidas en el texto son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen la línea institucional de la GIZ.

Se autoriza la reproducción total del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.



## I. Resumen ejecutivo

El presente documento es un análisis del potencial de valorización de los residuos sólidos municipales (RSM) en Ibagué. Este inicia con la definición de los puntos clave en la gestión integral de residuos sólidos para lograr una economía circular. Luego, se identifica el marco legal que regula la gestión de los RSM y su valorización en Colombia, incluyendo un análisis de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA). A continuación se analiza y describe el funcionamiento del mercado de los RSM en Ibagué a través de la descripción de los componentes principales de la cadena de valor, diferenciando las fracciones reciclable y orgánica. Posteriormente se calcula la tasa actual de aprovechamiento/valorización de los RSM en Ibagué, para, finalmente, analizar qué tasa de valorización se podría alcanzar en tres posibles escenarios futuros, con distintos niveles de segregación en la fuente y recolección selectiva, así como qué medidas de gestión, modelos operativos y tecnologías deberían incorporarse para concretizarlos.

El informe está compuesto por 12 capítulos, además de bibliografía y anexos. A continuación se hace un breve resumen de cada uno.

### Capítulo 1. Introducción

En este capítulo se presentan los antecedentes generales del proyecto y se establecen el alcance y los objetivos del informe. Los principales objetivos del informe son: 1) analizar y describir el mercado de la gestión de residuos sólidos en su cadena de valor, particularmente en cada uno de sus eslabones; y 2) con base en el análisis anterior, estimar el potencial de valorización en términos de volúmenes y tasas, por tipo de material de los residuos reciclables y orgánicos generados en Ibagué, de acuerdo con distintos escenarios futuros de segregación en la fuente y recolección selectiva planteados.

### Capítulo 2. Puntos clave en la gestión integral de residuos sólidos para lograr una economía circular

El mercado de la gestión de residuos en países en desarrollo, entre ellos Colombia, está avanzando para incluir los conceptos de la economía circular, a partir principalmente de la experiencia internacional de los países desarrollados. En general, los países que muestran niveles relevantes de valorización de residuos son aquellos que han sido capaces de avanzar en marcos regulatorios claramente orientados a la circularidad, los cuales se ven fortalecidos por economías robustas y sanas que permiten los flujos de recursos necesarios para una gestión integral sostenible. Asimismo, para que una gestión de residuos sea integral, se debe contemplar el desarrollo de soluciones en todos los eslabones de la cadena de valor, incluso antes de la generación del residuo. Una gestión integral de residuos se caracteriza por contar con sistemas robustos y eficientes en las diferentes etapas. Esto incluye: 1) sensibilización a la población en torno a hábitos de consumo, gestión de residuos y segregación en la fuente; 2) implementación de sistemas de recolección selectiva; 3) desarrollo de capacidad de clasificación y pretratamiento; 4) desarrollo tecnológico; 5) desarrollo de alternativas de valorización para la fracción no reciclable que resulta de las operaciones de clasificación y pretratamiento; 6) restricciones a la disposición final en rellenos sanitarios; y 7) ecodiseño.

Los residuos orgánicos municipales (ROM) son la principal corriente de los residuos sólidos municipales, y en los países o entornos de ingresos bajos y medios, esta fracción suele constituir más del 50 % del total de los residuos generados y puede llegar al 80 %. Los ROM no gestionados suponen una amenaza considerable para la salud pública y el

ambiente, ya que producen olores ofensivos, atraen vectores de enfermedades, generan lixiviados y emiten metano, un importante gas de efecto invernadero (GEI). Así, avanzar en la gestión de los ROM se traduce en reducir las amenazas para la salud pública y la carga ambiental y devolver el valor de los recursos provenientes de los residuos a la economía. Esta transición refleja también un cambio de paradigma hacia una economía circular, al tiempo que se consideran nuevas oportunidades de negocio y crecimiento económico.

En este contexto, las tecnologías de tratamiento de ROM son procesos que los convierten en nuevos productos con cierto valor potencial. De ellas, las más utilizadas en el mundo son el compostaje y la biodigestión anaerobia, aunque existen otras tecnologías tradicionales, además de tecnologías emergentes. Las tecnologías de tratamiento de los ROM se pueden agrupar en dos categorías principales: 1) tratamientos biológicos (compostaje, lombricultura, tratamiento con la mosca soldado-negra, digestión anaeróbica, fermentación) y 2) tratamientos termoquímicos (pirólisis, gasificación). Cabe mencionar que si bien los tratamientos termoquímicos son considerados por la literatura como una alternativa teórica para la valorización de los residuos orgánicos, en la práctica se han desarrollado solamente prototipos, sin haberse consolidado en el ámbito industrial.

A nivel internacional, Europa es la región que presenta los mayores índices de tratamiento de ROM generados; en el año 2017, en promedio el 43 % de los ROM fueron recogidos de forma selectiva. Para alcanzar estos niveles de valorización, se han establecido obligaciones como recoger de forma selectiva todos los residuos orgánicos al 31 de diciembre de 2023 (o reciclarlos en origen) y prohibir la disposición de ROM recogidos de forma selectiva o mezclados con residuos municipales pero sin tratamiento previo. Además, muchos estados han implementado impuestos a la disposición final de los residuos municipales.

Por su parte, en Latinoamérica se estima que tan solo se está recuperando un 10 % de los ROM. Entre ellos, destaca el caso de Chile, que elaboró la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040 con el objetivo de pasar de un 1 % a un 66 % de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal al 2040.

### **Capítulo 3. Marco legal que regula la gestión de los RSM y su valorización**

El marco normativo respecto a la gestión integral de residuos sólidos (GIRS), su aprovechamiento/valorización y la prestación del servicio público de aseo en Colombia es bastante amplio, y tiene su origen principalmente en el Código Nacional de Recursos Naturales (reglamentado mediante el Decreto Ley 2811 de 1974), en la Constitución Política de Colombia (emitida en el año 1991) y en la Ley 142 de 1994. Es en esta última donde se señala que es responsabilidad de los municipios y distritos, según sea el caso, velar por que la prestación del servicio público de aseo se dé en el marco de una adecuada planeación y gestión integral de los residuos sólidos en todo su territorio. Igualmente, la planeación debe estar orientada a disminuir o prevenir la generación de residuos, promoviendo el aprovechamiento, la valorización, el tratamiento y la disposición final.

La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) ha sido analizada sistemáticamente en Colombia durante los últimos años para establecer reglamentaciones sectoriales y multisectoriales. Esta se ha convertido en uno de los ejes importantes tratados mediante la promulgación de políticas y normativas, las cuales han conducido a desarrollar planes y programas cuyos objetivos se enlazan con lograr mejores resultados en las diferentes fases del manejo integral de residuos sólidos. Este avance se proyecta desde un modelo económico tradicional de producción y consumo lineal hasta la promoción y el desarrollo

de un avance gradual hacia una economía circular, específicamente a través del diseño de instrumentos y estrategias en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. El análisis completo sobre la normatividad vigente aplicable se presenta como anexo al presente estudio («Anexo 2. Marco legal aplicable»), y el análisis FODA de la normatividad vigente aplicable se encuentra en el apartado 3.2 del presente estudio.

#### Capítulo 4. Avances en políticas y regulaciones en gestión integral de residuos sólidos en Ibagué

1. **Datos generales de la ciudad de Ibagué.** El municipio de Ibagué es la capital del departamento del Tolima. Se encuentra a una altitud promedio de 1285 msnm y cuenta con un área de 1439 km<sup>2</sup>. De acuerdo con las proyecciones del DANE, para el año 2022 la población total del municipio (urbana y rural) fue de 543 949 habitantes, de los cuales 92,8 % se encuentran en el área urbana. Administrativamente su área urbana se divide en 13 comunas; y su zona rural, en 17 corregimientos, 144 veredas y 14 inspecciones. Los residuos sólidos de Ibagué se disponen en el relleno sanitario «Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel», operado por la empresa Interaseo S.A.S. E.S.P.
2. **Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).** Actualmente la administración municipal se encuentra culminando el proceso de actualización del PGIRS del municipio. Durante el desarrollo del presente estudio, en el mes de noviembre 2022, el municipio facilitó los «parámetros línea base 2021», donde se presenta información relevante sobre: 1) aspectos institucionales del servicio público de aseo; 2) generación de residuos sólidos; 3) recolección, transporte y transferencia; 4) barrido y limpieza de vías y áreas públicas; 5) playas costeras y ribereñas; 6) corte de césped y poda de árboles; 7) lavado de áreas públicas; 8) aprovechamiento de residuos sólidos; 9) disposición final; 10) residuos sólidos especiales; 11) residuos de construcción y demolición; y 12) gestión de residuos en el área rural. Parte de esta información fue utilizada para el desarrollo del presente estudio.

#### Capítulo 5. Funcionamiento del mercado actual de los residuos reciclables en Ibagué

1. **Definición de los eslabones de la cadena de valor de los residuos reciclables municipales.** Se han identificado tres eslabones principales en la cadena de valor, que se distinguen por las etapas de gestión, los actores involucrados y los niveles de desarrollo. Estos eslabones son:
  - a) **Generación y recolección.** Es el inicio de la cadena de valor de los residuos. Concentra su generación en distintas fuentes (hogares, actores comerciales e industriales, instituciones, etc.) y su recolección se hace a partir de las diferentes actividades del servicio público de aseo y de los servicios de aprovechamiento. En este eslabón se identifican y caracterizan tanto los materiales disponibles para valorización como los actores involucrados en las actividades para su recolección. Cabe destacar que el presente estudio se concentra en aquellos residuos sólidos cuya gestión está bajo las competencias y responsabilidades de los municipios, que, por lo tanto, están cubiertos por el servicio público de aseo.
  - b) **Clasificación y pretratamiento.** Es el eslabón intermedio en la cadena de valor de los residuos, y es donde se desarrollan las actividades de preparación del material para su posterior valorización. Los principales desafíos de este eslabón son lograr una calidad adecuada de los materiales, para maximizar su valorización bajo una perspectiva de eficiencia en costos. Esto resulta particularmente desafiante en una realidad como la de Ibagué, donde estas actividades son desarrolladas por actores

e instalaciones (estaciones de clasificación y aprovechamiento [ECA]) de tamaño más bien pequeño, que no evidencian economías de escala.

- c) **Valorización.** Es el eslabón final de la cadena, donde el protagonismo lo tiene la industria transformadora que procesa los materiales recolectados, clasificados y pretratados, transformándolos en nuevas materias primas, insumos o productos terminados a poner en el mercado. Aquí los principales actores son privados, tendiendo a concentrarse en grandes empresas.

## **2. Descripción del primer eslabón: generación y recolección de residuos sólidos**

### **Generación**

Para el año 2021 se estimó una generación de 175 069 toneladas de residuos sólidos municipales en Ibagué. De este gran total, el 53,1 % corresponde a residuos orgánicos, con 93 043 toneladas; 13,8 % corresponde a plásticos, con 24 141 toneladas; 9,2 % corresponde a papel y cartón, con 16 118 toneladas; 3,1 % corresponde a vidrios, con 5513 toneladas; 2,3 % corresponde a metales, con 4090 toneladas; y 18,4 % corresponde a otros residuos, con 32 163 toneladas.

### **Recolección**

La prestación del servicio de recolección y transporte de residuos no aprovechables en la ciudad de Ibagué está a cargo de la empresa Interaseo S.A.S. E.S.P. La cobertura del servicio de aseo en el área urbana es del 100 %.

La recolección selectiva de los residuos reciclables es realizada por recicladores y recicladoras de oficio. Según el último censo (2021), la cantidad total de recicladores y recicladoras de oficio en Ibagué es 620, de los cuales 357 pertenecían formalmente a alguna organización de recicladores y recicladoras. Según lo establecido por la Alcaldía de Ibagué durante el proceso de actualización del PGIRS, no se dispone de información oficial sobre la cobertura de la ciudad con rutas de recolección selectivas. Sin perjuicio de lo anterior, el mismo PGIRS, en su línea de base, establece que las rutas selectivas tienen, en general, una frecuencia de seis días por semana.

## **3. Descripción del segundo eslabón: clasificación y pretratamiento**

La clasificación y el pretratamiento de los residuos reciclables recolectados de forma diferenciada se lleva a cabo mayoritariamente en las estaciones de clasificación y aprovechamiento, conocidas como ECA, gestionadas por las organizaciones de recicladores. De acuerdo con la información levantada durante la realización del presente estudio, en Ibagué existen 17 ECA, de las cuales cinco se encuentran debidamente formalizadas.

Los materiales reciclables que se gestionan en las ECA son: plásticos, papel, cartón, metales, vidrio y Tetra Pak. En todas ellas se realizan los procesos de pesaje, clasificación y comercialización, y de las cuatro ECA entrevistadas el 50 % cuentan con compactadoras para realizar también el proceso de compactación de los materiales reciclables clasificados.

De acuerdo con la información reportada en el SUI, los volúmenes de residuos aprovechados por las ECA en Ibagué para el año 2021 fueron 5932 toneladas. De este total, con base en la información reportada en SUI, se estima que el 57,7 % corresponde a papel y cartón; el 23,2 %, a plásticos; el 9,3 %, a metales; el 8,8 %, a vidrio; y el 1,1 %, a otros materiales (madera y textiles).

Con respecto a la venta de material por parte de las organizaciones de recicladores/as de oficio (ORO), debido a las limitaciones tecnológicas, de almacenamiento y financieras de la mayoría de estas, en muchos casos les resulta complejo vincularse directamente con la industria transformadora, lo que ha promovido la aparición de intermediarios que sí tienen las capacidades para cumplir con los requerimientos de esta industria. Durante el desarrollo del presente estudio se identificaron en Ibagué aproximadamente 13 intermediarios o mayoristas, aunque pueden existir otros adicionales.

Los ingresos de las asociaciones provienen básicamente de la venta del material reciclable y del cobro de la tarifa por la actividad de aprovechamiento. Los precios de venta de los materiales fluctúan a lo largo del tiempo; en octubre del 2022 los materiales con el mejor precio de venta eran el cobre rojo (26 000 pesos colombianos/kg) y el bronce (13 000 pesos/kg), mientras que el vidrio era el que presentaba el precio más bajo (90 pesos/kg). El valor base de remuneración de aprovechamiento (VBA) para el segundo semestre del año 2022 fue de 146 359,48 pesos/tonelada.

#### **4. Descripción del tercer eslabón: valorización de los residuos reciclables (industria transformadora)**

La valorización de los residuos reciclables clasificados y pretratados es realizada por la industria transformadora, quienes convierten estos residuos en materia prima recuperada y/o nuevos productos. El CONPES 3874 fija un objetivo de valorización del 30 % para el 2030, habiendo definido una línea base de 8 % en 2018. A su vez, la resolución sobre Responsabilidad Extendida del Productor (REP)<sup>1</sup> define un objetivo del 30 % de residuos de envases y empaques valorizados para el año 2030, con un incremento anual del 3 %.

**Plásticos.** El principal actor en torno a la industria de valorización de plásticos, así como en la gestión de la industria en general, es la Asociación Colombiana del Plástico (Acoplásticos), que es la asociación gremial que representa los intereses de la industria a nivel nacional. Esta ha desarrollado una serie de iniciativas en torno a programas de sensibilización a la industria, al igual que para la relación y cooperación público-privada con las diferentes instancias públicas involucradas en las políticas y el desarrollo de iniciativas en torno a la economía circular.

A nivel nacional, para diferentes tipos de plásticos existen empresas referentes en materia de valorización que gestionan sus respectivos mercados, como Apropet (transformación de PET), ENKA (transformación de PET), Esentia (transformación de polietileno y polipropileno), Darnel Ajoever (transformación de diversos tipos de plástico) y Biocírculo (transformación de PET y otras poliolefinas). En Ibagué se identificaron alrededor de 20 pequeñas empresas que realizan transformación de plásticos, aunque la mayoría no están correctamente formalizadas.

Existe un interés creciente en la industria del plástico por usar plástico posconsumo en su producción, para lo cual actualmente están en desarrollo una serie de proyectos que apuntan a expandir la capacidad de valorización de plásticos.

**Papel y cartón.** En el ámbito gremial, la gestión de la economía circular del mercado de papel y cartón se concentra en la Cámara de Pulpa, Papel y Cartón de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI). Esta gestiona el procesamiento de información útil para

<sup>1</sup> Resolución 1407 de 2018, modificada parcialmente por la Resolución 1342 de 2020.



sus asociados, al mismo tiempo que promueve buenas prácticas e iniciativas dirigidas a aumentar las tasas de valorización de papeles y cartones.

Según datos aportados por la Cámara de Pulpa, Papel y Cartón, existen en Colombia aproximadamente 15 empresas productoras de productos celulósicos en el país —que finalmente corresponden a los actores clave de la industria de la transformación—, de las cuales, nueve participan activamente en la Cámara. Estas nueve empresas representan el 85 % de la producción del sector y producen principalmente para el mercado nacional. La tasa de valorización a nivel nacional se estima superior al 60 % y, al igual que ocurre para el caso de los plásticos, la oferta es deficitaria al compararla con la capacidad de procesamiento.

No existe industria transformadora de celulosas en Ibagué; todo el papel y cartón se compacta y se comercializa en las grandes ciudades, principalmente Bogotá y Cali, a través de los mayoristas.

**Vidrio.** La industria de valorización del vidrio se concentra prácticamente en un solo actor: I-O Peldar. La posición dominante y privilegiada de esta empresa en la cadena le otorga el poder de determinar precios y volúmenes del material posconsumo de vidrio. Respecto a la valorización, los volúmenes están dado por la oferta de vidrio residual, contemplando un precio relativamente bajo. La industria está en condiciones de recibir y procesar el 100 % del vidrio posconsumo potencialmente generado.

**Metales.** La valorización de metales ferrosos está concentrada en la industria siderúrgica, existiendo cinco grandes siderúrgicas las que realizan el proceso de transformación de la chatarra metálica a nivel nacional. Uno de los principales actores del mercado es Diaco (Gerdau), que trabaja en la actualidad con más de 4000 recicladores y recicladoras de oficio en la articulación de cadenas de suministro de chatarra residual. Otro actor relevante dentro del rubro de valorización de chatarra es la empresa Sidoc, que opera con una estrategia similar, articulando la provisión de chatarra a través de la población recicladora. Un material metálico relevante para actividades de valorización es el aluminio, que cuenta con su propia cadena de valor según las operaciones de algunos actores de la industria de la valorización. Destacan en este ámbito empresas como Alúmina y Ateco, sin perjuicio de otras fundiciones de menor tamaño.

**Cartón para bebidas (Tetra Pak).** El principal actor en la cadena de valor del cartón para bebidas es la empresa que fabrica dichos envases, Tetra Pak. Actualmente hay en Colombia seis transformadores de residuos de envases de Tetra Pak, los cuales cuentan con capacidad distribuida en el territorio nacional: COMOLSA (grupo Molpack), Proplanet, Unibol, Ecopulpac, Cartonal y Cundiplas. La capacidad actual de transformación entre estos seis actores llega a las 8000 toneladas/año. Actualmente COMOLSA y Proplanet son los que absorben la mayor parte del material, y ambos trabajan, al igual que Unibol, en proyectos de ampliación de capacidad a mediano plazo.

**Fracción no reciclable.** Actualmente la fracción no reciclable tiene como destino final el relleno sanitario, ya que no se ha implementado una estructura de mercado que haga factible la valorización energética por coprocesamiento (principalmente en la industria cementera) de dicha fracción. La situación en Ibagué es particularmente atractiva en este sentido, ya que existe una planta cementera con una alta demanda potencial de combustible derivado de residuos (CDR): la planta Caracolito de CEMEX. Esto hace que la potencial fracción no reciclable de los residuos sólidos, proveniente de operaciones de clasificación u otras tecnologías de tratamiento (como TMB por ejemplo), podrá ser

procesada y posteriormente valorizada como CDR, en el caso que el costo alternativo de los combustibles tradicionales fósiles justifique los costos de inversión y operación para la producción de CDR a nivel local.

## **5. Análisis FODA de las fases de la cadena de valor**

En este capítulo se describen las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del mercado de los residuos reciclables en Ibagué (ver el ítem 5.5).

## **Capítulo 6. Funcionamiento del mercado actual de los residuos orgánicos en Ibagué**

1. **Definición de los eslabones de la cadena de valor de los residuos orgánicos municipales.** Se han identificado tres eslabones principales en la cadena de valor, que se distinguen por las etapas de gestión, los actores involucrados y los niveles de desarrollo. Estos eslabones son:

- a) **Generación y recolección.** Es el inicio de la cadena de valor de los residuos orgánicos y abarca las actividades de generación y recolección realizadas por el servicio público de aseo. Allí, los actores principales son los distintos tipos de generadores (como hogares, comercios, instituciones, etc.) y las empresas públicas y privadas de recolección, incluyendo las organizaciones de recicladores/as de oficio (ORO).
- b) **Valorización (tratamiento).** Es el eslabón intermedio en la cadena de valor de los residuos, y es donde se realiza el tratamiento de los residuos orgánicos generados y recolectados en el eslabón anterior (instalaciones de compostaje, lombricultura, digestión anaerobia, etc.), en instalaciones tanto públicas como privadas.
- c) **Uso de materiales.** Es el eslabón final de la cadena, donde el protagonismo lo tienen los consumidores de los productos procedentes de la valorización de los residuos sólidos orgánicos. Con base en las tecnologías más desarrolladas (compostaje y digestión anaerobia), el análisis de este eslabón se ha enfocado principalmente en los mercados del compost (que puede provenir tanto del compostaje directo de los ROM como del compostaje del digestato), de la energía eléctrica y del biogás o biometano.

## **2. Descripción del primer eslabón: generación y recolección de residuos sólidos**

### **Generación**

Para el año 2021 se estimó una generación de 93 043 toneladas de residuos orgánicos municipales (ROM) en Ibagué.

### **Recolección**

Al ser recogidos, los residuos orgánicos están mezclados con el resto de los residuos y así son transportados al relleno sanitario. Los únicos residuos orgánicos que son recolectados de forma diferenciada, básicamente por cuestiones logísticas, son los residuos de corte de césped y poda de árboles; sin embargo, estos también son transportados al relleno sanitario para su disposición final. Desde mayo del año 2022, la Asociación de Recicladores Los Pijaos viene desarrollando un proyecto piloto de recolección selectiva de una pequeña parte de los residuos sólidos generados por la Plaza de Mercado El Jardín, los cuales son trasladados a un predio ubicado cerca al relleno sanitario La Miel para su valorización mediante compostaje.

### **3. Descripción del segundo eslabón: valorización (tratamiento)**

No se identificaron iniciativas públicas ni privadas en funcionamiento para la valorización de residuos orgánicos en la ciudad de Ibagué. Sin embargo, sí se identificó un proyecto piloto de valorización de residuos orgánicos desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos, la cual desde mayo de 2022 hace el aprovechamiento mediante compostaje de una parte de los residuos sólidos generados por la Plaza de Mercado El Jardín. En total, la Asociación de Recicladores Los Pijaos reporta haber tratado aproximadamente dos toneladas de residuos orgánicos, con una tasa de conversión en compost de alrededor del 30 %.

### **4. Descripción del tercer eslabón: uso de materiales**

#### **Mercado de abonos y acondicionadores de suelo orgánicos**

El mercado de abonos y acondicionadores de suelos orgánicos es pequeño y está poco desarrollado. De acuerdo con las cifras del ICA del año 2020, el consumo aparente de fertilizantes y acondicionadores de suelos en Colombia fue de 3 289 680 toneladas, de las cuales la producción nacional aportó el 56 %. Dentro del total de la producción, los acondicionadores orgánicos y orgánico-minerales de suelos —donde se incluyen los productos derivados del tratamiento de ROM— representan solo el 1,27 % del mercado. Específicamente en el caso del compost, este material en muchos casos es poco conocido y a veces se ha cuestionado su calidad, debido a que algunas plantas no son lo suficientemente rigurosas en el proceso y terminan vendiendo un compost de baja calidad que afecta los cultivos.

No obstante, gestores contactados en el marco de este proyecto y miembros de varias organizaciones internacionales y asociaciones de productores agrícolas resaltaron que en los últimos años el incremento de los precios de los principales fertilizantes químicos ha tenido un efecto positivo sobre la demanda de abono orgánico.

#### **Mercado de energía eléctrica**

De acuerdo con información de XM, la empresa que opera el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y administra el Mercado de Energía Mayorista (MEM), la capacidad efectiva de generación de energía eléctrica del SIN es de 18 140,17 MW a noviembre de 2022. La principal fuente es hidráulica, con un 65,98 %, seguida de fuentes térmicas (carbón, gas y biogás), que participan con un 31,40 %. La cogeneración aporta el 1,06 %, la energía solar el 1,46 % y la eólica el 0,10 %. La capacidad instalada actual es suficiente para cubrir la demanda máxima de potencia del SIN, que para 2022 se proyecta en 10 665 MW.

A través del presente estudio no se han podido identificar en Colombia proyectos instalados de generación de energía eléctrica a partir de la biodigestión de ROM. No obstante, en la legislación referente al sector energía ya están establecidas las condiciones legales y técnicas mínimas para iniciar este tipo de proyectos.

Actualmente están en operación 14 proyectos de generación de energía a partir de biomasa proveniente de residuos agrícolas, de los cuales cuatro combinan fuente con el carbón. Los proyectos instalados son principalmente de cogeneración y autogeneración a pequeña escala (AGPE), y cuentan con capacidades efectivas instaladas que van desde 1 MW hasta 19,9 MW.



## **Mercado de gas natural**

De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía, en 2018 Colombia consumió 28,1 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe) de energía, de los cuales un 19 % (5,3 Mtoe) correspondieron a electricidad. El restante 80 % correspondió a energía térmica (22,8 Mtoe), del cual el 18 % (4,1 Mtoe) tuvo como fuente el gas natural.

De acuerdo con las proyecciones de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), se espera que para 2022 la demanda de gas natural crezca un 2,2 % con respecto al promedio del consumo diario observado en 2021. Asimismo, se espera que en 2022 se recupere el nivel de demanda prepandemia, teniendo en cuenta la recuperación económica favorable del país.

Bajo las condiciones actuales de producción comercial, el país tiene reservas probadas de gas natural para ocho años, lo cual presiona la actividad de exploración, que ya se encuentra bastante rezagada para cumplir con las exigencias del mercado de gas natural en el país. Este escenario implica que, teniendo en cuenta las proyecciones de demanda de gas natural de la UPME y los potenciales de producción del Ministerio de Minas y Energía, podrían existir posibles déficits de gas entre 2021 y 2030 (Promigas, 2021). Estos déficits se cubrirían con gas importado y regasificado y con la construcción de nueva infraestructura. Sin embargo, la actual actividad exploratoria de hidrocarburos podría modificar las actuales proyecciones de encontrarse nuevos yacimientos.

## **5. Potencial de demanda y crecimiento de los mercados consumidores de productos procedentes de la valorización de los residuos orgánicos**

### **Mercado de abonos orgánicos y acondicionadores de suelo**

Existe potencial para el consumo de compost en diversos sectores, como: agrícola, ganadero, restauración de suelos y jardinería. Esto se debe a las tendencias internacionales hacia la agricultura orgánica o ecológica, al incremento de la degradación de suelos y al incremento de los precios de los fertilizantes de síntesis química. El desarrollo del mercado del compost debe realizarse mediante planes de mercadeo y educación/sensibilización sobre sus beneficios a los potenciales consumidores del producto.

Específicamente en el caso del sector agrícola, se ha estimado una demanda de compost a nivel nacional de entre 86,8 y 129,8 miles de tpa, la cual se proyecta que podría incrementarse a entre 127,6 y 215,7 miles de tpa para el 2030. A nivel local (Tolima), se ha estimado una demanda de compost de entre 10,6 y 13,1 miles de tpa, la cual podría incrementarse a entre 21,9 y 35,7 miles de tpa para el 2030.

### **Mercado de energía eléctrica**

Teniendo en cuenta las disposiciones especiales para la generación de energía a partir de fuentes no convencionales de energía renovables y las perspectivas de crecimiento del mercado energético para los próximos años, existe una oportunidad por aprovechar en la generación de energía a partir de ROM. Sin embargo, hay algunos obstáculos que pueden desincentivar la inversión en este tipo de tecnología. Para empezar, los precios de la energía convencional son muy bajos, lo cual dificulta la viabilidad de los proyectos que buscan generar energía a partir de fuentes no convencionales. Asimismo, los CAPEX y OPEX de las plantas de biodigestión son altos, en comparación con la disposición final y con otras tecnologías como el compostaje.

## **Mercado de biogás y biometano**

El panorama actual ofrece condiciones de demanda garantizadas a mediano plazo para la producción de gas natural proveniente de fuentes renovables (gases verdes), como el biometano, el gas natural sintético y el hidrógeno. No obstante, el desarrollo de mecanismos que incentiven la instalación de proyectos de biometano en Colombia y la introducción de reglas claras para la conexión a la red de distribución son aspectos clave para aprovechar el potencial de demanda existente para este tipo de fuente de energía en el escenario energético nacional actual.

### **6. Análisis FODA de las fases de la cadena de valor**

En este capítulo se describen las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del mercado de los residuos orgánicos en Ibagué (ver el ítem 6.6).

### **Capítulo 7. Tasa de aprovechamiento/valorización**

La tasa de aprovechamiento/valorización de los RSM generados en Ibagué se estimó en 3,4 % para el año 2021. Para los residuos reciclables, se estimó en 11,8 % y para los residuos orgánicos, en 0 %.

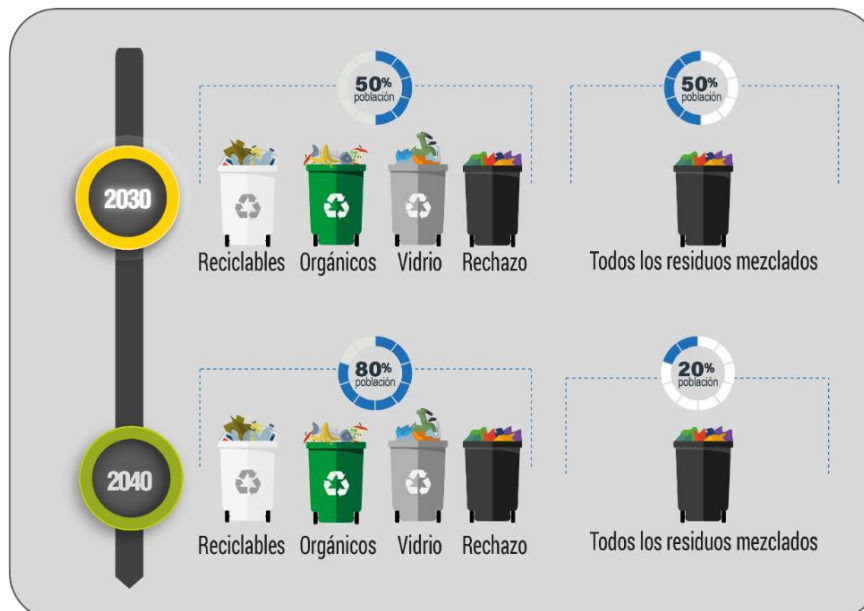
### **Capítulo 8. Definición de escenarios futuros para el análisis del potencial de valorización de los RSM en Ibagué**

En este capítulo se definen los tres escenarios propuestos (escenario 0, escenario 1 y escenario 2) y las condiciones generales para todos los escenarios. El escenario 0 corresponde a la proyección de la situación actual de segregación en la fuente y recolección selectiva, incluyendo la ampliación de capacidad del proyecto piloto de compostaje de la Asociación de Recicladores Los Pijaos y la implementación de la Resolución 1407 de 2018 (REP de envases y empaques), hasta alcanzar el objetivo del 30 % de valorización al año 2030.

En el escenario 1 se propone la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir un 50 % de la población en el año 2030. Además, se plantea que esta segregación se realice en cuatro flujos: reciclables (celulosas, plásticos y metales), vidrio, orgánicos y rechazo. Para la clasificación de los residuos reciclables recogidos selectivamente se analiza la continuación de un sistema como el actual mediante ECA y la implementación de una planta de clasificación y pretratamiento centralizada a escala industrial. Para la valorización de los residuos orgánicos recogidos selectivamente se proponen instalaciones de compostaje.



El escenario 2 se plantea como la evolución del escenario 1, y va desde el año 2031 hasta el 2040. Se propone la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir un 80 % de la población en el año 2040. Para la clasificación de los residuos reciclables recogidos selectivamente, se plantea un sistema de clasificación y pretratamiento a escala industrial, y para su tratamiento se proponen mayoritariamente instalaciones de compostaje. Además, se considera la instalación de una planta de digestión anaerobia de carácter demostrativo para la posterior implementación de futuras plantas similares.



De forma paralela, para el análisis de los tres escenarios definidos previamente se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones generales: 1) implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico (TMB), como alternativa para el tratamiento de los residuos no recogidos de forma selectiva (rechazo); 2) implementación de sistemas de clasificación y pretratamiento a escala industrial, para la clasificación de los residuos reciclables recogidos selectivamente; 3) posible uso del rechazo de las instalaciones de clasificación y TMB para preparación de combustible derivado de residuos (CDR), y su

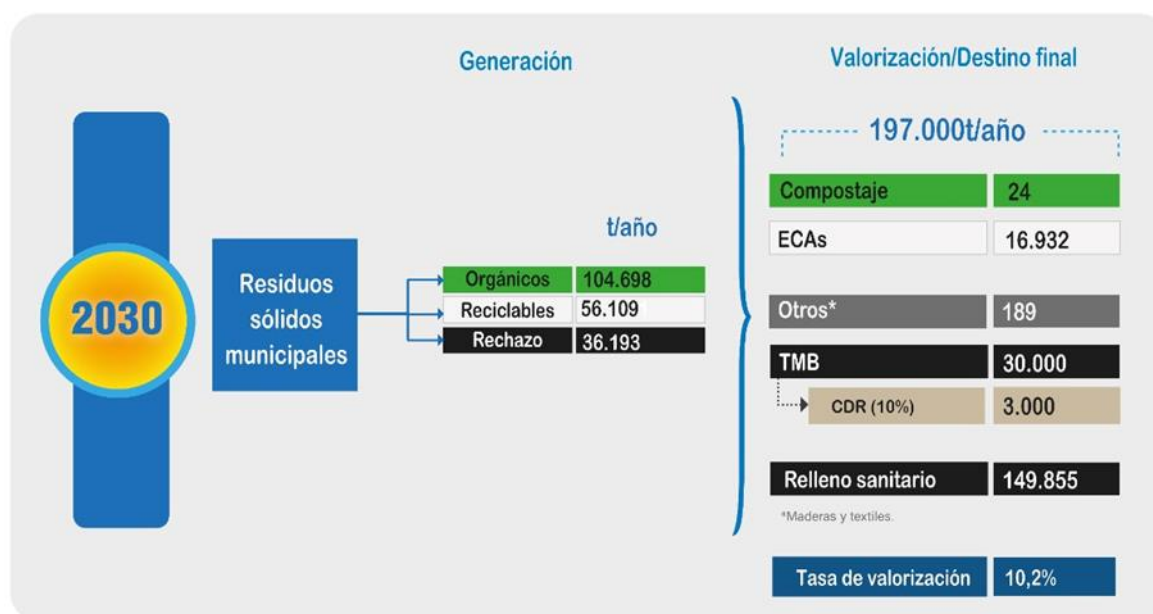
posterior valorización mediante coprocesamiento en la industria cementera; y 4) uso de compostaje y digestión anaerobia de forma demostrativa, como principales tecnologías para el tratamiento/valorización de los residuos orgánicos recogidos selectivamente.

Finalmente, en este capítulo se proyectan las cantidades de generación de RSM por tipo de material hasta el año 2040. A continuación se presentan las proyecciones de generación para los años 2030 y 2040.

Generación (t/año)	2021	2030	2040
Orgánicos	93 043	104 698	117 192
Papel/cartón	16 118	18 137	20 302
Plásticos	24 141	27 165	30 407
Metales	4090	4603	5152
Vidrios	5513	6204	6944
Otros	32 163	36 193	40 511
<b>Total</b>	<b>175 069</b>	<b>197 000</b>	<b>220 508</b>

## Capítulo 9. Análisis del escenario 0

Los flujos de residuos sólidos municipales proyectados para el año 2030 en este escenario se presentan en la siguiente gráfica.



En este escenario, para el año 2030 se proyecta una tasa de valorización del 10,2 %. Esta misma tasa se calculó en 3,4 % para el año 2021, lo cual significa un incremento de 6,8 puntos porcentuales en nueve años.

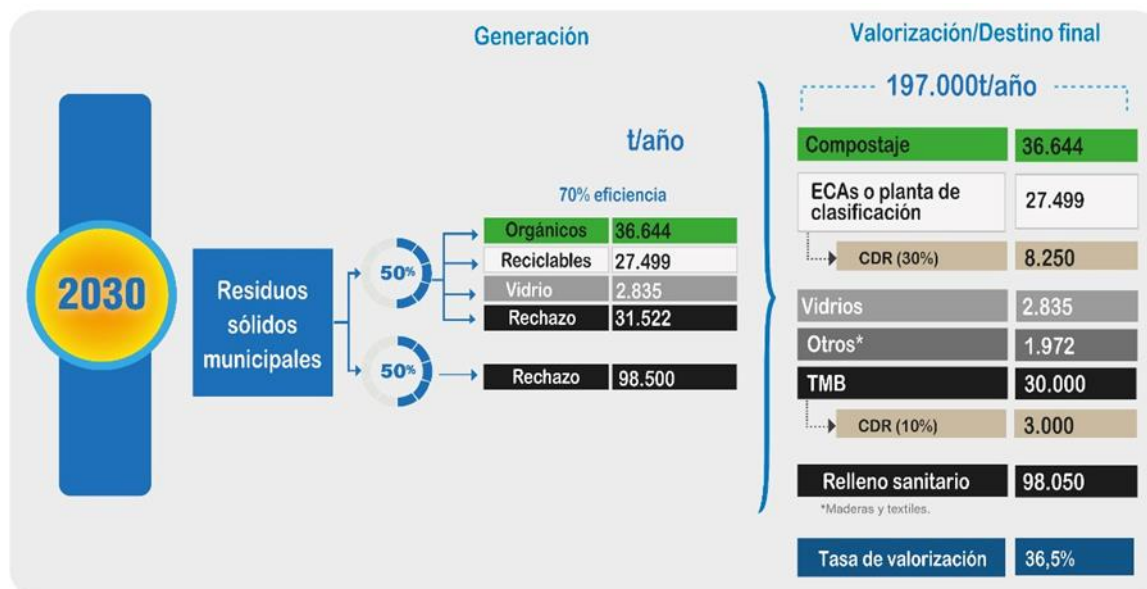
Se plantea que los residuos orgánicos se valoricen mediante el proyecto de compostaje de la Asociación de Recicladores Los Pijaos, y que los residuos reciclables se gestionen en las ECA, tal como sucede en la actualidad. Asimismo, se proyecta que en el año 2030 se destinen a disposición final aproximadamente 180 000 toneladas de RSM, de las cuales 30 000 toneladas podrían ser previamente tratadas en una instalación TMB. En este

escenario se tendría una fuente potencial para la generación de CDR: el material con alto poder calorífico separado en la instalación TMB, que se estima en un 10 % (3000 t/año).

Por último, se proponen una serie de medidas para concretizar el escenario.

## Capítulo 10. Análisis del escenario 1

Los flujos de residuos sólidos municipales proyectados para el año 2030 en este escenario se presentan en la siguiente gráfica.



En este escenario, para el año 2030 se proyecta una tasa de valorización del 36,5 %, 26,3 puntos porcentuales superior a lo proyectado en el escenario 0 para 2030.

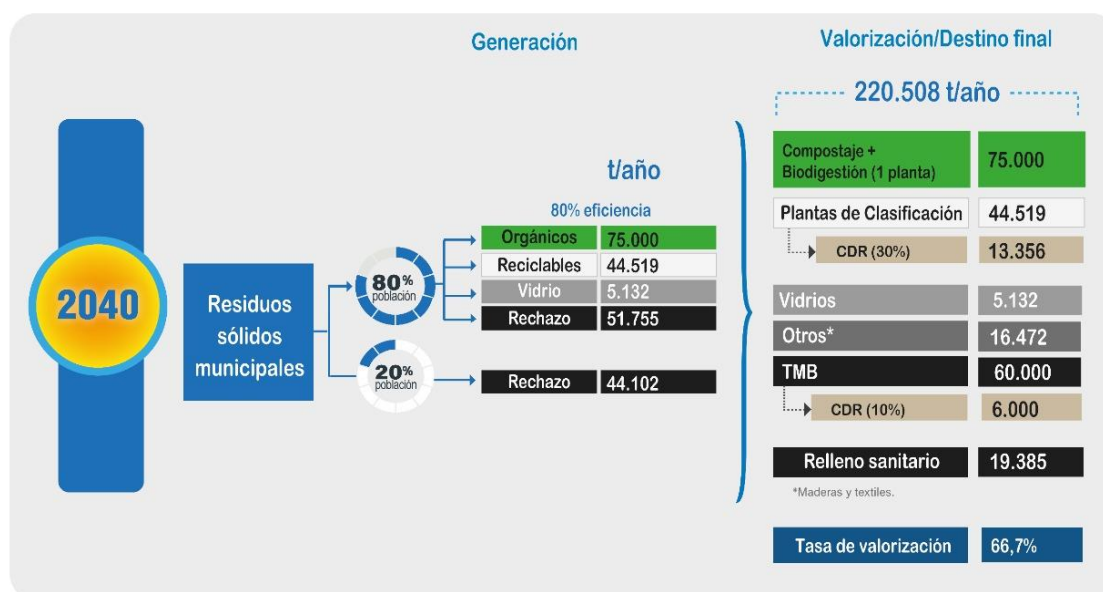
Para la valorización de estos residuos se propone la implementación de una planta de clasificación y pretratamiento centralizada de 28 000 t/año y dos plantas de compostaje de 20 000 t/año cada una. Asimismo, se proyecta que en el año 2030 se destinen a disposición final 128 050 toneladas, de las cuales 30 000 toneladas podrían ser previamente tratadas en una instalación TMB.

En este escenario se tendrían dos potenciales fuentes para la generación de CDR: 1) el rechazo de las instalaciones de clasificación y pretratamiento a escala industrial, que se estima en 30 % (8250 t/año en el año 2030), y 2) el material con alto poder calorífico separado en la instalación TMB, que se estima en un 10 % (3000 t/año).

Por último, se proponen una serie de medidas para concretizar el escenario.

## Capítulo 11. Análisis del escenario 2

Los flujos de residuos sólidos municipales proyectados para el año 2040 en este escenario se presentan en la siguiente gráfica.



En este escenario se proyecta una tasa de valorización de 66,7 %. Para la valorización de estos residuos se propone entre los años 2031 y 2040: 1) ampliación de la capacidad de la planta de clasificación y pretratamiento o implementación de una nueva planta, 2) implementación de una planta de compostaje de 20 000 t/año y 3) implementación de una planta de digestión anaerobia de 20 000 t/año. Con esta infraestructura, más la infraestructura propuesta en el escenario 1, se alcanzaría una capacidad total de tratamiento al año 2040 de 45 000 t/año de residuos reciclables (sin considerar el vidrio) y 80 000 t/año de residuos orgánicos. Asimismo, se proyecta que en el año 2040 se destinen a disposición final 79 383 toneladas, de las cuales 60 000 toneladas podrían ser previamente tratadas en dos instalaciones TMB, con una capacidad de 30 000 t/año cada una.

De acuerdo con lo indicado en los ítems anteriores, en este escenario se tendrían dos potenciales fuentes para la generación de CDR: 1) el rechazo de las instalaciones de clasificación y pretratamiento a escala industrial, que se estima en 30 % (13 500 t/año en el año 2040) y 2) el material con alto poder calorífico separado en las instalaciones TMB, que se estima en un 10 % (6000 t/año).

Por último, se proponen una serie de medidas para concretizar el escenario.

## Capítulo 12. Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del estudio (ver cap. 12).



## Índice de contenido

<b>I.</b>	<b>Resumen ejecutivo .....</b>	<b>1-i</b>
<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes generales .....	1
1.2	Aclaración sobre la terminología utilizada .....	3
1.3	Objetivos y alcances del estudio .....	4
1.3.1	Objetivo general .....	4
1.3.2	Objetivos específicos.....	4
1.3.3	Alcances del estudio.....	5
<b>2</b>	<b>Puntos clave en la gestión integral de residuos sólidos para lograr una economía circular .....</b>	<b>6</b>
2.1	Definiciones y principales características de los residuos reciclables y orgánicos.....	6
2.1.1	Definiciones y principales características de los residuos reciclables.....	7
2.1.2	Definiciones y principales características de los residuos orgánicos .....	13
2.2	Contexto y tendencias del mercado en la valorización de los residuos reciclables y orgánicos.....	14
2.2.1	Tendencias específicas en la valorización de ROM .....	17
<b>3</b>	<b>Marco legal que regula la gestión de los RSM y su valorización .....</b>	<b>27</b>
3.1	Resumen del marco legal .....	27
3.2	Análisis FODA del marco legal de los residuos reciclables.....	35
3.2.1	Fortalezas .....	35
3.2.2	Oportunidades .....	35
3.2.3	Debilidades .....	35
3.2.4	Amenazas.....	36
3.3	Análisis FODA del marco legal de los residuos orgánicos .....	36
3.3.1	Fortalezas .....	36
3.3.2	Oportunidades .....	37
3.3.3	Debilidades .....	38
3.3.4	Amenazas.....	39
<b>4</b>	<b>Avances en políticas y regulaciones en gestión integral de residuos sólidos en Ibagué.....</b>	<b>40</b>

4.1	Datos generales de la ciudad de Ibagué .....	40
4.1.1	Demografía .....	42
4.1.2	Relleno sanitario .....	43
4.2	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) .....	44
<b>5</b>	<b>Funcionamiento del mercado actual de los residuos reciclables en Ibagué.....</b>	<b>46</b>
5.1	Definición de los eslabones de la cadena de valor de los residuos reciclables .....	46
5.2	Primer eslabón: generación y recolección de residuos sólidos.....	48
5.2.1	Generación de residuos sólidos .....	48
5.2.2	Recolección de residuos sólidos .....	50
5.3	Segundo eslabón: clasificación y pretratamiento de los residuos reciclables .....	51
5.3.1	Estaciones de clasificación y aprovechamiento a nivel nacional .....	52
5.3.2	Estaciones de clasificación y aprovechamiento en Ibagué .....	56
5.3.3	Cantidades de residuos reciclables gestionados en las estaciones de clasificación y aprovechamiento .....	60
5.3.4	Intermediarios o mayoristas .....	62
5.3.5	Precios de venta de los materiales .....	64
5.3.6	Cobro de la tarifa por la actividad de aprovechamiento .....	70
5.3.7	Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento .....	70
5.4	Tercer eslabón: valorización de los residuos reciclables (industria transformadora) .....	70
5.4.1	Plásticos .....	71
5.4.2	Papel y cartón.....	82
5.4.3	Vidrio.....	86
5.4.4	Metales .....	88
5.4.5	Cartón para bebidas (Tetra Pak) .....	91
5.4.6	Fracción no reciclable.....	93
5.5	Análisis FODA de las fases de la cadena de valor.....	95
5.5.1	Fortalezas .....	96
5.5.2	Oportunidades .....	96
5.5.3	Debilidades .....	97
5.5.4	Amenazas.....	98



<b>6</b>	<b>Funcionamiento del mercado actual de los residuos orgánicos en Ibagué.....</b>	<b>99</b>
6.1	Definición de los eslabones de la cadena de valor de los residuos orgánicos .....	99
6.2	Primer eslabón: generación y recolección de residuos sólidos.....	101
6.2.1	Generación de residuos sólidos .....	101
6.2.2	Recolección de residuos sólidos .....	101
6.3	Segundo eslabón: valorización (tratamiento) .....	102
6.3.1	Infraestructura pública y privada existente para el tratamiento y la valorización de ROM .....	102
6.3.2	Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento .....	104
6.4	Tercer eslabón: uso de materiales .....	104
6.4.1	Mercado de abonos y acondicionadores de suelo orgánicos .....	105
6.4.2	Mercado de energía eléctrica .....	113
6.4.3	Mercado de gas natural.....	118
6.5	Potencial de demanda y crecimiento de los mercados consumidores de productos procedentes de la valorización de residuos orgánicos.....	119
6.5.1	Mercado de abonos orgánicos y acondicionadores de suelo .....	119
6.5.2	Mercado de energía eléctrica .....	128
6.5.3	Mercado de biogás y biometano .....	129
6.6	Análisis FODA de las fases de la cadena de valor.....	130
6.6.1	Fortalezas .....	130
6.6.2	Oportunidades .....	130
6.6.3	Debilidades .....	132
6.6.4	Amenazas.....	132
<b>7</b>	<b>Tasa de aprovechamiento/valorización .....</b>	<b>134</b>
7.1	Tasa de aprovechamiento/valorización de residuos reciclables .....	134
7.2	Tasa de aprovechamiento/valorización de residuos orgánicos.....	134
7.3	Tasa total de aprovechamiento/valorización .....	134
<b>8</b>	<b>Definición de escenarios futuros para el análisis del potencial de valorización de los RSM en Ibagué .....</b>	<b>136</b>
8.1	Definición del escenario 0.....	136
8.2	Definición del escenario 1 .....	136

8.3	Definición del escenario 2.....	138
8.4	Consideraciones generales para todos los escenarios .....	139
8.4.1	Implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico .....	139
8.4.2	Clasificación y pretratamiento a escala industrial .....	140
8.4.3	Uso del rechazo de clasificación y TMB para preparación de CDR.....	142
8.4.4	Tecnologías para el tratamiento/valorización de residuos orgánicos .....	144
8.5	Proyección de la generación de residuos sólidos municipales para todos los escenarios (2023-2040) .....	144
<b>9</b>	<b>Análisis del escenario 0 .....</b>	<b>148</b>
9.1	Resumen del escenario 0 .....	148
9.2	Proyección de las cantidades de RSM para valorización y disposición final.....	148
9.3	Análisis de las cantidades de residuos reciclables.....	151
9.3.1	Cantidades de residuos reciclables destinados a valorización.....	151
9.3.2	Clasificación y pretratamiento de residuos reciclables .....	152
9.3.3	Transformación de residuos reciclables .....	152
9.4	Análisis de las cantidades de residuos orgánicos .....	154
9.4.1	Cantidades de residuos orgánicos destinados a valorización.....	154
9.4.2	Tratamiento de residuos orgánicos .....	154
9.5	Tratamiento del rechazo que se destina a disposición final .....	154
9.6	Análisis de potencial para escenario 0 .....	154
9.7	Medidas recomendadas para lograr la tasa de valorización proyectada para el escenario 0 .....	156
<b>10</b>	<b>Análisis del escenario 1 .....</b>	<b>157</b>
10.1	Resumen del escenario 1 .....	157
10.2	Proyección de las cantidades de residuos para valorización y disposición final.....	157
10.3	Análisis de las cantidades de residuos reciclables y propuestas para su valorización .....	160
10.3.1	Cantidades de residuos reciclables destinados a valorización.....	160
10.3.2	Clasificación y pretratamiento de residuos reciclables .....	161

10.3.3	Transformación de residuos reciclables .....	162
10.4	Análisis de las cantidades de residuos orgánicos y propuestas para su valorización .....	162
10.4.1	Cantidades de residuos orgánicos destinados a valorización.....	162
10.4.2	Tratamiento de residuos orgánicos .....	162
10.4.3	Demanda potencial de compost.....	162
10.5	Tratamiento del rechazo que se destina a disposición final .....	163
10.6	Análisis de potencial para el escenario 1 .....	163
10.7	Medidas recomendadas para concretizar el escenario 1 .....	165
<b>11</b>	<b>Análisis del escenario 2 .....</b>	<b>168</b>
11.1	Resumen del escenario 2 .....	168
11.2	Proyección de las cantidades de residuos para valorización y disposición final.....	168
11.3	Análisis de las cantidades de residuos reciclables y propuestas para su valorización .....	172
11.3.1	Cantidades de residuos reciclables destinados a valorización.....	172
11.3.2	Clasificación y pretratamiento de residuos reciclables .....	173
11.4	Análisis de las cantidades de residuos orgánicos y propuestas para su valorización .....	173
11.4.1	Cantidades de residuos orgánicos destinados a valorización.....	173
11.4.2	Tratamiento de residuos orgánicos .....	173
11.4.3	Demanda potencial de compost.....	174
11.5	Tratamiento del rechazo que se destina a disposición final .....	175
11.6	Análisis de potencial para escenario 2 .....	176
11.7	Medidas recomendadas para concretizar el escenario 2 .....	177
<b>12</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>178</b>
12.1	Conclusiones .....	178
12.2	Recomendaciones .....	181
<b>13</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>183</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Principales características de los ROM .....	13
Tabla 2. Datos relacionados con la generación, el tratamiento y la infraestructura utilizada para la gestión integral de los ROM en varios países a nivel mundial .....	20
Tabla 3. Principales resoluciones y decretos identificados que impulsan la gestión de los residuos orgánicos municipales .....	33
Tabla 4. Comunas de la ciudad de Ibagué .....	40
Tabla 5. Corregimientos de la zona rural de Ibagué .....	41
Tabla 6. Distribución poblacional por sexo, edad y localización, municipio de Ibagué .....	42
Tabla 7. Porcentajes de generación de residuos sólidos por sector geográfico en el área urbana en la ciudad de Ibagué (según el tipo de residuo) .....	48
Tabla 8. Porcentajes de generación de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué según el tipo de residuo .....	49
Tabla 9. Porcentajes de generación de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué según el tipo de residuo .....	50
Tabla 10. Usuarios del servicio de aseo en el área urbana (a corte diciembre 2021) .....	50
Tabla 11. Distribución de ECA por capacidad operativa .....	53
Tabla 12. Municipios con mayor número de ECA registradas .....	54
Tabla 13. Principales actividades realizadas en las ECA por tipo de material .....	55
Tabla 14. Residuos aprovechados por las ECA en Ibagué .....	60
Tabla 15. Residuos aprovechados por las ECA en Ibagué .....	60
Tabla 16. Cantidades de materiales reciclables gestionados en las ECA en el año 2021 .....	61
Tabla 17. Lista de intermediarios en Ibagué .....	62
Tabla 18. Precios promedio de comercialización de materiales reciclables .....	64
Tabla 19. Consumo nacional aparente de las principales resinas plásticas (en miles de toneladas) .....	77
Tabla 20. Capacidad instalada nacional para la producción de resinas plásticas en miles de toneladas (2017-2021) .....	78
Tabla 21. Distribución del consumo de materia prima plástica por sector a nivel nacional .....	79
Tabla 22. Estimación potencial reciclaje de plástico, con base en la recolección conocida y capacidad actual en seis ciudades de Colombia .....	81
Tabla 23. Materias primas de vidrio compradas en Colombia (2020) .....	87
Tabla 24. Materias primas compradas en Colombia de chatarra (2020) .....	91
Tabla 25. Usuarios del servicio de aseo en el área urbana a diciembre 2021 .....	101
Tabla 26. Peso de los fertilizantes en los costos de producción (2017) .....	107
Tabla 27. Fertilizantes y acondicionadores de suelos, bioinsumos de uso agrícola y plaguicidas minerales para la producción de alimentos ecológicos aprobados por el ICA .....	108

Tabla 28. Capacidad efectiva de generación del SIN y distribución según fuente (2022) .....	113
Tabla 29. Proyectos de generación de energía a partir de bagazo en operación .....	114
Tabla 30. Área fertilizada y porcentaje del área por tipo de fertilizante aplicado según cultivo en Colombia (2019) .....	120
Tabla 31. Demanda de fertilizantes, abonos orgánicos y compost (total nacional) .....	122
Tabla 32. Intensidad de uso de fertilizantes orgánicos por hectárea según tipo de cultivo .....	123
Tabla 33. Demanda de fertilizantes, abonos orgánicos y compost en Tolima .....	123
Tabla 34. Demanda proyectada a 2030 a nivel nacional de fertilizantes, abonos orgánicos y compost (total nacional) .....	124
Tabla 35. Demanda proyectada a 2030 de fertilizantes, abonos orgánicos y compost en Tolima .....	125
Tabla 36. Tasa de aprovechamiento/valorización por tipo de material (2021) .....	134
Tabla 37. Tasa de aprovechamiento/valorización por tipo de material (2021) .....	135
Tabla 38. Composición promedio de los RSM en Ibagué .....	145
Tabla 39. Generación actual y proyección de la generación de RSM en Ibagué en t/año (2021-2030) .....	146
Tabla 40. Proyección de la generación de RSM en Ibagué en t/año (2031-2040) .....	147
Tabla 41. Proyección del escenario 0 de la cantidad de RSM destinados a valorización y disposición final en Ibagué en t/año (2022-2030) .....	149
Tabla 42. Porcentaje de residuos destinados a valorización por tipo de residuo en Ibagué en el escenario 0 (2021-2030) .....	150
Tabla 43. Proyección según el escenario 1 de la cantidad de RSM destinados a valorización y disposición final en Ibagué en t/año (2022-2030) .....	158
Tabla 44. Porcentaje de residuos destinados a valorización por tipo de residuo en Ibagué en el escenario 1 (2021-2030) .....	159
Tabla 45. Estimación de la producción de compost para el escenario 1 .....	163
Tabla 46. Infraestructura a implementar en el escenario 1 para la valorización de los residuos reciclables y orgánicos .....	164
Tabla 47. Proyección en el escenario 2 de la cantidad de RSM destinados a valorización y disposición final en Ibagué en t/año (2031-2040) .....	170
Tabla 48. Porcentaje de residuos destinados a valorización por tipo de residuo en Ibagué en el escenario 2 (2031-2040) .....	171
Tabla 49. Capacidad total de valorización de residuos orgánicos al año 2040 .....	174
Tabla 50. Estimación de la producción de compost para el escenario 2 .....	175
Tabla 51. Cantidades de residuos a relleno sanitario en el escenario 2 (t/año) .....	176
Tabla 52. Infraestructura a implementar en el escenario 2 para la valorización de los residuos reciclables y orgánicos .....	177
Tabla 53. Incentivos de la Ley 1715 de 2014 .....	239

Tabla 54. Principales Resoluciones y decretos relacionadas con la gestión de los residuos orgánicos y que se derivan de Políticas Públicas recientes y del Plan Nacional de Desarrollo .....	246
Tabla 55. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un compost de alta calidad .....	253
Tabla 56. Costos típicos de la gestión de residuos sólidos en USD/tonelada.....	265
Tabla 57. Costos asociados al tratamiento <i>in situ</i> de los residuos orgánicos en hogares, a través de composteras, lombricomposteras y biodigestores (en dólares).....	266
Tabla 58. Costos de inversión (CAPEX) para plantas de compostaje (en dólares) .....	268
Tabla 59. Costos operacionales (OPEX) para plantas de compostaje (en dólares) .....	268
Tabla 60. Costos de inversión (CAPEX) y operacionales (OPEX) de la digestión anaerobia.....	269
Tabla 61. Costos asociados a la construcción y operación de una planta de Digestión Anaerobia de 510 tpd en Montería (Colombia) (precios de 2019 en COP) .....	270

## Índice de imágenes

Imagen 1. Residuos reciclables en ECA de ASOREANC .....	57
Imagen 2. Residuos reciclables en ECA de ASOREANC .....	57
Imagen 3. ECA de ASOREANC.....	57
Imagen 4. ECA de ASOREANC.....	57
Imagen 5. Residuos reciclables en ECA de COORESUNTOL .....	58
Imagen 6. Residuos reciclables en ECA de COORESUNTOL .....	58
Imagen 7. Prensa compactadora en ECA de COORESUNTOL.....	58
Imagen 8. Prensa compactadora en ECA de COORESUNTOL.....	58
Imagen 9. Residuos reciclables en ECA de Opción de Vida .....	59
Imagen 10. Residuos reciclables en ECA de Opción de Vida .....	59
Imagen 11. Residuos reciclables en ECA de Opción de Vida .....	59
Imagen 12. Instalaciones de Recurplass S.A.S. en Ibagué.....	63
Imagen 13. Residuos reciclables en las instalaciones de Recurplass S.A.S. en Ibagué .....	64
Imagen 14. Banda transportadora en las instalaciones de Recurplass S.A.S. en Ibagué .....	64
Imagen 15. Acopio de material clasificado y compactado por Recicoop.....	76
Imagen 16. Línea de clasificación en QUOS .....	77
Imagen 17. Sistema de compostaje de Earth Green Colombia utilizado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos .....	103
Imagen 18. Instalaciones del proyecto piloto de compostaje desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos .....	104
Imagen 19. Proyecto piloto de compostaje desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos .....	104
Imagen 20. Imágenes de una planta de tratamiento mecánico-biológico.....	140

Imagen 21. Línea de clasificación manual .....	141
Imagen 22. Esquema de línea de clasificación semiautomatizada .....	141
Imagen 23. Esquema de línea de clasificación automatizada .....	142
Imagen 24. Línea de producción de CDR .....	143
Imagen 25. CDR y horno cementero .....	144
Imagen 26. Planta de Compostaje en hileras descubierta .....	252
Imagen 27. Planta de Compostaje en hileras cubierta .....	252
Imagen 28. Sistema Cerrado: Biorreactor .....	252
Imagen 29. Planta de compostaje estático, cubierta y con aireación forzada .....	252
Imagen 30. Planta de compostaje en pilas .....	252
Imagen 31. Planta de Biometanización de Can Barba, Terrassa, España .....	255
Imagen 32. Planta de Biometanización en Holkham, Inglaterra .....	255
Imagen 33. Planta de Biometanización en Surrey, Inglaterra .....	255
Imagen 34. Planta de lombricultura ubicada en Argentina .....	261
Imagen 35. Lombriz roja californiana .....	261
Imagen 36. Mosca Soldado Negra en su estado de larva .....	262
Imagen 37. Planta de tratamiento de residuos orgánicos con la mosca soldado-negra. Instalaciones para la fase adulto. (Mekong, Vietnam) .....	263
Imagen 38. Planta de tratamiento de residuos orgánicos con la mosca soldado-negra. Instalaciones para la fase larva (Kenya, Africa) .....	263
Imagen 39. Planta de Tratamiento Mecánico Biológico del Complejo Medioambiental de Gipuzkoa .....	272
Imagen 40. Modelo de una Planta de Tratamiento Mecánico Biológico .....	272

## Índice de figuras

Figura 1. Generación anual de residuos a nivel regional.....	1
Figura 2. Porcentaje de materiales reciclados en el servicio público de aseo .....	2
Figura 3. Clases de residuos reciclables .....	6
Figura 4. Clases de residuos orgánicos.....	7
Figura 5. Tipos de plásticos .....	11
Figura 6. Modelo de economía circular .....	15
Figura 7. Principales tecnologías de tratamiento de los residuos orgánicos .....	19
Figura 8. Modelo circular de Toronto .....	23
Figura 9. Marco normativo relacionado con la gestión de los ROM .....	31
Figura 10. Jerarquía de los residuos.....	32
Figura 11. Principales políticas públicas .....	32
Figura 12. Localización de Ibagué (Tolima) .....	40
Figura 13. Distribución de Ibagué por comunas (cartografía).....	41
Figura 14. Cartografía: Corregimientos de la zona rural de Ibagué.....	42
Figura 15. Ubicación del relleno sanitario La Miel .....	43
Figura 16. Esquema conceptual de la cadena de valor de los residuos reciclables .....	47
Figura 17. Porcentajes de generación de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué según el tipo de residuo.....	49
Figura 18. Reporte de estaciones de clasificación y aprovechamiento a nivel nacional .....	52
Figura 19. Número de operarios de bodega .....	55
Figura 20. Composición promedio de los residuos reciclables gestionados por las ECA .....	61
Figura 21. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de plástico. Promedio nacional Colombia (abril 2020-noviembre 2022) .....	66
Figura 22. Índice de precios de las materias primas para plásticos reciclados (2018-2022) .....	66
Figura 23. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de celulosas. Promedio nacional Colombia (abril 2020-noviembre 2022) .....	67
Figura 24. Índice de precios de las materias primas cartón y papel reciclado (2018-2022) Índice base enero 2022=100 y variación interanual .....	67
Figura 25. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de vidrio. Promedio nacional Colombi (abril 2020-noviembre 2022) .....	68
Figura 26. Índice de precios de las materias primas de vidrio (2018-2022) Índice base enero 2022=100 y variación interanual .....	68
Figura 27. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de metales. Promedio nacional Colombia (abril 2020-noviembre 2022) .....	69
Figura 28. Índice de precios de las materias primas chatarra de metales ferrosos y aluminio (2018-2022) .....	69



Figura 29. Número de empresas del grupo 1 según departamentos del país (2021-2022).....	73
Figura 30. Número de empresas del grupo 2 según departamentos del país (2021-2022).....	73
Figura 31. Número de empresas del grupo 3 según departamentos del país (2021-2022).....	74
Figura 32. Número de empresas del grupo 4 según departamentos del país (2021-2022).....	74
Figura 33. Industria de papel y cartón. Consumo aparente en millones de toneladas (2016-2021)84	
Figura 34. Consumo aparente de residuos de papel posconsumo en millones de toneladas (2013-2021) .....	84
Figura 35. Distribución de la recolección e importaciones por tipo de papel en 2019.....	85
Figura 36. Total de importaciones y exportaciones de vidrios y manufacturas en miles de dólares (2008-2021).....	87
Figura 37. Consumo aparente de aceros en Colombia en toneladas (2020) .....	91
Figura 38. Volumen de envases Tetra Pak valorizados .....	92
Figura 39. Esquema conceptual de la cadena de valor de los residuos orgánicos.....	100
Figura 40. Consumo aparente, producción, importaciones y exportaciones de fertilizantes y acondicionadores de suelo en Colombia en millones de toneladas (2017-2020) .....	105
Figura 41. Mercado de fertilizantes y acondicionadores de suelos (2020).....	106
Figura 42. Precio promedio nacional de algunos abonos orgánicos (COP/unidad de medida) julio 2020-diciembre 2022.....	109
Figura 43. Precio promedio nacional de algunos fertilizantes químicos (COP/unidad de medida) julio 2020-diciembre 2022.....	110
Figura 44. Producción orgánica estimada en Colombia (2021) .....	112
Figura 45. Producción agrícola ecológica de la empresa Daabon Group .....	112
Figura 46. Mercado de energía eléctrica .....	116
Figura 47. Precio de generación de la energía eléctrica en pesos colombianos/kWh por tipo de mercado (2010-2023)* .....	117
Figura 48. Proyección de la demanda de gas natural en GBTUD-año (2022-2036).....	118
Figura 49. Factor reservas probadas/producción comercializada para el gas natural (2010-2021) .....	119
Figura 50. Territorios ganaderos en Colombia (resaltados en color rosado) .....	125
Figura 51. Zonificación de la degradación de suelos por erosión en Colombia .....	127
Figura 52. Proyección de demanda de energía (GW/h-año) 2022-2036.....	129
Figura 53. Propuesta de segregación en la fuente y recolección selectiva para el año 2030 - escenario 1 .....	137
Figura 54. Propuesta de segregación en la fuente y recolección selectiva - escenario 2 .....	138
Figura 55. Porcentaje de valorización por tipo de residuo reciclable en el escenario 0.....	151
Figura 56. Flujo de residuos sólidos municipales en t/año para el 2030 según el escenario 0.....	155
Figura 57. Porcentaje de valorización por tipo de residuo reciclable en el escenario 1 .....	160

Figura 58. Flujo de residuos sólidos municipales en t/año para el 2030 en el escenario 1.....	164
Figura 59. Porcentaje de valorización por tipo de residuo reciclable en el escenario 2 .....	172
Figura 60. Flujo de residuos sólidos municipales en t/año para el 2040 en el escenario 2.....	176
Figura 61. Flujos de materiales, agua, energía y residuos en la economía colombiana .....	205
Figura 62. Fases para la formalización progresiva de los recicladores de oficio .....	209
Figura 63. Metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).....	211
Figura 64. Marco normativo relacionado con la gestión de los ROM .....	225
Figura 65. Jerarquía de los residuos .....	227
Figura 66. Principales políticas públicas .....	230
Figura 67. Principales normativas del Sector Aseo .....	236
Figura 68. Principales normativas del Sector Ambiente .....	238
Figura 69. Principales normativas del Sector Energía .....	241
Figura 70. Principales normativas del Sector Agrícola .....	243
Figura 71. El proceso de compostaje.....	251
Figura 72. Valor energético del biogás .....	256

## Índice de anexos

**Anexo 1.** Listado de actores contactados

**Anexo 2.** Marco legal aplicable

Anexo 2.1. Marco legal aplicable para los residuos reciclables

Anexo 2.2. Marco legal aplicable para los residuos orgánicos

**Anexo 3.** Tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos municipales (ROM)

**Anexo 4.** Parámetros de referencia exigidos en la norma NTC 5167 para comercialización de abonos orgánicos

## Abreviaturas

<b>ABS</b>	Acrilonitrilo butadieno estireno
<b>AEE</b>	Aparatos eléctricos y electrónicos
<b>ANDI</b>	Asociación Nacional de Empresarios Colombianos
<b>ANLA</b>	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
<b>ASE</b>	Área de servicio exclusivo
<b>CAEM</b>	Corporación Ambiental Empresarial
<b>CDR</b>	Combustible derivado de residuos
<b>CEMPRE</b>	Compromiso empresarial para el reciclaje
<b>CIC</b>	Concentración Industrial Comprensivo
<b>CONPES</b>	Consejo Nacional de Política Económica y Social
<b>CRA</b>	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
<b>CRT</b>	Costos de recolección y transporte
<b>DAA</b>	Diagnostico ambiental de alternativas
<b>DANE</b>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<b>DNP</b>	Departamento Nacional de Planeación
<b>EC</b>	Economía circular
<b>ECA</b>	Estaciones de clasificación y aprovechamiento
<b>EIA</b>	Estudio de impacto ambiental
<b>ENEC</b>	Estrategia Nacional de Economía Circular
<b>EPS</b>	Poliestireno expandido
<b>ESP</b>	Empresas de servicios públicos
<b>FODA</b>	Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas
<b>GIRS</b>	Gestión Integral de Residuos Solidos
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
<b>GPC</b>	Generación per cápita
<b>HHN</b>	Hirschman – Herfindahl Normalizado
<b>IAT</b>	Incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos
<b>ICONTEC</b>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
<b>IFC</b>	Corporación Financiera Internacional
<b>MinAmbiente</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>MinComercio</b>	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
<b>MinVivienda</b>	Ministerio De Vivienda, Ciudad y Territorio
<b>MPA</b>	Material potencialmente aprovechable
<b>NDC</b>	Contribución nacionalmente determinada
<b>NSCL</b>	Norma Sectorial de Competencia Laboral
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>NTCGP</b>	Norma Técnica de Calidad en la Gestión Pública
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>ORO</b>	Organización de recicladores/as de oficio
<b>PEBD</b>	Polietileno de baja densidad
<b>PELBD</b>	Polietileno lineal de baja densidad
<b>PE</b>	Polietileno
<b>PET</b>	Polietileno tereftalato
<b>PGIRS</b>	Plan de Gestión Integral de Residuos Solidos
<b>PLA</b>	Ácido poliláctico
<b>PMA</b>	Planes de manejo ambiental
<b>PMIRS</b>	Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos
<b>PND</b>	Plan Nacional de Desarrollo
<b>POT</b>	Plan de Ordenamiento Territorial
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PREVEC</b>	Programa de Empleos Verdes en la Economía Circular
<b>PS</b>	Poliestireno

<b>PS-E</b>	Poliestireno expandido
<b>PTFE</b>	Politetrafluoroetileno
<b>PUR</b>	Poliuretano
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>RAEE</b>	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
<b>RAS</b>	Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico
<b>RBL</b>	Recolección, barrido y limpieza
<b>RCD</b>	Residuos de construcción y demolición
<b>REAS</b>	Residuos de establecimientos de la atención de salud
<b>REP</b>	Responsabilidad extendida del productor
<b>RESPEL</b>	Residuos peligrosos
<b>RSM</b>	Residuos sólidos municipales
<b>RUOR</b>	Registro Único de Organizaciones de Recicladores
<b>RUPS</b>	Registro Único de Prestadores De Servicios
<b>RURO</b>	Registro Único de Recicladores de Oficio
<b>SAC</b>	Sello Ambiental Colombiano
<b>SIAC</b>	Sistema Ambiental del Distrito Capital
<b>SINA</b>	Sistema Nacional Ambiental
<b>SSPD</b>	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
<b>SUI</b>	Sistema Único de Información

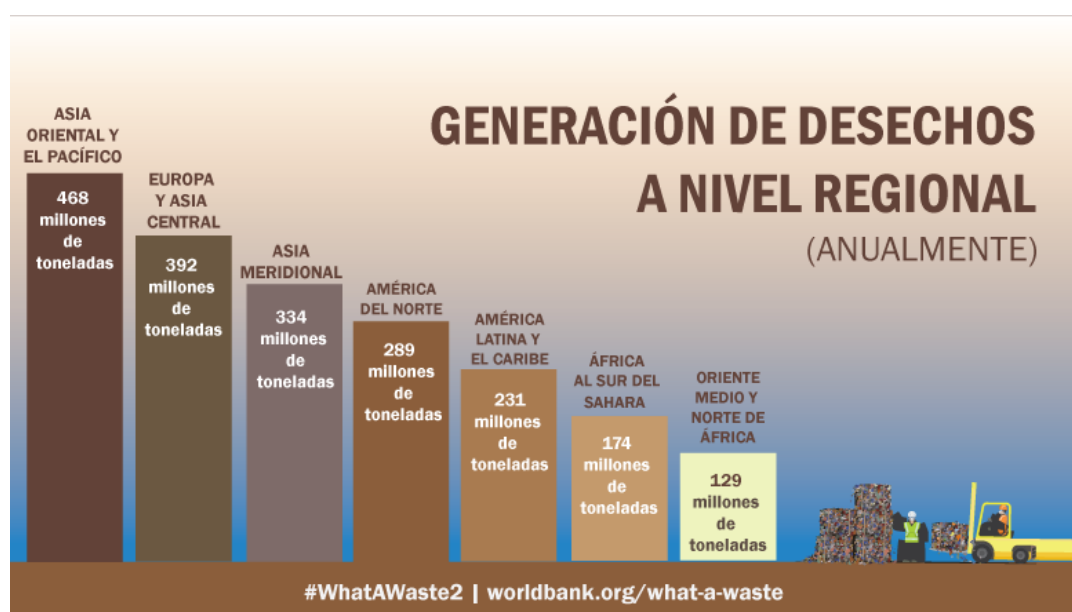
## 1 Introducción

### 1.1 Antecedentes generales

Si bien el manejo ambientalmente adecuado de los residuos sólidos en general es un tema que ha despertado gran conciencia en la población mundial, hoy en día los esfuerzos realizados —traducidos en políticas, leyes y regulaciones— no han sido determinantes para lograr una disminución en su generación. Por el contrario, el desarrollo económico, el crecimiento poblacional y un estilo de vida enfocado en modelos económicos lineales aún presentes en la mayoría de los países muestran un aumento de la generación a un ritmo alarmante. De hecho, estudios han demostrado que en los próximos 30 años la cantidad de desechos generados a nivel mundial puede aumentar hasta en un 70 % (Banco Mundial, 2018).

Según análisis realizados por el Banco Mundial, anualmente se generan en el mundo un estimado de 2010 millones de toneladas de desechos municipales, y según estas cifras, para el año 2050 la generación puede llegar a 3400 millones de toneladas anuales. De estos 2010 millones de toneladas, el 44 % corresponde a residuos de alimentos; el 17 %, a papel; el 12 %, a plásticos; el 5 %, a vidrio; y el 4 %, a metales; el otro 18 % corresponde a diversos tipos de residuos generados que pueden ser o no potencialmente reciclables (Banco Mundial, 2018).

**Figura 1. Generación anual de residuos a nivel regional**



Fuente: Banco Mundial, 2018.

En los países de ingresos bajos<sup>2</sup>, más de un 90 % de los residuos generados no se gestionan de forma ambientalmente racional, por lo cual un tercio de la generación se vierte incontroladamente o se quema a cielo abierto. Asimismo, el costo de la gestión de residuos sólidos generalmente constituye el 20 % de los presupuestos municipales (Banco Mundial, 2018).

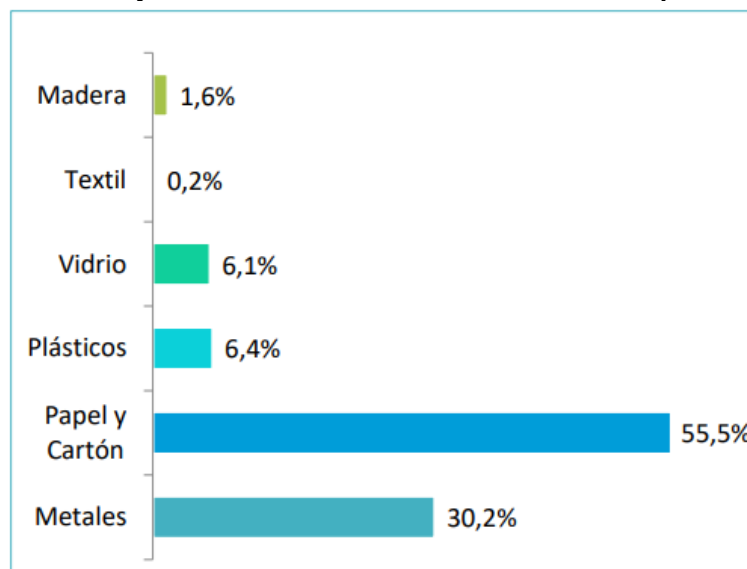
<sup>2</sup> Son los países con un ingreso neto por persona inferior al nivel establecido por el Banco Mundial para determinar que un país puede obtener ayuda de la Asociación Internacional de Fomento. Significa que sus ingresos netos son de menos de 1395 dólares estadounidenses por persona.

Según un informe presentado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), en Colombia en el año 2018 se dispusieron en promedio 30 973 toneladas diarias de residuos sólidos para sus 1102 municipios, repartidas en 308 sitios de disposición final en cinco tipos de sistemas (tres autorizados y dos no autorizados<sup>3</sup>). De estos, el relleno sanitario es la forma más atractiva económicamente y se prioriza como destino final de los residuos sólidos generados.

Asimismo, según datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), se generan aproximadamente 12 millones de toneladas de residuos al año, de las cuales se recicla en promedio únicamente un 17 %. No obstante, Colombia posee una tasa muy alta de cobertura en materia de prestación del servicio público de aseo, de más del 93 % del territorio, superando a países de referencia como Chile, Barbados y El Salvador (ONU Medio Ambiente, 2018).

Los bajos niveles de reciclaje y aprovechamiento a nivel nacional se deben en mayor medida a la deficiente separación de residuos en la fuente y a los bajos niveles de conciencia y cultura de los consumidores respecto al manejo ambientalmente adecuado de residuos sólidos. A esto se suman los modelos para la recolección, transporte y disposición final propuestos por los operadores del servicio público de aseo, los cuales se basan en las normas vigentes promulgadas por las diferentes entidades del orden nacional, regional y local, en lo que el papel y el cartón son los materiales que mayormente se reportan como aprovechados en el marco del servicio público de aseo.

**Figura 2. Porcentaje de materiales reciclados en el servicio público de aseo**



Fuente: MinVivienda – SUI, 2018.

Sin embargo, el Gobierno nacional también ha desarrollado una serie de estrategias para la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos, promoviendo el aprovechamiento y reciclaje de residuos. Por ejemplo, el Decreto 596 de 2016 establece, entre otros asuntos, el régimen transitorio para la formalización de recicladores y recicladoras de oficio. Además, la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) contempla dentro sus líneas de acción la circularidad de los materiales provenientes de la industria y el consumo

<sup>3</sup> Autorizados: rellenos sanitarios, celdas de contingencia y plantas de tratamiento; no autorizados: botaderos a cielo abierto y celdas transitorias.

masivo, a lo que se suman diversas regulaciones en materia de incentivos al aprovechamiento de residuos.

Por otra parte, en el año 2018 entró en vigor una reglamentación sobre responsabilidad extendida del productor (REP) para envases y empaques<sup>4</sup>, que inició su aplicación progresiva en 2021 mediante el cumplimiento de unas metas mínimas de recolección y gestión anuales. Así, se ha integrado a diferentes actores dentro de los planes de gestión a implementar, entre los que se encuentran gestores<sup>5</sup> y transformadores<sup>6</sup> de los materiales recolectados.

Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos desarrollados por los diferentes actores, especialmente del Gobierno nacional con la promulgación de normas, las condiciones actuales no son suficientes para aumentar significativamente el porcentaje de reciclaje de los residuos sólidos en las zonas urbanas, donde se produce una cantidad suficiente de residuos potencialmente valorizables.

Es acá donde las sinergias que se puedan desarrollar entre gobiernos pueden resultar un apoyo fundamental para lograr la cooperación y unión de las diferentes entidades público-privadas en pro de un objetivo común, implementando estrategias transversales según sus competencias. Ese es el caso, por ejemplo, de los proyectos de cooperación internacional.

En este contexto, el PREVEC tiene por objetivo apoyar la eficacia de la estrategia de economía circular en determinadas zonas urbanas, mejorando diversas condiciones para su aplicación. Entre otros objetivos o indicadores del proyecto, se busca que en general aumente la tasa de reciclaje. Es aquí donde se inserta el denominado *output* 1 del programa, que busca crear condiciones para incrementar el reciclaje y aprovechamiento de residuos específicos en las zonas urbanas que están siendo apoyadas, como es el caso de Ibagué. Se busca, entonces, disponer de datos sobre los materiales, las cantidades y los flujos de residuos, así como un análisis de potencial de su reciclaje/aprovechamiento.

Para dar cumplimiento a dicho indicador se ha desarrollado el presente estudio, que busca describir el tamaño, las características y las dinámicas del mercado de los residuos y su cadena de valor, al igual que estimar el potencial de valorización —bajo diferentes escenarios— de las fracciones reciclables y orgánicas de los residuos sólidos municipales de Ibagué.

## 1.2 Aclaración sobre la terminología utilizada

En el CONPES 3874 de 2016 («Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos») se define el aprovechamiento como la «actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje por parte de la persona prestadora». Sin embargo, comúnmente esta palabra tiene un significado más amplio, e incluye la transformación de estos residuos en nuevos productos o materiales con una finalidad útil.

4 Resolución 1407 de 2018. Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal.

5 Persona natural o jurídica, que realice la recolección, clasificación y pesaje de los residuos de envases y empaques (Resolución 1407, 2018).

6 Persona natural o jurídica que transforme el material aprovechable en materia prima y/o producto final y lo devuelva a la cadena productiva y/o realice su valorización energética (Resolución 1407, 2018).



Como alternativa, a nivel internacional también se utiliza el término valorización, que en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 19 de noviembre de 2008 (sobre los residuos y por la que se derogan determinadas directivas) se define como «cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general».

Con base en estas definiciones y en los términos usados comúnmente en el sector de los residuos, y a fin de no generar confusión o contradicción entre el término aprovechamiento según la legislación colombiana y su significado más amplio, para el presente estudio de mercado se decidió utilizar el término valorización, con la siguiente definición:

*«Cualquier operación mediante la cual los materiales de residuos son transformados y utilizados como nuevos productos, materiales o sustancias, con la finalidad de sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular. Considera, en orden de prioridad, al reciclaje incluyendo la transformación del material orgánico en productos, la transformación en combustibles derivados de residuos para su posterior coprocesamiento (reemplazando combustibles fósiles), y la valorización energética en base a tecnologías como la biodigestión, entre otras».*

### **1.3 Objetivos y alcances del estudio**

#### **1.3.1 Objetivo general**

El presente documento tiene como objetivos:

- Analizar y describir el mercado de la gestión de residuos sólidos en su cadena de valor, particularmente cada uno de sus eslabones.
- Con base en el análisis anterior, estimar el potencial de valorización (en términos de volúmenes y tasas por tipo de material) de los residuos reciclables y orgánicos generados en Ibagué, de acuerdo con distintos escenarios futuros de segregación en la fuente y recolección selectiva planteados.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del presente estudio son los siguientes:

- Proveer información sobre las principales fuentes de generación y las características de los residuos reciclables y orgánicos municipales, así como sobre las tendencias en su gestión, a partir de referencias a nivel nacional e internacional.
- Identificar el marco legal que regula la gestión de los residuos sólidos, prestando especial atención a las fracciones reciclables y orgánica, y su valorización en Colombia, incluyendo un análisis de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
- Identificar disposiciones regulatorias locales, a nivel municipal, que puedan promover u obstaculizar el desarrollo de sistemas de gestión para los residuos sólidos.
- Describir el funcionamiento del mercado de los residuos reciclables y orgánicos en Ibagué a partir de los componentes principales de su cadena de valor.
- Analizar los aspectos económicos de las cadenas de valor definidas previamente.



- Analizar las iniciativas en desarrollo; el potencial de crecimiento; y las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del mercado de los residuos sólidos reciclables y orgánicos a nivel local.

### 1.3.3 Alcances del estudio

Este análisis se realiza para los residuos sólidos generados en el contexto del servicio público de aseo de Ibagué, y los escenarios planteados se basan en suposiciones de cobertura poblacional, de una eficiente segregación en la fuente y de implementación formal de la recolección selectiva en diferentes grados de cobertura de la población total, con horizontes a los años 2030 y 2040.

Adicionalmente, para los diferentes escenarios planteados, se supone la introducción de tecnologías y modelos operativos que permitan procesar —de forma eficiente y con economías de escala— los volúmenes proyectados para cada una de las corrientes residuales consideradas, apoyándose en la recopilación de datos relativos al mercado que se haya levantado.

Los materiales para los que se realiza el análisis corresponden a las fracciones reciclables y orgánicas de los residuos sólidos cubiertos por el servicio público de aseo. La fracción reciclable considera las corrientes de celulosas, plásticos, metales y vidrios, principalmente. En el caso de la fracción orgánica, esta corresponde a los materiales compostables factibles de ser segregados en la fuente, para el caso de análisis de dicha tecnología, y a la fracción orgánica completa en el caso de otras tecnologías, como la biodigestión.

Los escenarios previstos, que definen el alcance del análisis, son los enunciados en el punto 8 del presente informe. Estos se han planteado considerando la experiencia internacional, que marca la evolución natural de los sistemas de gestión de residuos sostenibles.

## 2 Puntos clave en la gestión integral de residuos sólidos para lograr una economía circular

### 2.1 Definiciones y principales características de los residuos reciclables y orgánicos

Tal como se mencionó en el capítulo anterior, el presente estudio se concentra en los residuos sólidos cuya gestión está bajo las competencias y responsabilidades de los municipios, y que, por lo tanto, están cubiertos por el servicio público de aseo (SPA). Para efectos del presente documento, estos han sido denominados residuos sólidos municipales (RSM).

De forma más específica, el estudio se enfoca en las fracciones reciclable y orgánica de dichos residuos. En las siguientes figuras se muestran las clases de residuos que han sido analizadas para cada una de las fracciones indicadas, y en los siguientes ítems se describe de forma más detallada cada una de ellas.

**Figura 3. Clases de residuos reciclables**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Figura 4. Clases de residuos orgánicos



Fuente: GOPA Infra, 2023.

### 2.1.1 Definiciones y principales características de los residuos reciclables

En general, los residuos reciclables son materiales no peligrosos que se generan en diversas actividades humanas, por lo que pueden provenir de fuentes domiciliarias, industriales u otras, como:

- **Generación domiciliaria:** son aquellos residuos que se originan en la actividad doméstica de los hogares. La fracción reciclable suele provenir de envases y empaques descartados.
- **Generación industrial:** son aquellos residuos resultantes de la actividad industrial que tienen potencial de reciclaje. Pueden corresponder a envases y empaques de uso industrial o a residuos de carácter posindustrial, dependiendo del rubro de la industria respectiva.
- **Generación comercial:** corresponde, en general, a envases y empaques de mercaderías, que suelen generarse durante las actividades de desembalaje y preparación para la venta de productos.
- **Generación institucional:** corresponde a residuos provenientes de actividades administrativas o educacionales. En este tipo de generación suelen concentrarse materiales como papeles y, en menor grado, cartones, plásticos y otros materiales.
- **Otros tipos de generación:** existen otras formas de generación de residuos reciclables menos relevantes en volumen, como eventos masivos o actividad propia de los centros poblados, entre otras.

La materialidad de residuos es la que indicará su potencial de reciclaje, en conjunto con otras características como su grado de limpieza y su nivel de segregación o clasificación. En general, los materiales reciclables que resultan más atractivos, por la madurez del mercado para su reciclaje y los costos de oportunidad asociados, son:

- **Papel/cartón.** Es el material con la mayor tasa de reciclaje a nivel nacional (67 % en el año 2021) e internacional, tanto por sus características de composición como por las tecnologías disponibles para su recuperación, que hacen posible su reciclaje sin la necesidad de un pretratamiento. El papel/cartón también tiene la particularidad de ser un material que los actores industriales y comerciales generan en grandes volúmenes, lo que facilita su segregación y recolección. Además, estos

cuentan con un mercado propio, caracterizado por tener una cadena de valor financiada gracias al costo de las materias primas tradicionales o vírgenes (celulosa en este caso), y que, dependiendo de los precios internacionales, también presenta dinámicas de importación/exportación entre diferentes mercados.

- **Plásticos.** Corresponden a una amplia gama de materiales sintéticos o semisintéticos que se utilizan para una gran cantidad de aplicaciones, por lo que es un material común en envases, ropa, construcciones, equipos médicos, automóviles, equipos electrónicos, etc. Los plásticos son materiales orgánicos, pues las materias primas que se utilizan para su producción son productos naturales como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y el petróleo.

Según las definiciones de la asociación gremial de la industria del plástico a nivel europeo, Plastics Europe, existen diferentes tipos de plásticos, como se detalla a continuación:

- Poliolefinas. Las poliolefinas son una familia de termoplásticos de polietileno y polipropileno. Se producen principalmente a partir del petróleo y el gas natural, mediante un proceso de polimerización del etileno y el propileno, respectivamente. Su versatilidad las convierte en uno de los plásticos más utilizados hoy en día. Existen cuatro tipos de poliolefinas:
  - Polietileno de baja densidad (LDPE): el LDPE se define por una gama de densidad de 0,910-0,940 g/cm<sup>3</sup>. No reacciona a temperatura ambiente, excepto a fuertes agentes oxidantes y a algunos disolventes que provocan hinchazón. Soporta una temperatura continua de 80 °C y 95 °C durante un breve plazo de tiempo. Puede ser opaco o traslúcido, y es bastante flexible y duro. Sus aplicaciones incluyen: *film* transparente, bolsas de compra, *film* agrícola, revestimiento para envases, revestimiento para cable eléctrico y bolsas industriales para grandes cargas.
  - Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE): es un polietileno bastante lineal, con cifras significativas de ramas cortas, que normalmente es fabricado mediante copolimerización de etileno con olefinas de cadena más larga. El LLDPE tiene mayor fuerza tensil y más resistencia al impacto y a la punción que el LDPE. Es muy flexible y se puede estirar mediante tensión. Se puede utilizar para fabricar láminas más finas y ofrece una buena resistencia a las sustancias químicas. Además, tiene buenas propiedades eléctricas. Sin embargo, no es tan fácil de procesar como el LDPE. Sus aplicaciones incluyen: *film* extensible, *films* para embalaje industrial, contenedores de paredes muy finas, y bolsas pequeñas, medianas y para grandes cargas.
  - Polietileno de alta densidad (HDPE): el HDPE se conoce por su buena relación fuerza/densidad. La densidad del HDPE puede oscilar de 0,93 a 0,97 g/cm<sup>3</sup> o 970 kg/m<sup>3</sup>. Aunque la densidad del HDPE solo es marginalmente superior a la del polietileno de baja densidad, el HDPE es de baja ramificación, lo que le aporta una mayor fuerza intermolecular y una mayor tensión de rotura. También es más duro y opaco y puede soportar temperaturas algo más elevadas (120 °C en periodos cortos). Sus aplicaciones incluyen: cajas y contenedores, botellas (para productos alimenticios, detergentes o cosméticos), recipientes para alimentación, juguetes, depósitos de gasolina, envoltorios industriales, tuberías y utensilios domésticos.

- Polipropileno (PP): la densidad del PP es de entre 0,895 y 0,92 g/cm<sup>3</sup>, por lo que es el plástico básico con menor densidad. En comparación con el polietileno (PE), sus propiedades mecánicas y su resistencia térmica son superiores, pero su resistencia química es menor. Normalmente el PP es duro y flexible, sobre todo cuando se copolimeriza con etileno. Por eso el polipropileno puede utilizarse como plástico técnico y competir con materiales como el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS). Sus aplicaciones incluyen: envases para alimentos (como vasos de yogur o margarina), envoltorios de caramelos o aperitivos, recipientes para microondas, fibras para alfombras, muebles de jardín, dispositivos médicos y sus envases, maletas, utensilios de cocina y tuberías.
- Poliestireno. El poliestireno es un polímero aromático sintético elaborado a partir del monómero de estireno, un petroquímico líquido. Es un polímero termoplástico que se ablanda con el calor y se puede convertir en productos semielaborados, como láminas y hojas, así como en una amplia gama de artículos acabados. Este puede ser rígido o espumado, y para fines generales es transparente, duro y quebradizo; aunque es naturalmente transparente, se puede tinter con colorantes. Es una resina barata por peso unitario. Permite el paso del oxígeno y el vapor de agua, y tiene un punto de fusión relativamente bajo. Se utiliza en una amplia gama de aplicaciones como: envases y embalajes, envases de alimentos para llevar, electrodomésticos, productos electrónicos, construcción y edificación (por ejemplo, espuma aislante, paneles, unidades de baño y ducha, accesorios de fontanería e iluminación), medicina (por ejemplo, elementos desechables como bandejas para cultivo de tejidos, tubos de ensayo, placas petri, componentes para diagnóstico y estuches para kits de pruebas).
- Poliestireno expandido. El poliestireno expandido o EPS es uno de los polímeros básicos más utilizados. Se caracteriza por su versatilidad, rendimiento y rentabilidad, y se utiliza en muchas aplicaciones cotidianas. El EPS es un producto termoplástico con una combinación de cualidades como ligereza, fuerza, durabilidad, amortiguación, aislamiento y procesabilidad.
- Policloruro de vinilo (PVC). El PVC fue uno de los primeros plásticos que se descubrieron, y también es uno de los más utilizados. Es un derivado de la sal (57 %) y del petróleo o el gas (43 %). Es el tercer polímero de plástico sintético más producido del mundo, después del polietileno y el polipropileno. Tiene dos formas básicas: rígido (a veces abreviado como RPVC) y flexible. Es duradero, ligero, fuerte y resistente al fuego, con propiedades aislantes y baja permeabilidad. Si se utilizan determinados aditivos en el proceso de fabricación, la fuerza, la rigidez, el color y la transparencia se pueden adaptar para satisfacer necesidades específicas. El PVC se utiliza en muchas aplicaciones, como:
  - Productos para construcción, como marcos de ventanas y otros perfiles, revestimientos de suelo y paredes, láminas para techos, piscinas y depósitos.
  - Tuberías y accesorios para agua potable y aguas residuales
  - Conducciones para energía y telecomunicaciones.



- Revestimientos, como lonas alquitranadas, láminas de metal corrugado e impermeables.
  - Aislamiento y cubiertas para suministros de energía de bajo voltaje, telecomunicaciones, dispositivos eléctricos y aplicaciones automotrices.
  - Envases para productos farmacéuticos, alimentos y confitería, agua y zumos de fruta, etiquetas y bandejas de presentación.
  - Aplicaciones automotrices, como cables, recubrimiento de bajos y tapicería.
  - Productos médicos, como bolsas de sangre, tubos para transfusiones y guantes quirúrgicos.
- Bioplásticos. Los bioplásticos se fabrican en su totalidad o en parte a partir de recursos biológicos renovables. Por ejemplo, la caña de azúcar se procesa para fabricar etileno, que a su vez se utiliza para fabricar polietileno; el almidón se puede procesar para producir ácido láctico y posteriormente ácido poliláctico (PLA). Las propiedades de los bioplásticos pueden variar considerablemente según el material, pero cabe señalar que los bioplásticos o los plásticos duraderos parcialmente biológicos, como el PE, el PET o el PVC, tienen las mismas propiedades que sus versiones convencionales; solo se pueden distinguir de los plásticos convencionales con un análisis científico. Los bioplásticos, como las mezclas de almidón, PLA, bio-PET y bio-PE, se utilizan principalmente para envases, aunque también se utilizan en forma de fibras en el sector textil. El ácido biosuccínico es adecuado para varias aplicaciones en deportes y calzado, automoción, envasado, agricultura, aplicaciones en fibras y telas sin tejer.
- Plásticos biodegradables. Los plásticos biodegradables son plásticos que bajo determinadas condiciones son degradados por los microorganismos y convertidos en agua, dióxido de carbono (o metano) y biomasa, aunque empíricamente se ha demostrado que requieren tiempos prolongados para su degradación, afectando los procesos.
- Plásticos técnicos: Los plásticos técnicos ofrecen un mayor rendimiento que los materiales estándar, y son ideales para aplicaciones técnicas que requieren plásticos duros. Gradualmente han ido reemplazando a los materiales técnicos tradicionales —como la madera o el metal— en muchas aplicaciones, porque no solo los superan en la relación peso/fuerza y en otras propiedades, sino que también son mucho más fáciles de fabricar, sobre todo cuando se trata de formas complicadas. Los plásticos técnicos ofrecen mejor rendimiento en ámbitos como resistencia al calor, resistencia a productos químicos, resistencia al impacto, no propagación de la llama y fuerza mecánica.
- Resinas epoxi. Las resinas epoxi se utilizan desde hace aproximadamente cincuenta años, y son una de las familias de plásticos con más éxito. Su estado físico puede cambiar desde un líquido de baja viscosidad hasta un sólido con un punto de fusión elevado, lo que significa que se puede fabricar una amplia gama de materiales con propiedades únicas. En el hogar están presentes en las latas de refrescos y envases especiales, donde se pueden utilizar como revestimiento para proteger el contenido y conservar el sabor. También se utilizan como revestimiento protector en camas, sillas de jardín, muebles de oficina y de hospital, carros de supermercado y bicicletas. También se utilizan

en pinturas especiales para proteger superficies de barcos, plataformas petroleras y aerogeneradores de las inclemencias del tiempo.

- **Fluoropolímeros.** Son una familia de plásticos de alto rendimiento. El más conocido de esta familia es el politetrafluoroetileno (PTFE), que es inerte a casi todas las sustancias químicas y se considera el material más resbaladizo que existe. El PTFE es conocido por sus propiedades antiadherentes, por las cuales se usa como revestimiento en utensilios de cocina, en el suelo o como repelente de las manchas en tejidos y productos textiles.
- **Poliuretanos.** El poliuretano (PUR) es un material resiliente, flexible y duradero. Hay varios tipos de poliuretanos, con una gran diferencia de aspecto y tacto entre ellos. Los poliuretanos se utilizan en una amplia gama de aplicaciones como aislamiento de edificios, refrigeradores y congeladores, mobiliario, calzado, automóviles, revestimientos y adhesivos.
- **Termoplásticos:** Los termoplásticos son polímeros que se pueden fundir y remodelar casi indefinidamente, pues se derriten cuando se calientan y se endurecen cuando se enfrían. Sin embargo, si se congela, el termoplástico se puede romper, igual que el vidrio. Esas características, a las que deben su nombre, son reversibles, por lo que el material se puede recalentar, remodelar y congelar muchas veces. Es por eso que los termoplásticos se reciclan mecánicamente. Algunos de los tipos de termoplástico más comunes son el polipropileno, el polietileno, el policloruro de vinilo, el poliestireno, el tereftalato de polietileno y el policarbonato.

**Figura 5. Tipos de plásticos**

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
 <b>PET</b>	PET PolietilenoTereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
 <b>HDPE</b>	HDPE Polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
 <b>PVC</b>	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blister packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
 <b>LDPE</b>	LDPE Polietileno de baja densidad (Low density Polyethylene)	Suave, flexible, translúcido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
 <b>PP</b>	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, translúcido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
 <b>PS</b>	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
 <b>PS-E</b>	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas	Tazas para bebida calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil
 <b>OTHER</b>	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon )	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Fuente: Aristegui Maquinaria, s.f.



- **Metales ferrosos y no ferrosos.** Los metales son materiales muy bien cotizados en el mundo del reciclaje debido a su alto grado de reciclabilidad y sus interesantes precios de compraventa, determinados por los precios internacionales de las materias primas y la existencia de industria transformadora a nivel local.

La chatarra ferrosa cuenta con un mercado bastante bien establecido, con cadenas de valor que se caracterizan por ser muy intensivas en la recolección y logística de transporte del material hasta la industria siderúrgica, la cual trabaja en la conformación y sostenibilidad de dichas cadenas, al ser vitales para su actividad (provisión de materias primas). Por este motivo, es posible observar actividades de colaboración y organización entre la industria siderúrgica y organizaciones de recicladores(as) e intermediarios, al igual que programas posconsumo y otras iniciativas.

En la cadena de suministro de chatarra, esta principalmente proviene de generadores de tipo industrial, mientras que los residuos ferrosos domiciliarios representan una porción menor. Un material atractivo en la cadena de valor de los metales es el aluminio, presente en diferentes corrientes residuales tanto domiciliarias como industriales. Es un material que, en general, se transa a precios muy convenientes para recicladores(as) e intermediarios, por lo que es una de las corrientes más buscadas desde la fuente.

- **Vidrio:** Al igual que el papel/cartón y la chatarra, la cadena de valor del vidrio cuenta con una industria transformadora de alto poder de compra de residuos, que finalmente son la materia prima principal de sus procesos productivos, siempre que su costo sea competitivo con el mercado de las materias primas tradicionales o vírgenes. Este último aspecto hace que la cadena de valor del vidrio no resulte tan atractiva para recicladores y recicladoras e intermediarios, por su relativo bajo precio de compra, que está determinado principalmente por el costo alternativo de la materia prima tradicional.

Otros tipos de material que paulatinamente están ganando un espacio de interés en el mundo del reciclaje son:

- **Textiles.** Los residuos textiles van ganando espacio en el mundo del reciclaje a través de diversas iniciativas originadas tanto en la industria textil como por las autoridades. Existen alternativas de reciclaje para diferentes fibras que pueden ser apalancadas por marcos regulatorios que favorezcan su reciclaje, como la responsabilidad extendida del productor, que ya se comienza a relacionar con este tipo de materiales.
- **Cartón para bebidas (conocido genéricamente como Tetra Pak).** Son envases para alimentos con características que favorecen su conservación por tiempos prolongados, lo que le ha permitido consolidarse como el principal material de envase para líquidos. Este material está compuesto por cartón, aluminio y plástico, lo que presenta desafíos para su reciclabilidad. Dichos desafíos han sido asumidos por la industria productora de estos envases, generando iniciativas en todo el mundo para buscar soluciones eficientes y sostenibles que permitan insertar estos materiales en lógicas de economía circular.

Es importante destacar también la fracción no reciclable de los residuos, que en sistemas de gestión modernos corresponde a los envases y embalajes que, por su composición o grado de contaminación, no es factible incorporar a procesos de reciclaje. No obstante,

esta fracción cuenta generalmente con un poder calorífico que la hace atractiva para su aprovechamiento energético por parte de industrias intensivas en la demanda de energía térmica, como es el caso de la industria cementera. La fracción no reciclable de envases y empaques procesada como combustible derivado de residuos (CDR) se ha convertido en una oportunidad para reemplazar combustibles fósiles en dicha industria, a través de su coprocesamiento. Así, se ha disminuido la demanda de combustibles fósiles (carbón y coque de petróleo, principalmente), al tiempo que se valoriza energéticamente esa fracción como alternativa a su envío a relleno sanitario.

## 2.1.2 Definiciones y principales características de los residuos orgánicos

Los residuos orgánicos municipales (ROM) son la principal corriente de los residuos sólidos municipales. Según un informe del Banco Mundial publicado en el año 2018, los residuos orgánicos comprenden entre el 44 % y 46 % (en peso) de los residuos sólidos municipales. Sin embargo, en los países o entornos de ingresos bajos y medios, esta fracción suele constituir más del 50 % del total de los residuos generados y puede llegar al 80 %.

Los ROM se componen de residuos de alimentos y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, hoteles, escuelas, hospitales, comercios, mercados; además de los residuos de parques y jardines. Tradicionalmente, estos se clasifican de la siguiente manera con base en sus características fisicoquímicas (Gima *et al.*, 2012)<sup>7</sup>:

- Fracción orgánica (FO)**, constituida fundamentalmente por restos de la preparación o manipulación de la comida y de la elaboración de los productos alimentarios, restos sobrantes de comida, alimentos en mal estado y excedentes alimentarios que no han sido comercializados o consumidos (separados de su envase o embalaje).
- Fracción vegetal (FV)**, en forma de restos vegetales procedentes de jardinería y poda. Esta fracción requiere una gestión específica debido a cuestiones relacionadas con logística de recogida, tratamiento y uso (material estructurante para el compostaje) y por la temporalidad de generación (frecuencia y periodo).

Las principales características de estas dos principales categorías de ROM se despliegan en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Principales características de los ROM**

Característica	Fracción orgánica (FO)	Fracción vegetal (FV)
Humedad	Alta (78-85 %)	Baja (20-40 %)
Materia orgánica	75-85 %	80 %
Nitrógeno orgánico	5,5 %	1,2 %
Relación C/N	17	32
Densidad	0,6-0,8 t/m <sup>3</sup> (sin restos vegetales) 0,25-0,3 t/m <sup>3</sup> (con restos vegetales)	0,3-0,4 t/m <sup>3</sup> (triturada)

<sup>7</sup> Los autores adaptaron la definición a partir de lo establecido en el Programa de Gestión de Residuos Municipales de Catalunya 2007-2012 y el Protocolo de caracterización de la fracción orgánica procedente de la recogida separada de los residuos municipales, ARC, 2005.

Característica	Fracción orgánica (FO)	Fracción vegetal (FV)
Mal olor/lixiviados	Sí	No
Generación	Constante (pero no uniforme en tipología y composición)	Constante y uniforme

Fuente: Gima *et al.*, 2012, p. 15.

La fracción orgánica (FO) es el flujo más inestable de los residuos de competencia municipal, debido a su elevado contenido en agua (alrededor del 80 % en peso) y en materia orgánica (hidratos de carbono, proteínas y grasas). Otra característica importante de esta fracción es su densidad bastante elevada pero variable, lo cual hace que pese mucho, ocupe poco espacio y tenga una baja compactibilidad. Estos restos orgánicos son fácilmente degradables por los microorganismos; por este motivo, es necesario que esta fracción se recoja y gestione lo más rápidamente posible, a fin de evitar la generación de lixiviados y malos olores.

## 2.2 Contexto y tendencias del mercado en la valorización de los residuos reciclables y orgánicos

El mercado de la gestión de residuos en los países en desarrollo, entre ellos Colombia, está avanzando hacia la economía circular, principalmente a partir de la experiencia internacional de países desarrollados, en un contexto internacional donde la Unión Europea juega un rol relevante.

Una gestión integral de residuos basada en los conceptos que entrega el modelo de economía circular requiere diversos esfuerzos, desde diferentes perspectivas. En ellos, los avances regulatorios y tecnológicos son dos de los campos que más se destacan. En general, los países que muestran niveles relevantes de valorización de residuos son aquellos que han sido capaces de crear marcos regulatorios claramente orientados a la circularidad, los cuales están fortalecidos por economías robustas y sanas que permiten los flujos de recursos necesarios para una gestión integral sostenible.

Además de obligaciones legales básicas inspiradas en conceptos como «el que contamina paga» o «de la cuna a la tumba», hoy aparecen y se consolidan aproximaciones mucho más ambiciosas, como el concepto «de la cuna a la cuna» o la visión del residuo como un recurso. Para esto, los marcos regulatorios basados en la responsabilidad extendida del productor (REP) toman una relevancia fundamental para permitir la inyección de recursos necesarios para una gestión sostenible.



Para que una gestión de residuos sea integral, debe contemplar el desarrollo de soluciones en todos los eslabones de la cadena de valor, incluso antes de la generación del residuo. Las economías desarrolladas se caracterizan por contar con sistemas robustos y eficientes en las diferentes etapas, que incluyen:

- a) **Sensibilización a la población en torno a hábitos de consumo, gestión de residuos y segregación en la fuente.** Los países que muestran avances relevantes en la gestión sostenible de residuos son aquellos donde se han invertido tiempo y recursos en la construcción de una cultura orientada a la gestión sostenible de residuos. La educación desde temprana edad y campañas de sensibilización a la población han demostrado ser herramientas eficientes para crear un sentido de responsabilidad en torno a la gestión de residuos.
- b) **Implementación de sistemas de recolección selectiva.** Al respecto, es posible observar diferentes aproximaciones, principalmente en cuanto a las corrientes de residuos segregadas en origen y su correspondiente posterior recolección. Estas van desde la existencia de los denominados «puntos limpios», que permiten la gestión de volúmenes acotados, hasta el diseño de rutas de recolección específicas para corrientes de materiales orgánicos y reciclables (p. ej. envases livianos, vidrio, papel/cartón, etc.).
- c) **Desarrollo de capacidad de clasificación y pretratamiento.** Resulta fundamental, por economías de escala y eficiencia logística, contar con una capacidad técnica que permita concentrar volúmenes de materiales valorizables para su correcta clasificación por materialidad y pretratamiento, en caso de ser necesario, con anterioridad a su envío a la industria transformadora o valorizadora.

- d) **Desarrollo tecnológico.** Se busca que el sistema sea capaz de absorber los materiales generados y valorizarlos a partir de su reutilización o reciclaje. Para esto es usual encontrar desarrollos regulatorios que incentivan la aparición de una industria transformadora de residuos reciclables. Por ejemplo, la obligación de incorporar un contenido mínimo de material reciclado en nuevos productos o la aparición de una industria para la valorización de residuos orgánicos. Para esta última se propone, por ejemplo, la prohibición de disponer residuos orgánicos sin tratamiento previo en los rellenos sanitarios.
- e) **Desarrollo de alternativas de valorización para la fracción no reciclable que resulta de las operaciones de clasificación y pretratamiento.** Los materiales de esta fracción —conocidos como «rechazo» o «resto»— no cuentan con las características de calidad y/o composición que permita su reciclaje, pero cuentan con aptitud para su valorización energética o material en otros procesos productivos. Por ejemplo, en la Unión Europea, de las actividades de clasificación se genera entre un 20 % y 30 % de material de rechazo (fracción no reciclable), el cual se procesa y se convierte en combustible derivado de residuos para ser utilizado en la industria cementera (coprocesamiento) o en la producción directa de energía. El caso de la industria cementera resulta particularmente atractivo considerando su impacto ambiental, ya que utilizar estos combustibles derivados de residuos permite reemplazar combustibles fósiles tradicionales (carbón y coque de petróleo, principalmente), con el consiguiente beneficio ambiental sobre las emisiones netas de gases de efecto invernadero, al mismo tiempo que se evita enviar esos volúmenes a rellenos sanitarios.
- f) **Restricciones a la disposición final en rellenos sanitarios.** Los países con las mayores tasas de valorización de residuos —por ejemplo, varios de los países europeos— han establecido prohibiciones de vertido para determinados tipos de residuos, así como la obligación de realizar un tratamiento previo a los residuos antes de su vertido. El objetivo principal de estas restricciones es impedir o reducir los efectos negativos en el medio ambiente del vertido de residuos; así, en consecuencia, se fomenta la prevención, el reciclado y el aprovechamiento de los residuos, así como la utilización de los materiales y la energía recuperados, evitando malgastar los recursos naturales y minimizando el uso de los suelos. Adicionalmente, muchos Estados han implementado impuestos a la disposición final de los residuos municipales, a fin de incentivar alternativas de gestión más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Estos impuestos son, a su vez, instrumentos económicos que contribuyen a la financiación del costo que conlleva la implantación de la gestión sostenible de los residuos municipales.
- g) **Ecodiseño.** Uno de los principales desafíos para minimizar la generación de residuos, por una parte, y maximizar la reciclabilidad de los residuos generados, por otra, es avanzar en la creación de soluciones eficientes, principalmente respecto a envases y empaques. El grado de reciclabilidad de los materiales se vuelve poco a poco uno de los aspectos fundamentales que cualquier sistema integral de gestión de residuos debe contemplar, premiando aquellos envases que generan la menor cantidad de residuos y aquellos que facilitan el funcionamiento y la eficiencia de los sistemas de clasificación y posterior valorización.

A esta tendencia que podemos observar en los países desarrollados, y que poco a poco se hace presente también en países de América Latina, es necesario agregar, sobre todo para el caso de los países en desarrollo, el concepto de **inclusividad** en la gestión de

residuos. Las actividades informales en la gestión de residuos, principalmente la recolección y comercialización de ciertos materiales, han sido por décadas fuente de sustento para una buena parte de la población en diversos países, donde las desigualdades sociales y económicas son evidentes.

Con el tiempo, esto ha dado paso a la aparición de organizaciones cada vez más estructuradas y formales, que se han ganado un espacio en las economías locales y un reconocimiento por parte del sistema. Se trata de los y las recicladoras base o de oficio, quienes en diversos países enfrentan desafíos en la transformación hacia la formalización, pero se han consolidado como actores relevantes en la cadena de valor de diferentes materiales. Esta realidad, como se indicó, se observa principalmente en países en desarrollo, particularmente en América Latina, e implica desafíos y oportunidades específicas para la consolidación y sostenibilidad de los sistemas locales de gestión integral de residuos.

### **2.2.1 Tendencias específicas en la valorización de ROM**

Como ya se mencionó, los ROM son la principal corriente de los residuos sólidos municipales. Según un informe del Banco Mundial publicado en el año 2018, los residuos orgánicos comprenden entre el 44 y 46% (en peso) de los residuos sólidos municipales. En los países o entornos de ingresos bajos y medios esta fracción suele constituir más del 50% del total de los residuos generados y puede llegar al 80% (Troschinetz & Mihelcic, 2009; Wilson *et al.*, 2012).

De acuerdo con la International Solid Waste Association (ISWA), en su *Evaluación global de la producción y reciclaje de residuos orgánicos municipales* del año 2020, en 2016 se produjeron aproximadamente 2,6 millones de toneladas diarias de residuos orgánicos municipales, y se espera que esta cifra incremente hasta 4,5 millones de toneladas diarias para el año 2050.

Los ROM no gestionados suponen una amenaza considerable para la salud pública y el ambiente, ya que producen olores ofensivos, atraen vectores de enfermedades, generan lixiviados que pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas (Reddy & Nandini, 2011), y emiten metano, un importante GEI (Bogner *et al.*, 2008).

Existen oportunidades de mejora especialmente grandes en los países y entornos de ingresos bajos y medios, donde la gestión de los residuos sólidos se caracteriza por tener una escasa recolección diferenciada, ausencia de valorización y una disposición final inadecuada. Las consecuencias de esto son efectos adversos sobre la salud humana, el ambiente, y el desarrollo social y económico (Guerrero *et al.*, 2013).

Así las cosas, avanzar en la gestión de los ROM es un punto de partida ideal para mejorar la gestión general de los RSM (Srivastava *et al.*, 2014; Wilson *et al.*, 2012). Además de reducir las amenazas para la salud pública (Ahmad *et al.*, 2007) y la carga ambiental (Friedrich & Trois, 2011), devolverle el valor a los recursos provenientes de los residuos a la economía demuestra un cambio de paradigma hacia una economía circular, al tiempo que se consideran nuevas oportunidades de negocio y crecimiento económico (Ghisellini *et al.*, 2016; Witjes & Lozano, 2016).

#### **2.2.1.1 Tecnologías de tratamiento de ROM**

Las tecnologías de tratamiento de ROM son aquellas que los convierten en nuevos productos con cierto valor potencial. Los principales beneficios de la valorización de los



ROM, en comparación con su enterramiento en rellenos sanitarios, son: (1) reducción de las emisiones de GEI; (2) aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios; (3) disminución de los costos y las emisiones por transporte cuando el tratamiento es *in situ* o se realiza en las proximidades; (4) reciclaje de nutrientes, especialmente el fósforo (un recurso finito), y disminución de la necesidad de usar fertilizantes químicos, con su contaminación asociada; (5) mejora del suelo dado que se reponen los nutrientes y la materia orgánica, se mantienen la humedad y el crecimiento de las plantas, se aumenta la absorción de los fertilizantes por parte de las plantas, se evita la erosión del suelo y se reducen las necesidades de riego; (6) secuestro de carbono en el suelo, que se ha estimado en 0,18 t CO<sub>2</sub> eq por tonelada de compost (Lou & Nair, 2009); y (7) generación de energía renovable.

Las tecnologías más utilizadas en el mundo para el tratamiento de los ROM son el compostaje y la biodigestión anaerobia (Ricci-Jurgensen *et al.*, 2020), aunque existen otras tecnologías tradicionales y tecnologías emergentes. Estas tecnologías de tratamiento se pueden agrupar en dos categorías principales: (1) tratamientos biológicos (compostaje, lombricultura, tratamiento con la mosca soldado-negra, digestión anaeróbica, fermentación) y (2) tratamientos termoquímicos (pirólisis, gasificación) (Lohri *et al.*, 2017). Cabe señalar que si bien estos últimos son considerados por la literatura como una alternativa teórica para la valorización de los residuos orgánicos, en la práctica se han desarrollado solamente como prototipos, sin haberse consolidado en el campo industrial. Estas tecnologías de tratamiento se describen detalladamente en el anexo 3 («Tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos municipales [ROM]»).



Figura 7. Principales tecnologías de tratamiento de los residuos orgánicos



Fuente: GOPA Infra, 2023.

La selección de una tecnología o la combinación de varias depende de múltiples factores, por lo cual siempre es necesario realizar estudios de prefactibilidad y factibilidad que, teniendo en cuenta el contexto, evalúen los impactos técnicos, económicos, sociales y ambientales de cada alternativa. Adicionalmente, se debe respetar la jerarquía del manejo de los residuos a la hora de elegir las tecnologías.

Es muy importante mencionar que la segregación en la fuente y la recolección selectiva de los ROM es una condición básica para mantener bajos los niveles de impurezas (p. ej. plásticos, papel y vidrio) y, así, poder asegurar el correcto funcionamiento de los procesos y la obtención de productos de alta calidad. El porcentaje de impurezas máximo recomendable al ingreso de los tratamientos biológicos es de 2-3 %; si los porcentajes son mayores, se deberá establecer un pretratamiento de los residuos.

### 2.2.1.2 Tendencias a nivel internacional

De acuerdo con la ISWA, en su *Evaluación global de la producción y reciclaje de residuos orgánicos municipales*, el número de instalaciones de compostaje y biogás que tratan principalmente los residuos orgánicos municipales recogidos de forma selectiva se estima en al menos 11 650 plantas en el mundo. No obstante, frente a esta cifra hay que tener en cuenta que faltan datos de muchos países de África, Asia y Sudamérica. También es preciso tener en cuenta que las cifras no incluyen las instalaciones dedicadas a tratar los residuos orgánicos del sector agrícola.

A continuación se presenta un consolidado de los resultados de dicha evaluación:

**Tabla 2. Datos relacionados con la generación, el tratamiento y la infraestructura utilizada para la gestión integral de los ROM en varios países a nivel mundial**

ITEM	MEDIDA	CANADÁ	USA	BRASIL	ARGENTINA	EUROPA <sup>1</sup>	CHINA	INDIA
Población	en millones de habitantes	36	322	207	40	510	1375	1211
Año	de la información	2016	2015	2016	2010	2016	2015	2011
Residuos orgánicos municipales	PPC residuos municipales (kg/hab/día)	1.12	2.02	1.04	1.022	1.88	0.71	0.45
	Participación fracción orgánica	40%	28%	51%	49%	39%	59%	43%
	Millones de tpa	5.84	66.54	39.91	6.68	136.60	207.50	85.50
Compostaje	Nro. de instalaciones	204	4713	67	6	3707	11	983
Digestión Anaerobia (DA) y combinación DA + compostaje	Nro. de instalaciones	8	398	---	1	992	---	98
Otros tratamientos	Nro. de instalaciones	---	---	---	---	---	22	66
Toda la infraestructura	Millones de tpa	1.42	21.13 <sup>2</sup>	0.32	ND	52.50	4.66	ND
	% tratamiento ROM	24%	32%	0.8%	ND	38%	2%	ND
	Población estimada por cada instalación de tratamiento de ROM, en habitantes	168000	163000	3 millones	10 millones	96000	42 millones	280000 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Los valores corresponden a los datos de 18 de los 28 países de la Unión Europea, más 2 países que no son miembros de la Unión Europea (Noruega y Suiza).

<sup>2</sup> Es probable que este valor incluya residuos orgánicos de origen no municipal, ya que no se tiene una distinción clara sobre el origen de los residuos.

<sup>3</sup> Tomando en consideración solo el número de personas viviendo en zonas urbanas (377 millones de habitantes).

Fuente: elaboración propia con base en la información de Ricci-Jurgensen *et al.*, 2020.

Nota: para el caso de EE. UU., 119 instalaciones de DA son para alimentos, codigestión y otros orgánicos, y 279 son para para estiércol y biosólidos. En Argentina, tres plantas de compostaje son para lodos de PTAR y las otras para residuos verdes.

De la tabla anterior es posible concluir que Europa es la región con los mayores índices de tratamiento de ROM generados (aproximadamente 38 %), y la que presenta el menor número de habitantes por instalación de tratamiento, especialmente si se tiene en cuenta que en la evaluación solo se consignó la información de 18 de los 28 países de la Unión Europea y 2 países que no forman parte de la Unión Europea (Noruega y Suiza). Por lo tanto, podemos decir que la valorización de residuos orgánicos municipales está bastante desarrollada en Europa, y se realiza principalmente a través del compostaje y la digestión anaerobia.

A continuación se evalúan con más profundidad los casos de Europa y Canadá, con el fin de conocer las tendencias en gestión de residuos orgánicos municipales de ambas

regiones y las medidas que han llevado a cabo para presentar estos importantes índices de valorización.

## **Europa**

En Europa los residuos orgánicos representan más de un tercio de la generación total de residuos municipales. Además, son una fuente clave de las emisiones de gases de efecto invernadero de los rellenos sanitarios, pues corresponden a aproximadamente el 3 % de las emisiones totales de GEI de la UE (European Environment Agency, 2020).

Las actualizaciones realizadas en 2018 a la Directiva Marco de Residuos de la Unión Europea (Waste Framework Directive [WFD]) introdujeron la obligación general para todos los Estados miembros de recoger de forma selectiva los residuos orgánicos al 31 de diciembre de 2023 (o reciclarlos en origen) y establecieron el objetivo de reciclar el 65 % de los residuos municipales para 2035. Al ser los residuos orgánicos uno de los principales componentes de los residuos municipales, su valorización es clave para alcanzar este objetivo. Asimismo, el vertido de ROM recogidos de forma selectiva o mezclados con residuos municipales, pero sin tratamiento previo, no está permitido en la Unión Europea, de acuerdo con la Directiva Marco de Residuos y la Directiva sobre Rellenos Sanitarios (Landfill Directive).

Además de las regulaciones y directivas de la Unión Europea, de forma individual cada Estado miembro ha desarrollado legislación enfocada en la recolección y el tratamiento de los residuos orgánicos. Esta incluye prohibiciones a la eliminación de ciertos tipos de residuos orgánicos en rellenos sanitarios, obligaciones de recolección selectiva y objetivos para reciclar.

En el año 2017, en promedio el 43 % de los ROM fueron recogidos de forma selectiva, mientras que el 57 % restante terminó mezclado con los demás residuos municipales y, por lo tanto, no pudo ser valorizado. Algunos países que llevan muchos años implementando sistemas de recolección selectiva —como Austria, Eslovenia, Bélgica y Alemania— alcanzaron niveles de más del 60 %, sin embargo, aún hay mucho por mejorar si se quieren alcanzar los objetivos establecidos por la Directiva Marco de Residuos.

El tratamiento de los ROM recogidos selectivamente se realiza principalmente a través del compostaje, aunque la digestión anaerobia con producción de biogás va en aumento. En promedio, las instalaciones de compostaje representan actualmente el 64 % de la capacidad de tratamiento de ROM, mientras que la digestión anaerobia representa el 36 %. La agricultura es el principal mercado para el compost y el digestato producido en estas instalaciones, y se estima que representa aproximadamente el 50 % en el caso del compost (European Compost Network, 2019).

Alemania lidera el camino en términos de toneladas totales de ROM valorizados mediante compostaje y digestión anaeróbica, con aproximadamente 14,1 millones de toneladas anuales tratadas. Dicho país tiene un sistema bien establecido de tratamiento de residuos orgánicos, con un promedio de una planta por cada 72 000 habitantes, y hay un número creciente de plantas de digestión anaerobia tratando residuos orgánicos. Esto se debe, en parte, a que la Ley de Residuos de Alemania provocó que se construyeran cerca de 100 plantas de compostaje desde 1986 hasta 1989. Además, en el año 2012 se hizo obligatoria la implementación de sistemas de recolección diferenciada en todo el país, para lo cual se dio plazo hasta el 2015, a través de la Ley de Economía Circular de Alemania (art. 11). A lo anterior se suma la prohibición de disponer los residuos orgánicos no tratados en rellenos sanitarios (ImplementaSur Climate Action, 2019). Como resultado, según la European

Compost Network, en Alemania hay aproximadamente 849 plantas de compostaje de ROM, 246 plantas de digestión anaerobia y 49 instalaciones de digestión anaerobia con compostaje en cola.

Por otra parte, en los últimos años varios conceptos innovadores para crear nuevos materiales y productos a partir de la biomasa (incluyendo los residuos orgánicos) han recibido mucha atención. Las instalaciones en las que la biomasa se convierte en productos valiosos, como químicos, biocombustibles, biomateriales y fibras, se llaman «biorrefinerías». Las biorrefinerías integradas combinan la producción de productos de base biológica y energía de biomasa, utilizando distintos tipos de materias primas orgánicas, incluyendo residuos.

Hay aproximadamente 800 biorrefinerías en Europa, de las cuales 136 reportan tratar residuos. Sin embargo, estas utilizan principalmente residuos homogéneos procedentes de la agricultura y el procesamiento de alimentos, ya que estas corrientes están mejor definidas y son más limpias. Tratar residuos orgánicos de origen municipal en una biorrefinería es aún un reto debido a su naturaleza mixta y a la composición compleja de este tipo de residuos. Aún así, el uso de la fracción orgánica de los residuos municipales en las biorrefinerías es una oportunidad prometedora para una futura bioeconomía circular, pero se necesita investigación y desarrollo para avanzar hacia biorrefinerías comerciales a gran escala que sean tanto ambiental como económicamente sostenibles (European Environment Agency, 2020).

Por último, respecto a las instalaciones de tratamiento mecánico-biológico (TMB), las restricciones normativas sobre el espacio para rellenos sanitarios, la búsqueda de alternativas a la incineración y el aumento de los costos de eliminación en rellenos sanitarios han sido los principales impulsores para el desarrollo de esta tecnología. Los mercados europeos más grandes para plantas de TMB establecidas incluyen Alemania, Austria, Italia, Suiza y los Países Bajos, y otros como el Reino Unido están creciendo rápidamente. De acuerdo con Ecoprog, en el año 2017 había en Europa un total de 570 instalaciones activas, con una capacidad de tratamiento de 55 millones de toneladas. Se espera que hasta 2025 otras 120 instalaciones, con una capacidad de tratamiento estimada de diez millones de toneladas anuales, entren en operación (Ecoprog, 2017).

### **Canadá (enfoque en Toronto)**

En Canadá, la tecnología que más se ha empleado para el tratamiento de los residuos orgánicos es el compostaje. Si bien existen algunas plantas de digestión anaeróbica, están destinadas principalmente al tratamiento de residuos orgánicos industriales (ImplementaSur Climate Action, 2019).

En Nueva Escocia, el tratamiento de los residuos orgánicos municipales es realizado casi exclusivamente a través del compostaje; hay una planta de digestión anaeróbica, pero su enfoque es el tratamiento de lodos. Mientras tanto, Toronto cuenta con dos plantas de digestión anaeróbica, que tratan 400 toneladas diarias de residuos orgánicos. En el año 2018, dicha ciudad logró desviar de los rellenos sanitarios el 52 % de los residuos recolectados (1076 t/día), de los cuales 367 t/día corresponden a residuos orgánicos, 252 t/día a residuos de jardinería y 52 t/día a compostaje domiciliario. Además, la ciudad está transformando el biogás en gas natural renovable (City of Toronto, s. f.), para utilizarlo en la flota de recolección de residuos (City of Toronto, 2017). Esta iniciativa está alineada con los principios de economía circular, como se puede ver en la siguiente figura:



Figura 8. Modelo circular de Toronto



Fuente: imagen realizada por City of Toronto y adaptada por ImplementaSur Climate Action, 2019.

A nivel legislativo, es interesante resaltar que la ciudad cuenta con la Ley de la Ciudad de Toronto<sup>8</sup>, a través de la cual puede obligar al sector comercial a participar en la reducción de residuos. La estructura de pago de la prestación del servicio de aseo se realiza según el volumen de residuos no reciclables o aprovechables generado, de forma que la población solo paga por los residuos que se destinan a los rellenos sanitarios. Adicionalmente, Toronto cuenta con un impuesto que se aplica a la disposición final de RSM en rellenos sanitarios, que asciende a 59 dólares estadounidenses/t, y la ciudad tiene un límite sobre la cantidad de residuos descartables que los residentes pueden generar (City of Toronto, 2021).

### 2.2.1.3 Tendencias en América Latina y el Caribe

En América Latina y el Caribe (ALyC) se generan 541 000 toneladas diarias de residuos sólidos municipales, lo que equivale al 10 % del total de residuos generados a nivel mundial. Aunque en la región los sistemas de recolección y gestión de los residuos han mejorado en las últimas décadas, aún se estima que más de 40 millones de personas carecen de acceso a un servicio básico de recolección, y alrededor de una tercera parte de

8 City of Toronto, Act, 2006, S.O. 2006, c. 11, Sched. A. Disponible en: <https://www.ontario.ca/laws/statute/06c11>

los residuos generados, unas 145 000 toneladas al día, acaban en basurales a cielo abierto (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2018).

Los residuos orgánicos representan aproximadamente un 50 % de los RSM generados, y se estima que tan solo se está recuperando un 10 %. La falta de suficiente infraestructura en la región para procesar los residuos orgánicos hace que estos sean enterrados en rellenos sanitarios (en el mejor de los casos), con lo cual se generan grandes caudales de lixiviados y se emiten GEI, entre otros problemas.

En ALyC, la tecnología para el compostaje existe en varios países desde hace muchos años. No obstante, aún no ha tenido el impacto deseado en el manejo de los ROM. De acuerdo con un estudio realizado por la U. S. Agency for International Development (USAID) en 2013, los principales motivos que explican la falta de éxito del compostaje en la región son:

1. Mala planificación por desconocimiento de las necesidades reales, incluyendo un mal dimensionamiento de las plantas.
2. Ausencia de capacitación y regulación, así como de un ente para certificar el compost.
3. Mala o nula integración presupuestaria y operacional de las plantas con el servicio de limpieza local.
4. Dificultad para comerciar el compost, aún el de buena calidad, lo que coincide con un deficiente o nulo estudio de mercado previo.
5. Dudas sobre la rentabilidad de la planta (PNUMA, 2018).

Sin embargo, existen casos de éxito en compostaje en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Panamá, entre otros. Por ejemplo, Argentina cuenta con una planta de compostaje desde el año 2001, con una capacidad de tratamiento de 40 a 67 toneladas diarias (CEAMSE, s. f.). Por su parte, ciudades como Ciudad de México y Rosario (Argentina) compostan más del 10 % de sus residuos (Kaza *et al.*, 2018).

Igualmente, la digestión anaerobia es una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos que existe en la región desde hace muchos años, específicamente para la gestión de los residuos del sector agropecuario. Mientras tanto, su presencia para el tratamiento de residuos orgánicos municipales es incipiente. Sus ventajas frente al compostaje radican en que esta tecnología requiere un menor tiempo de retención y que del proceso se obtiene un producto adicional: energía térmica y/o eléctrica, además del digestato, que tiene potencial para su comercialización como mejorador de suelos (PNUMA, 2018).

La desventaja de esta tecnología es su elevado costo de infraestructura y operación (CAPEX, OPEX), además de que en el campo técnico requiere la entrada de residuos orgánicos con unas condiciones fisicoquímicas relativamente homogéneas. México cuenta con la primera planta de digestión anaeróbica, en Atlacomulco, la cual cuenta con capacidad para procesar 30 toneladas diarias de residuos orgánicos y una capacidad instalada de 200 kW para la generación de electricidad (Clemente, 2015). En Río de Janeiro (Brasil), se está construyendo una planta de metanización con capacidad de tratamiento de 50 toneladas diarias y posibilidad de escalamiento a 500 t/día.

En Argentina existe una experiencia de tratamiento mecánico biológico (TMB), que consiste en combinar procesos mecánicos con reactores biológicos, y puede contener en una misma planta diversas tecnologías de tratamiento. Argentina cuenta con esta tecnología

para los RSM; allí tiene capacidad de tratamiento de 1000 toneladas diarias, y además se recuperan el 60 % de los residuos que ingresan, distribuidos en 180 toneladas diarias de residuos con potencial de aprovechamiento (vidrio, papel, metal, cartón) y 420 t/día de residuos orgánicos. Estos últimos entran en biorreactores aerobios que los encapsulan herméticamente durante 21 días con humedad controlada, obteniendo del proceso un producto que se utiliza para la cobertura del relleno sanitario de la ciudad (CEAMSE 2013).

## **Chile**

Chile ha elaborado la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040 con el objetivo de pasar de un 1 % a un 66 % de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal al 2040. En concreto, se busca que la ciudadanía genere sustancialmente menos residuos orgánicos y separe en el origen aquellos que no logran evitar en sus hogares, oficinas, establecimientos educacionales, parques, mercados y ferias libres. Además, se espera contar con infraestructura, equipamiento y sistemas logísticos que permitan que los residuos orgánicos sean utilizados como recurso en la producción de mejoradores de suelo o de energía eléctrica o térmica, aprovechando los nutrientes, el agua y la energía que contienen.

Para materializar esta desafiante meta, se proponen las siguientes metas intermedias al 2030:

- Valorizar un 30 % de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.
- Llegar a 5000 establecimientos educacionales con composteras y/o vermicomposteras.
- Que un 50 % de las instituciones públicas separen en el origen, valorizando los residuos orgánicos que generan.
- Contar con 500 000 familias que utilicen composteras y/o vermicomposteras en sus viviendas.
- Alcanzar 500 barrios del programa «Quiero mi Barrio», haciendo compostaje y/o vermicompostaje.
- Lograr que todos los parques urbanos administrados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo estén compostando los residuos orgánicos generados en sus instalaciones.

Para liderar y coordinar la implementación de la Estrategia, el Ministerio del Medio Ambiente creará un Programa de Residuos Orgánicos, que deberá articular las acciones públicas en los niveles nacional, regional y municipal. El Programa tendrá entre sus principales funciones impulsar la inversión pública para aumentar la capacidad instalada de instalaciones para valorización de los residuos a nivel municipal y fortalecer las capacidades técnicas de los servicios públicos en todos los niveles.

En lo que respecta a la financiación de la estrategia, en esta se indica que, considerando que los residuos orgánicos son la gran mayoría de los residuos domiciliarios que deberán seguir gestionando las municipalidades, es de toda lógica que la inversión pública estará focalizada en lo necesario para su manejo segregado y valorización. No obstante, para viabilizar esta transformación de forma masiva se deberán además incorporar nuevas formas de financiamiento, así como incentivos económicos para las municipalidades. También, deberán existir incentivos claros que permitan viabilizar proyectos privados para la construcción de instalaciones de valorización, para la operación en esquemas público-privados (por ejemplo, la concesión de la operación de una planta construida con fondos públicos) u otros modelos de negocio. Asimismo, es fundamental que los distintos



proyectos que se desarrollen puedan beneficiarse de los mercados de carbono que vayan a desarrollarse a futuro.

Finalmente, la estrategia propone modificar y crear un conjunto de instrumentos que fomenten la valorización de residuos orgánicos, como ajustar los instrumentos de planificación territorial para que permitan el emplazamiento de la nueva infraestructura, crear normativas sanitarias específicas para este tipo de instalaciones y asegurar que la evaluación ambiental esté acorde a la complejidad de los proyectos.

### 3 Marco legal que regula la gestión de los RSM y su valorización

Teniendo en cuenta la relevancia del marco legal en la gestión integral de residuos sólidos, a continuación se presenta un resumen de las leyes y normas aplicables, incluyendo el marco tarifario, de tratamiento, de aprovechamiento/reciclaje y de formalización de recicladores y recicladoras de oficio y sus asociaciones, entre otros. Además, se hace un análisis FODA de este, con el objetivo de conocer los principales lineamientos, enfoques y obligaciones en dicha materia. El análisis completo sobre la normatividad vigente aplicable se presenta como anexo al presente estudio («Anexo 2. Marco legal aplicable»).

#### 3.1 Resumen del marco legal

La Constitución Política Nacional de 1991 (CPN) señaló las bases del modelo colombiano para la prestación de los servicios públicos domiciliarios. En específico, el capítulo III del título II consagra lo referente a los derechos colectivos y del ambiente. En su artículo 79 se consagra el derecho de todos los colombianos a gozar de un ambiente sano, y el artículo 80 le otorga al Estado la función de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución; además, le señala el deber de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Por su parte, el capítulo V del título XII (artículos 365 a 370) de la Constitución señala entre las finalidades sociales del Estado garantizar la prestación de los servicios públicos. El artículo 365 de la Constitución establece que dentro de los objetivos fundamentales de la actividad estatal figura solucionar las necesidades insatisfechas de salud, educación, saneamiento ambiental y de agua potable, y en el mismo artículo se consagra el régimen de prestación de los servicios públicos. Se establece allí que «éstos podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por las comunidades organizadas o por los particulares». El artículo 367 señala que la ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad, financiación y el régimen tarifario, y que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos.

Igualmente, establece que 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; en estos casos los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. Por tanto, la exclusividad del Estado se concentra en el control y la regulación (art. 365). Desde el propio texto constitucional (art. 370) se precisa que la labor de fiscalización la desarrollará el Presidente de la República a través de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliario, y se le defieren las tareas reglamentarias en temas tales como competencias, responsabilidades, coberturas, calidades, regímenes tarifarios, deberes y derechos de los usuarios, además de formas de participación ciudadana en el control social a la prestación (arts. 367 y 370). Precisamente en desarrollo de este mandato constitucional se expidió la Ley 142 del año 1994, o Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios.

El marco normativo en relación con la gestión integral de residuos sólidos (GIRS), su aprovechamiento y la prestación del servicio público de aseo en Colombia es bastante amplio, y tiene su origen principalmente en el Código Nacional de Recursos Naturales,

reglamentado mediante el Decreto Ley 2811 de 1974, la Constitución Política de Colombia emitida en el año 1991 y la Ley 142 de 1994<sup>9</sup>.

Es ahí, de acuerdo con el artículo 311 de la Constitución Política Nacional de Colombia<sup>10</sup>, donde se señala que es responsabilidad de los municipios y distritos, según sea el caso, velar por que la prestación del servicio público de aseo se dé en el marco de una adecuada planeación y gestión integral de los residuos sólidos en todo su territorio. La planeación debe estar orientada a disminuir o prevenir la generación de residuos, promoviendo el aprovechamiento, la valorización, el tratamiento y la disposición final<sup>11</sup>.

Colombia ha avanzado paulatinamente en la gestión de los residuos sólidos, sobre todo en procesos para controlar la contaminación causada por los residuos y la cobertura del servicio público de aseo. En el año 1997, con la normatividad emitida en esta materia, se presentaron importantes avances en el manejo empresarial del servicio público de aseo, al igual que hubo un aumento de la recolección en áreas urbanas, mejor cobertura, el cierre de algunos botaderos a cielo abierto y mejora de la calidad en la disposición final.

Pero para el año 2016, con el CONPES de residuos sólidos, se identificaron aún problemáticas relacionadas con su gestión, como los pocos incentivos económicos y normativos para minimizar la generación y aumentar los niveles de aprovechamiento y tratamiento, lo que hace imperante la necesidad de cambiar el modelo de producción y consumo lineal que aún tiene el país. Por otro lado, se encontró también que la separación en la fuente es insuficiente, por lo que las actividades de aprovechamiento y tratamiento se hacen más complejas (CONPES, 2016).

En respuesta, se fueron estableciendo reglamentaciones sectoriales y multisectoriales. De hecho, este se ha convertido en uno de los ejes importantes tratados mediante la promulgación de políticas y normativas, que han venido a desarrollar planes y programas con objetivos dirigidos a lograr mejores resultados en las diferentes fases del manejo integral de residuos sólidos. Este avance se proyecta desde un modelo económico tradicional de producción y consumo lineal, y está dirigido hasta promover y conseguir el avance gradual hacia una economía circular, a través del diseño de instrumentos y estrategias en el marco de la gestión integral de residuos sólidos.

Por otra parte, la normatividad se ha ampliado también hacia la promoción de la cultura ciudadana, la educación y la innovación en gestión integral de residuos, como bases para fomentar la prevención, reutilización y adecuada separación en la fuente. Lo mencionado anteriormente se hace considerando los bajos niveles de reciclaje y aprovechamiento a nivel nacional, que en mayor medida se deben a la deficiente separación de residuos en la fuente y a los bajos niveles de conciencia y cultura de los consumidores en el manejo ambientalmente adecuado de residuos sólidos.

A partir de políticas nacionales, se quiere lograr que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo, que los residuos y el uso de recursos se reduzcan al mínimo, y que los recursos se conserven dentro de la economía cuando un producto ha llegado al final de su vida útil. Esto tiene el objeto de

<sup>9</sup> «Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones».

<sup>10</sup> Artículo 311. Al municipio como entidad fundamental de la división político-administrativa del Estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y las leyes.

<sup>11</sup> Ver Marco de Gestión Ambiental y Social. Banco Mundial República de Colombia. Coprograma Nacional MRS.

volverlos a utilizar repetidamente y seguir creando valor, dentro de la filosofía de la cadena de valor.

Estas leyes, políticas y sus normas reglamentarias son promulgadas —según su competencia— por diferentes entidades gubernamentales de orden nacional, regional y local, principalmente, y para el caso del servicio público de aseo, por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda); la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA)<sup>12</sup>; y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)<sup>13</sup>. Para el caso de la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos son promulgadas el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente).

Paralelamente, y desde hace unos años, el Gobierno nacional viene emitiendo lineamientos en materia legislativa que permitan promover y apoyar la formalización de recicladores y recicladoras de oficio y vincularlos al esquema del servicio público en materia de aprovechamiento. Igualmente, se ha buscado incrementar los porcentajes de reciclaje y el aprovechamiento de residuos.

Con todo esto se ha ganado espacio en la atención e inversión de los gobiernos nacionales y regionales, debido a múltiples razones como acuerdos internacionales e iniciativas ciudadanas. Además, han sido clave las reflexiones originadas en los planos mundial y nacional en torno a la economía circular, el aprovechamiento de los residuos y la dignificación de todos los actores de la cadena productiva del reciclaje, así como la potencialidad económica y de generación de empleo que tiene un enfoque de crecimiento verde en la actualidad.

Es así como en el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno del presidente Iván Duque (periodo 2018-2022), adoptado mediante la Ley 1955 de 2019, se introdujeron diferentes estrategias como el desarrollo y la implementación gradual de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) —liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo— que plantea pasar de una economía línea a una economía circular. Dicha estrategia busca cerrar el círculo y mantener el valor de los productos, materiales y recursos durante el mayor tiempo posible. De acuerdo con lo anterior, la ENEC permite generar *nuevos elementos para fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país, a partir de la lógica de «producir conservando y conservar produciendo»*. Es acá donde también se incorpora en el esquema el concepto de **inclusividad** en la gestión de residuos mencionado anteriormente.

Como ya se indicó, el marco normativo a nivel nacional, regional y local en materia de gestión de residuos y su aprovechamiento es amplio. Cabe destacar que se ha observado una evolución de las políticas ambientales que han surgido en los últimos 30 años, pues han pasado de estar encaminadas exclusivamente a la protección de los recursos naturales a promulgar la sostenibilidad como un factor fundamental para aumentar la competitividad. No obstante, con base en el análisis realizado de la normativa existente aplicable, y teniendo en cuenta el objetivo del presente estudio, se considera que aquellas políticas, leyes y normas complementarias relacionadas directamente con la prestación del servicio público de aseo, la gestión integral de residuos ordinarios (incluido el aprovechamiento), su marco tarifario, y la formalización de la población recicladora son aquellas que se deben analizar prioritariamente. Dentro de ellas se pueden destacar a nivel nacional las siguientes, según su orden de jerarquía:

<sup>12</sup> Entidad adscrita al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

<sup>13</sup> Entidad adscrita al Departamento Nacional de Planeación (DNP).

- Política de Producción y Consumo Sostenible d 2010.
- Política para la Gestión Integral de Residuos de 1998.
- CONPES 3874 de residuos sólidos de 2016.
- CONPES 3934 (política de crecimiento verde) de 2018.
- CONPES 3919 (Política Nacional de Edificaciones Sostenibles) de 2018.
- CONPES 3530 (lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos) del Departamento Nacional de Planeación de 2008.
- Ley 142 de 1994 y Decreto 2981 de 2013, los cuales establecen el marco general y específico en materia de prestación de servicios públicos y gestión de residuos sólidos ordinarios.
- Política para la Gestión integral de residuos peligrosos (RESPEL) de 2005, actualizada en el año 2022.
- Decreto 2981 de 2013, por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio (PGIRS).
- Decreto 596 de 2016, que reglamenta el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio.
- Decreto 2412 de 2018, derogado por el Decreto 802 de 2022, que establece lineamientos en relación con el incentivo de aprovechamiento.
- Resolución 754 de 2014, la cual adopta la metodología para formular, evaluar y actualizar los PGIRS, entre otros.
- Resolución 1407 de 2018, la cual establece —bajo el principio de la responsabilidad extendida del productor— los lineamientos y las obligaciones para quienes produzcan, importen, comercialicen y consuman productos que tienen envases y empaques, modificada parcialmente por la Resolución 1342 de 2020.
- Resolución 2184 de 2019, relacionada con el uso racional de bolsas plásticas.
- Estrategia Nacional de Economía Circular de 2019, la cual establece el marco de la circularidad de materiales dentro de la gestión integral de residuos sólidos y otras actividades industriales.
- Diversas normas técnicas de calidad para materiales reciclados y para evaluar las competencias laborales.

Como ya se ha descrito anteriormente, en Colombia se han generado muchas políticas de residuos sólidos, pero es importante recalcar que respecto a lineamientos de control y manejo de residuos orgánicos, no existe una norma específica a nivel nacional, y mucho menos regional, para tal fin. El marco normativo relacionado específicamente con la gestión de los ROM está compuesto por políticas públicas y normas de los sectores aseo, ambiente, agrícola, energía, además de otros instrumentos de política como los Planes de

Ordenamiento Territorial (POT), que regulan el uso del suelo en la ciudad, como se observa en la siguiente figura:

**Figura 9. Marco normativo relacionado con la gestión de los ROM**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede observar, el marco normativo de los ROM es poco claro y ambiguo, y a nivel nacional no se cuenta con una regulación específica para esta fracción de los residuos orgánicos, y tampoco existe una ley unificada de los residuos sólidos.

No obstante, en los últimos cinco años se han emitido una gran cantidad de normas que buscan una transición de un modelo lineal en la gestión de residuos hacia un modelo circular. En este sentido, resalta lo establecido en la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES 3874 de 2016), donde se distribuyen las responsabilidades entre los diferentes ministerios nacionales y entre el Gobierno nacional, los departamentos y los municipios. En esta norma se definen objetivos como la meta de reciclaje del 30 % hasta 2030 y se propone implementar esquemas de tratamiento de residuos sólidos, principalmente orgánicos, que optimicen la operación de los rellenos sanitarios y permitan la incorporación paulatina de tecnologías complementarias para la valorización de los residuos sólidos. Esta transición hacia una economía circular busca lograr que el uso de los productos y materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo.

A su vez, la política establece un orden de preferencia de medidas dirigidas a reducir y gestionar los residuos, lo que se conoce como jerarquía en la gestión de los residuos. Esto es: prevención, reutilización, aprovechamiento (reciclaje), tratamiento de residuos no aprovechables. El tratamiento busca: (1) la reincorporación de los materiales a procesos productivos (p. ej. el compostaje o la digestión anaeróbica); (2) la valorización a través de generación de energía antes de ser dispuestos; o (3) la reducción del volumen o tamaño antes de su disposición final. Así las cosas, la última medida en términos de prioridad es la disposición final, ya sea en rellenos sanitarios o mediante incineración sin valorización energética. Esta es el último recurso para los residuos sólidos que no se han podido evitar, desviar o recuperar en los pasos anteriores.



**Figura 10. Jerarquía de los residuos**

Fuente: CONPES 3874 de 2016.

De este CONPES se desprenden una serie de resoluciones y decretos proferidos recientemente. Estos permiten evidenciar que el país se está orientando y está sentando las bases para la transición hacia la gestión integral y diferenciada de la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en el país.

Otras políticas públicas que se relacionan con la gestión de los ROM se encuentran en la siguiente figura:

**Figura 11. Principales políticas públicas**

Fuente: GOPA Infra, 2023.



La Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) se basa en la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, y se centra en la utilización de biomasa — especialmente aquella procedente de la agricultura— mediante sistemas de certificación y seguimiento, incentivando las tecnologías verdes e integrando la planificación regional. Respecto a la biomasa, se establecen dos metas: (1) un sistema nacional de compostaje en marcha para el año 2021 y (2) un documento técnico que estudie los tipos de infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos, que se debió finalizar en el año 2019.

Dentro de las recomendaciones que da la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos está “*desarrollar los estudios y ajustes normativos señalados en la definición de la política: internalización de costos ambientales y a la salud, responsabilidad extendida del productor en envases y empaques, tratamiento de residuos, entre otros*”.

En el marco de la internalización de los costos ambientales y a la salud de la gestión de los residuos sólidos, le corresponde a la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) definir un nuevo marco tarifario donde se contemplen estos costos. En este sentido, se espera que en el año 2022 Colombia cuente con un nuevo marco tarifario en donde se incentive la gestión diferenciada de la fracción orgánica de los residuos, que corresponde a más del 61,54 %<sup>14</sup> del total de residuos sólidos generados en el país.

Cabe resaltar que en Colombia las actividades de gestión de residuos se financian a través de las tarifas de los usuarios del servicio público de aseo, y son definidas y reguladas por la CRA. Los operadores del Servicio Público De Aseo (SPA), los operadores de los rellenos sanitarios y las organizaciones de recicladores reciben estos pagos en función de la cantidad de residuos dispuestos/aprovechados; por su parte, los hogares pagan en función de su nivel de ingresos y de la producción media de residuos de su zona.

A continuación se exponen los principales resoluciones y decretos relacionados con la gestión de los residuos orgánicos, que se derivan de políticas públicas recientes y del Plan Nacional de Desarrollo vigente.

**Tabla 3. Principales resoluciones y decretos identificados que impulsan la gestión de los residuos orgánicos municipales**

Norma	Descripción
Marco Tarifario	<p>Aunque la fórmula tarifaria aún no contempla la actividad de tratamiento para municipios, con más de 5000 suscriptores, la CRA publicó en 2020 las bases para la formulación de un nuevo marco tarifario (CRA, 2020). Allí manifiesta que se internalizarán los costos ambientales que resultan del mal manejo de los residuos (generación de lixiviados, emisión de GEI, olores ofensivos, etc.), para que, en consecuencia, se reconozcan los beneficios ambientales, sociales y económicos de un adecuado tratamiento. El nuevo marco tarifario, entonces, según este documento, incluirá la actividad de tratamiento de los ROM dentro de la fórmula tarifaria.</p> <p>Se espera que el nuevo marco tarifario, que debería ser promulgado durante el año 2023, permita que la actividad de tratamiento de los residuos orgánicos tenga viabilidad económica.</p>

<sup>14</sup> CONPES 3874 de 2016

Norma	Descripción
Decreto 1787 de 2017 y Resolución 938 de 2019 (reglamenta la actividad de tratamiento)	A través de estas normas, por primera vez en el país se establece una tecnología de disposición final distinta al relleno sanitario. Asimismo, se establecen las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de tratamiento de residuos sólidos en el marco de la prestación del SPA. Estas condiciones incluyen la localización de áreas y la selección del tratamiento a implementar, de acuerdo con los estudios de población, proyección de generación de residuos, análisis de viabilidad financiera y económica, y sostenibilidad empresarial.
Decreto 802 de 2022 (IAT)	<p>En este decreto se establecen los criterios de elegibilidad de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT). El valor del incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (VIAT) se calcula sobre las toneladas de estos residuos por suscriptor del SPA, como un valor adicional al costo de disposición final de estos residuos.</p> <p>El incentivo al aprovechamiento es equivalente a los instrumentos empleados a nivel internacional, como, por ejemplo, la Directiva 99/31/CE sobre rellenos sanitarios expedida en 1999 en la Unión Europea. Dichos instrumentos buscan reducir los impactos ambientales generados por la disposición final y disminuir la cantidad de ROM en los rellenos sanitarios (MAG Consultoría, 2016).</p> <p>El IAT está reglamentado mediante la Resolución 547 de 2022.</p>
Resolución 2184 de 2019 (código de colores)	En esta resolución se armoniza a nivel nacional el código de colores para la separación de los residuos sólidos, indicando la bolsa verde para los ROM. Aunque no se establece un plazo para su implementación, este es un primer paso para la transición hacia el tratamiento diferenciado de estos residuos orgánicos y envía señales para que en el campo normativo se reglamente la actividad.

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Estas leyes, políticas y sus normas reglamentarias son promulgadas, según la competencia, por diferentes entidades gubernamentales del orden nacional, regional y local; principalmente y para el caso del servicio público de aseo por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda); la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA<sup>15</sup>, y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD<sup>16</sup>; y para el caso de la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente).

Como se mencionó anteriormente, el análisis completo de la normatividad vigente aplicable se presenta como anexo del presente estudio («Anexo 2. Marco legal aplicable»).

<sup>15</sup> Entidad adscrita al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

<sup>16</sup> Entidad adscrita al Departamento Nacional de Planeación (DNP).

### 3.2 Análisis FODA del marco legal de los residuos reciclables

A continuación se listan las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas identificadas al analizar el marco legal que regula la gestión de los residuos reciclables en Colombia.

#### 3.2.1 Fortalezas

- Amplia normatividad vigente aplicable a los temas específicos (EC y GIRS), cubriendo diferentes aspectos de la gestión integral y favoreciendo una gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos.
- Normatividad que fomenta la asociatividad entre diferentes actores.
- Normatividad que fomenta la formalización de recicladores.
- Normatividad que remunera la actividad de aprovechamiento, realizada principalmente por las organizaciones de recicladoras, mediante la tarifa de aprovechamiento.
- Planes, programas y estrategias proyectadas a corto, mediano y largo plazo, permitiendo priorización y planificación.
- Legislación que establece obligaciones para los diferentes actores que intervienen en la cadena de gestión, favoreciendo la articulación de la cadena de valor.

#### 3.2.2 Oportunidades

- Disponibilidad y accesibilidad a referencias y experiencias internacionales en desarrollo normativo orientado a la economía circular.
- Disponibilidad de instancias de cooperación internacional para el desarrollo y la modernización de marcos regulatorios.
- Existencia de convenios comerciales internacionales que exigen el cumplimiento de estándares ambientales.
- Existencia y apoyo político a la Estrategia Nacional Economía Circular.
- El sector privado está interesado en procesos de economía circular.
- Disponibilidad de normas técnicas en relación con los diferentes tipos de residuos, lo que favorece la posibilidad de modernización de regulaciones.

#### 3.2.3 Debilidades

- Gran cantidad de instrumentos normativos vigentes aplicables a los temas específicos (EC y GIRS), por lo que tienden a conformar un sistema complejo y poco práctico.
- Procesos internos demorados en entidades públicas para lograr modificación y/o actualización de normas.
- Normas que se emiten sin tener en cuenta las realidades de los diferentes sectores.
- Modificación continua de legislación, por lo cual no hay claridad en la vigencia.
- Bajo conocimiento de la amplia normatividad existente por parte de los actores.
- Inexistencia de procesos adecuados de divulgación y socialización de la normatividad con los diferentes actores.

- Presencia de objetivos, lineamientos y obligaciones sin especificidad/profundidad para lograr su entendimiento, interiorización y, por ende, cumplimiento.
- Diferentes conceptos y terminología asociados al mismo «proceso», dependiendo de la entidad que emite la legislación.
- Normas extensas y poco comprensibles.
- Diferentes entidades elaboran legislación relacionada con residuos sólidos, sin existir una adecuada coordinación/articulación.
- Normas técnicas que requieren pago para acceder a ellas.

#### 3.2.4 Amenazas

- Crisis económicas generales que posterguen el desarrollo normativo.
- Ciclos políticos que impliquen cambio de prioridades.

### 3.3 Análisis FODA del marco legal de los residuos orgánicos

#### 3.3.1 Fortalezas

- *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.* En Colombia, la normatividad asociada a la transición hacia un modelo circular en el manejo de los residuos sólidos se ha incrementado sustancialmente en los últimos años. Entre ella destaca la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES 3874 de 2016), que plantea la meta de llegar a un reciclaje del 30 % para el año 2030 y propone implementar los esquemas de tratamiento de residuos sólidos, principalmente orgánicos, que optimicen la operación de los rellenos sanitarios y permitan la incorporación paulatina de tecnologías complementarias para la valorización de los residuos sólidos. También destaca la política de crecimiento verde (CONPES 3934 de 2018), a través de la cual se le solicita a los ministerios de Vivienda y de Agricultura adelantar los trámites correspondientes para viabilizar la transición hacia el tratamiento diferenciado de los residuos orgánicos.
- *Estrategia nacional de economía circular.* La Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) le da prioridad a la utilización de la biomasa y a incentivar las tecnologías verdes integrando la planificación regional.
- *Plan Nacional de Desarrollo.* El Plan Nacional de Desarrollo vigente (Ley 1955 de 2019) le solicita a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) incluir los costos ambientales y la remuneración del aprovechamiento y tratamiento en los marcos tarifarios.
- *Reglamentación de la bolsa verde para los ROM.* Se han emitido normas como la Resolución 2184 de 2019 del Ministerio de Ambiente, a través de la cual se reglamenta la bolsa verde para depositar los ROM.
- *Incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT).* El IAT, reglamentado a través del Decreto 802 de 2022 y la Resolución 547 de 2022, establece una alternativa de financiamiento para el tratamiento de los residuos con potencial de aprovechamiento y tratamiento.
- *Normativa técnica para productos orgánicos usados como abonos y acondicionadores de suelo.* El país cuenta con una norma técnica que establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados

como abonos, fertilizantes o como enmiendas o acondicionadores de suelo (Norma Técnica Colombiana 5167), lo que favorece la identificación de potenciales usos y la apertura de mercados.

- *Incentivos tributarios para realizar inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energía.* Los interesados en realizar inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energía y gestión eficiente de la energía podrán acceder a los incentivos tributarios enunciados por la Ley 1715 de 2014, una vez se cumplan los requisitos y procedimientos establecidos por las entidades pertinentes. Este incentivo aumenta la viabilidad del tratamiento y la valorización de los ROM a través de la digestión anaerobia (DA).
- *Existencia de normas para la prestación del servicio público domiciliario de biogás y biometano.* Se han definido las condiciones de calidad, seguridad y tarifa para la prestación del servicio público domiciliario de biogás y biometano, lo que le brinda mayores grados de certidumbre a proyectos de tratamiento de orgánicos que se enfoquen en la generación de energía.

### 3.3.2 Oportunidades

- *Compromisos NDC.* A través de la actualización de su contribución determinada (NDC), Colombia se ha comprometido a avanzar en la gestión de residuos sólidos con el objetivo de disminuir las emisiones de GEI, lo que implica la aparición de incentivos y obligaciones en torno a una gestión sostenible de residuos orgánicos.
- *Nuevo marco tarifario.* Aunque el nuevo marco tarifario se encuentra en construcción, la CRA emitió en marzo de 2020 un documento con las bases del nuevo marco tarifario. Allí se establece que se estudiarán alternativas para los costos de tratamiento de residuos sólidos, buscando contribuir a las metas nacionales de desarrollo bajo en carbono y mitigación del cambio climático. El documento establece también la necesidad de identificar los costos ambientales y de salud asociados al manejo de residuos sólidos, es decir, la internalización de los costos ambientales dentro de la fórmula tarifaria, lo que puede generar alternativas de gestión con base en nuevos incentivos y obligaciones.
- *Nuevas políticas públicas.* El amplio universo de políticas públicas que se han establecido recientemente (como los CONPES 3874 de 2016, 3918 de 2018 y 3934 de 2018), que se relacionan indirectamente con la gestión de los ROM, puede apalancar la transición hacia un modelo circular en la gestión de los residuos orgánicos.
- *Referencia internacional:*
  - *Implementación de un esquema financiero que incentive la generación de energía eléctrica con biogás procedente del tratamiento de residuos orgánicos.* En países como España, Perú y Ecuador se ha implementado un régimen especial (primas, tarifas especiales o reducciones impositivas) para la venta de energía eléctrica proveniente de fuentes no convencionales renovables, lo que puede tomarse como ejemplo para la estructuración de incentivos similares a nivel local.
  - *Prohibición o limitación de la disposición de residuos orgánicos en los rellenos sanitarios.* La disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios sin tratamiento previo está prohibida en la Unión Europea de acuerdo con la Directiva Marco de Residuos y la Directiva sobre Rellenos Sanitarios. Esta

prohibición ha sido identificada como una de las políticas claves en lo referente al manejo selectivo de los residuos orgánicos.

### 3.3.3 Debilidades

- *Licenciamiento ambiental complejo.* La gran cantidad de trámites —con sus altos costos y demoras— del proceso de licenciamiento ambiental ha implicado que los gestores que realizan el tratamiento de residuos orgánicos tiendan a limitar sus plantas a una capacidad máxima de 20 000 tpa. Lo anterior se afirma según el propio testimonio de dichos gestores, quienes han preferido iniciar actividades de una forma más ágil aunque estén obligados a limitar su capacidad. Cabe aclarar que los proyectos con una capacidad superior a las 20 000 tpa deben solicitar licencia ambiental (Decreto 2041 de 2014 y Decreto 1076 de 2015<sup>17</sup>).
- *Poco desarrollo de normativa específica para la gestión de los residuos orgánicos.* La normatividad del servicio público de aseo está enfocada principalmente en la gestión de los residuos mediante aprovechamiento (residuos reciclables) y disposición final en rellenos sanitarios; aún no ha habido un desarrollo de normativa específica para la gestión de los residuos orgánicos. La Resolución 938 de 2019 es la primera norma que abre las puertas a la realización de actividades complementarias para el tratamiento de residuos sólidos en el servicio público de aseo; sin embargo, lo que se establece es poco específico en asuntos como los criterios de selección del tratamiento y la priorización para seleccionar el tipo de tratamiento; además, no se establecen condiciones generales de diseño, operación ni monitoreo.
- *El marco tarifario vigente no incentiva la gestión diferenciada de los ROM.* En la Resolución CRA 720 de 2015 no se contempla una tarifa para el tratamiento de los ROM, y aunque se contempla la posibilidad de remunerar alternativas diferentes a la disposición final, el valor máximo que podría cobrar un prestador de estas actividades es cuantificado con la fórmula tarifaria para rellenos sanitarios, la cual es más baja que cualquier otro tipo de técnica para el tratamiento de residuos orgánicos. Así, a pesar de que habría ingresos por la venta de los subproductos obtenidos (energía, materiales reciclables, compost, combustible derivado de residuos, etc.) y por la tarifa, no es posible asegurar la sostenibilidad financiera de los proyectos y, en consecuencia, los inversionistas podrían no estar dispuestos a implementar estos proyectos bajo el escenario actual.
- *Pocos incentivos, a nivel regulatorio, para la valorización de los ROM.* No se han establecido directrices públicas o incentivos que fomenten e incentiven la participación del sector privado en la construcción de plantas de valorización de ROM.
- *Pocos incentivos para la agroecología.* En los últimos años, el apoyo gubernamental para el impulso y la promoción de la agricultura orgánica ha sido escaso. De hecho, varios programas que se encontraban vigentes en el 2011 actualmente están desatendidos. Este apoyo es necesario si se tiene en cuenta que los requerimientos para comercializar productos orgánicos son altos, las certificaciones son costosas y es posible que se requieran subsidios, ya que la transición hacia la agricultura orgánica implica un proceso de ajuste.

<sup>17</sup> Numeral 12 del Artículo 2.2.2.3.2.2 del Decreto 1076 de 2015: «Actividades que requieren licencia ambiental: La construcción y operación de plantas cuyo objeto sea el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a veinte mil (20.000) toneladas/año».



- *Ausencia de una ley unificada de gestión de residuos sólidos.* Aunque Colombia cuenta con un plan de gestión de residuos (CONPES 3874 de 2016), en la práctica es insuficiente (Antonini *et al.*, 2020). Más aún, a pesar de que la normatividad sobre residuos es amplia, está dispersa, lo cual genera confusión y problemas asociados con el liderazgo institucional para la transición hacia un modelo circular. Esto implica problemas de coordinación entre diferentes ministerios a nivel nacional y municipal, entre diferentes departamentos y niveles de gobierno, e inconsistencia política entre administraciones (Antonini *et al.*, 2020; UASEP, 2020).
- *Falta de continuidad de los PGIRS.* Los PGIRS son susceptibles de ser modificados por la administración de turno, lo cual, en algunos casos, les resta continuidad, por lo que pueden no llegar a realizarse los proyectos y actividades que se definieron.

### 3.3.4 Amenazas

- *Ciclos políticos y cambios de administración municipal.* Los cambios de administración municipal que tienen lugar cada cuatro años pueden interrumpir o cambiar las prioridades en los esfuerzos para mejorar la gestión de los RSU (Antonini *et al.*, 2020).
- *Cambios en políticas por rotación de autoridades.* Los cambios abruptos de política crean inseguridad para realizar inversiones a largo plazo. Como la prioridad de los gobiernos es ser reelegidos, los beneficios a corto plazo de la reducción de costos para la gestión de residuos y las mejoras muy visibles, como los nuevos camiones de basura, tienden a priorizarse por sobre las inversiones a largo plazo en aprovechamiento y valorización (Antonini *et al.*, 2020).

## 4 Avances en políticas y regulaciones en gestión integral de residuos sólidos en Ibagué

### 4.1 Datos generales de la ciudad de Ibagué

El municipio de Ibagué es la capital del departamento del Tolima. Está ubicado en el centro-occidente de Colombia, sobre la Cordillera Central de los Andes, entre el Cañón del Combeima y el Valle del Magdalena, en cercanías al Nevado del Tolima. Fue fundada el 14 de octubre de 1550 por el capitán español Andrés López de Galarza, quien la nombró Villa de San Bonifacio de Ibagué del Valle de las Lanzas, lo que la convierte en una de las ciudades más antiguas de América.

Ibagué cuenta con una población urbana y rural de 543 949 habitantes (DANE – Proyección de Población para el año 2022). Limita por el norte con los municipios Anzoátegui y Alvarado; por el oriente, con los municipios Piedras y Coello; por el sur, con los municipios San Luis y Rovira; y por el occidente, con el municipio Cajamarca y el departamento del Quindío. Se encuentra a una altitud promedio de 1285 msnm, cuenta con un área de 1439 km<sup>2</sup> y se ubica en la coordenadas 4°26'16"N 75°12'02"O.

**Figura 12. Localización de Ibagué (Tolima)**



Fuente: Tolima.gov.co

Administrativamente, su área urbana se divide en 13 comunas; y su zona rural, en 17 corregimientos, 144 veredas y 14 inspecciones. Las siguientes son las comunas de la ciudad de Ibagué:

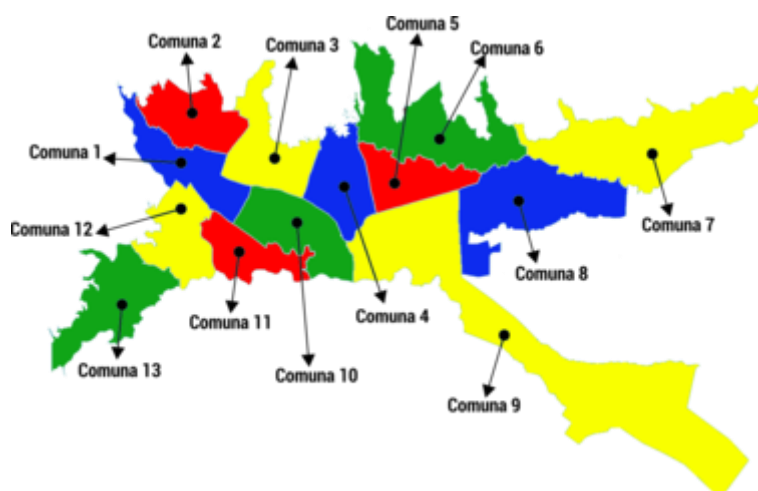
**Tabla 4. Comunidades de la ciudad de Ibagué**

Comuna	Nombre
1	Centro
2	Calambeo

Comuna	Nombre
3	San Simón
4	Piedrapintada
5	Jordán
6	Vergel
7	Salado
8	Simón Bolívar
9	Picaleña - Mirolindo
10	Estadio
11	Ferias
12	Ricaurte
13	Boquerón

Fuente: Tolima.gov.co

**Figura 13. Distribución de Ibagué por comunas (cartografía)**



Fuente: Tolima.gov.co

Los siguientes son los corregimientos de la zona rural de Ibagué:

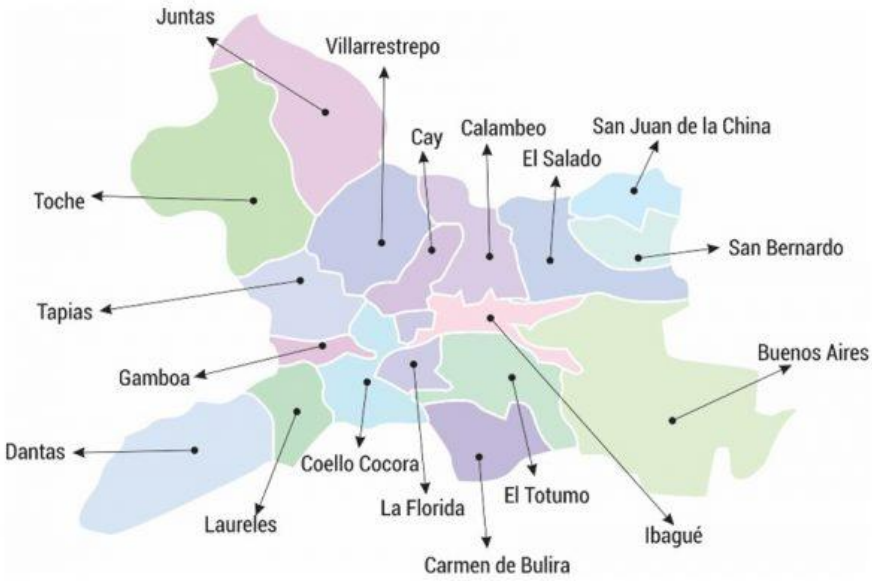
**Tabla 5. Corregimientos de la zona rural de Ibagué**

Corregimiento	Nombre
1	Dantas
2	Laureles
3	Coello Cocora
4	Gamboa
5	Tapias
6	Toche
7	Juntas
8	Villa Restrepo
9	Cay
10	Calambeo

Corregimiento	Nombre
11	San Juan de la China
12	San Bernardo
13	El Salado
14	Buenos Aires
15	Carmen de Bulira
16	El Totumo
17	La Florida

Fuente: <https://cimpp.ibague.gov.co/cartografia-rural/>

**Figura 14. Cartografía: Corregimientos de la zona rural de Ibagué**



Fuente: Centro de Información Municipal para Planeación Participativa, s. f.

#### 4.1.1 Demografía

De acuerdo con las proyecciones del DANE, para el año 2022, la población total de Ibagué (urbana y rural) fue de 543 949 habitantes. Con base en el reporte de la alcaldía del municipio, la población se distribuye como se muestra en la tabla a continuación:

**Tabla 6. Distribución poblacional por sexo, edad y localización, municipio de Ibagué**

CARACTERÍSTICA	PORCENTAJE
Población área urbana	92,8 %
Población área rural	7,2 %
<b>POBLACIÓN POR SEXO</b>	
Población hombres	47,5 %
Población mujeres	52,5 %

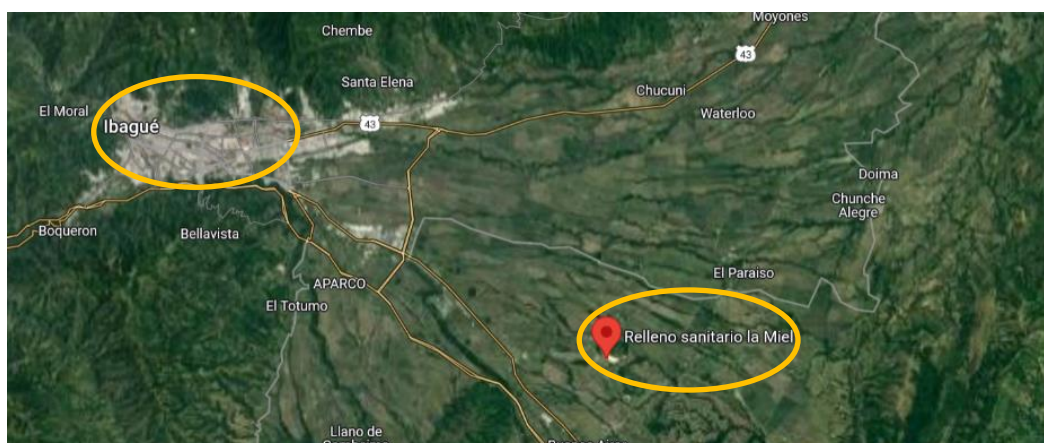
POBLACIÓN POR RANGO DE EDAD	
Primera infancia (0-14 años)	24,5 %
Adolescente (15-64 años)	67,0 %
Adulta mayor (65 años y más)	9,5 %

Fuente: Alcaldía de Ibagué, 2022.

#### 4.1.2 Relleno sanitario

El relleno sanitario Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel está ubicado en la Hacienda La Miel Vereda Buenos Aires, a 19 km de la vía Ibagué-Bogotá. A través de la Resolución 0354 del 26 de marzo de 2004, Cortolima le otorgó a Interaseo S. A. E.S.P. la licencia ambiental para la ejecución del proyecto mencionado. Dicha licencia se otorgó por la vida útil del proyecto, por lo que cubre las fases de construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, restauración final, abandono y terminación.

**Figura 15. Ubicación del relleno sanitario La Miel**



Fuente: Google Maps, 2023.

El área total del relleno es de 41 ha, con una vida útil hasta el año 2024. Actualmente se está tramitando una licencia para una segunda fase.

El Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel cuenta con las siguientes zonas de disposición:

- Zonas A y B, que se encuentran inactivas actualmente.
- Zona C, donde anteriormente se realizaron operaciones de disposición en el 2016.
- Zona E, donde anteriormente se realizaron operaciones de disposición en el 2017.
- Zona D, donde anteriormente se realizaron operaciones de disposición desde el 2018 hasta la fecha.

Asimismo, el Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel cuenta con una planta de tratamiento para los lixiviados, compuesta por las siguientes unidades:

- Reactor UASB
- Floculación
- Coagulación
- Filtración

- Oxigenación
- Oxidación
- Osmosis Inversa
- Lecho de secado de lodos
- Ozonización

El Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel recibe residuos sólidos provenientes de los siguientes municipios y empresas de recolección:

- Anzoátegui
- Alvarado
- Cajamarca
- Ibagué Interaseo
- Lérida
- IBAL S.A. E.S.P.
- Rovira
- San Luis
- Valle de San Juan
- Venadillo

Las características de los residuos que son enviados al Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel son las siguientes:

- Se reciben RSU y residuos biosanitarios termotratados.
- Se reciben RSU provenientes de diez municipios del Tolima.
- Promedio diario de disposición de: 485 toneladas/día.
  - RSU de Ibagué: 92 % del total de residuos del relleno sanitario.
  - 8 % del total de residuos provenientes de los diez municipios de la región.

El método de operación de La Miel es un método combinado entre los métodos de área y trinchera, para obtener un mejor aprovechamiento de las condiciones topográficas de la zona. Se realiza recirculación y aspersión de lixiviados a la zona de operación de residuos.

Además, el relleno cuenta con las siguientes obras complementarias:

- Caseta de vigilancia para el control de ingreso de vehículos y visitantes.
- Vía de acceso hasta báscula pavimentada (19 km desde Ibagué y 4 desde la vía principal).
- Báscula.
- Cerramiento perimetral.
- Almacén y oficinas.
- Planta de lixiviados.
- Laboratorio.
- Planta de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos.

#### **4.2 Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)**

Actualmente la administración municipal está culminando el proceso de actualización del PGIRS del municipio. Durante el desarrollo del presente estudio, en el mes de noviembre 2022, el municipio facilitó los «parámetros línea base 2021», donde se presenta información relevante sobre los siguientes aspectos relacionados con la gestión integral de los residuos sólidos:



- Aspectos institucionales del servicio público de aseo.
- Generación de residuos sólidos.
- Recolección, transporte y transferencia.
- Barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Playas costeras y ribereñas.
- Corte de césped y poda de árboles.
- Lavado de áreas públicas.
- Aprovechamiento de residuos sólidos.
- Disposición final.
- Residuos sólidos especiales.
- Residuos de construcción y demolición (RCD).
- Gestión de residuos del área rural.

Parte de esta información fue utilizada para el desarrollo del presente estudio.

## **5 Funcionamiento del mercado actual de los residuos reciclables en Ibagué**

Para explicar el funcionamiento del mercado de los residuos reciclables en Ibagué se ha definido su cadena de valor, la cual se describe en los siguientes subcapítulos.

### **5.1 Definición de los eslabones de la cadena de valor de los residuos reciclables**

Para efectos del presente estudio, se definió la cadena de valor de los residuos reciclables como el conjunto de actividades que se desarrollan desde la generación de los residuos hasta su transformación en nuevos productos, materiales o sustancias con una finalidad útil. Los principales eslabones identificados en la cadena de valor son los siguientes:

#### **Eslabón 1. Generación y recolección**

Este primer eslabón abarca las actividades de generación y recolección de residuos reciclables desarrolladas por el servicio público de aseo. Los actores principales son los distintos tipos de generadores (como hogares, comercios, instituciones, etc.) y las empresas públicas o privadas de recolección, incluyendo las ORO.

#### **Eslabón 2. Clasificación y pretratamiento**

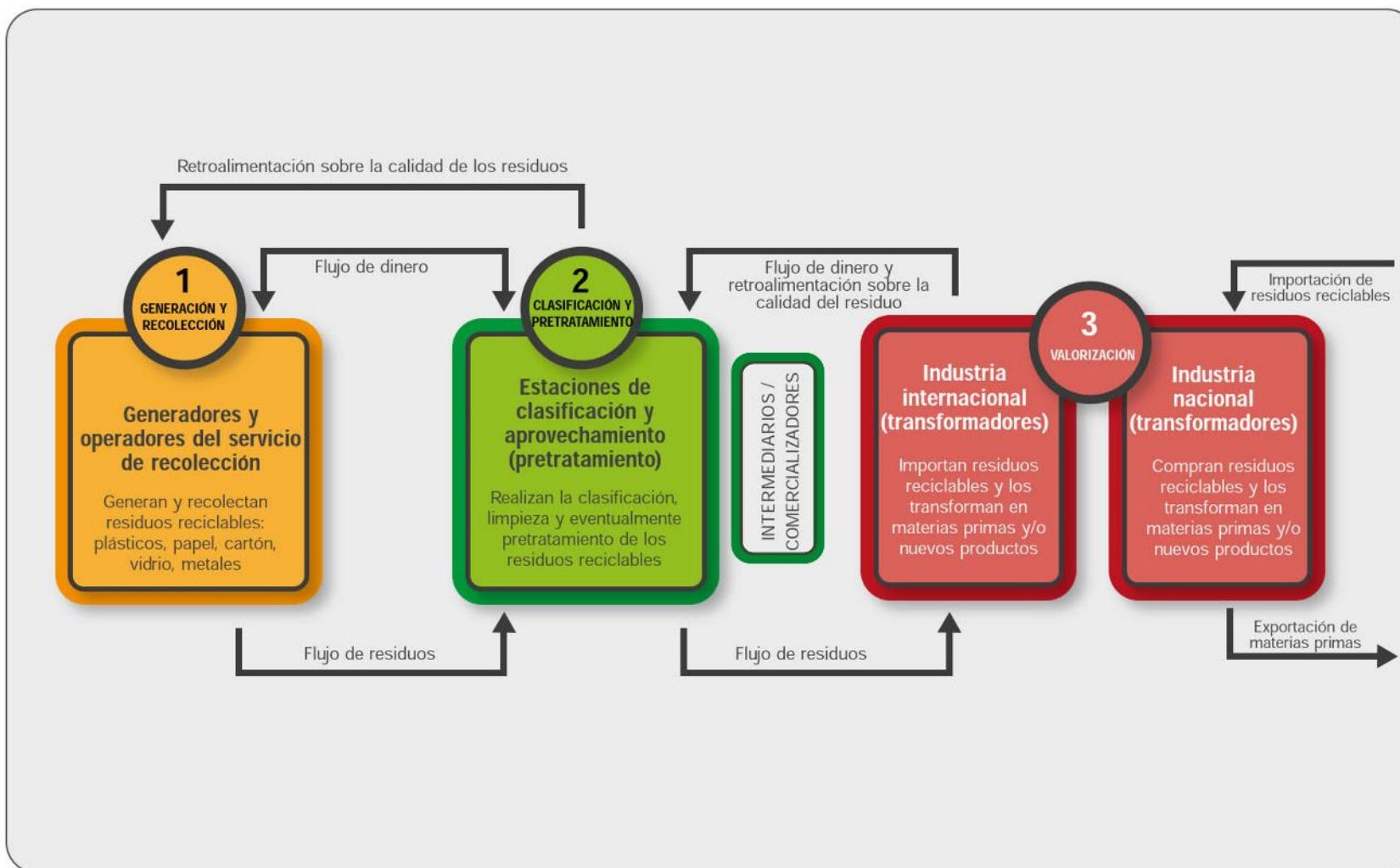
Este segundo eslabón abarca las actividades de clasificación y pretratamiento de los residuos reciclables en el contexto del servicio público de aseo, realizadas por empresas públicas, privadas, y/u ORO a través de sus ECA. Aquí también se incluye a los intermediarios o mayoristas, quienes juegan un rol muy importante en la cadena de valor.

#### **Eslabón 3. Valorización**

Esta tercera fase abarca las actividades de transformación de los residuos reciclables previamente seleccionados y clasificados, para convertirlos en materia prima recuperada y/o nuevos productos. Los actores principales son las empresas transformadoras públicas o privadas.

A continuación se presenta un esquema conceptual de esta cadena de valor. Luego, en los siguientes apartados se realiza una descripción de los componentes de cada eslabón, incluyendo actores relevantes, flujos de residuos, capacidades, iniciativas en desarrollo e información económica.

Figura 16. Esquema conceptual de la cadena de valor de los residuos reciclables



Fuente: GOPA Infra, 2023.

## 5.2 Primer eslabón: generación y recolección de residuos sólidos

### 5.2.1 Generación de residuos sólidos

La generación de residuos sólidos municipales para el año 2021 se obtiene de manera indirecta, sumando los siguientes volúmenes de residuos:

- 1) Toneladas dispuestas en el relleno sanitario
- 2) Toneladas aprovechadas por las ORO

A continuación se presentan los valores correspondientes a cada uno de estos puntos.

#### 1) Toneladas dispuestas en el relleno sanitario

La información de toneladas dispuestas en el año 2021 en Ibagué se obtuvo del Sistema Único de Información (SUI), a través del siguiente enlace: <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-sector/Aseo/Reportes-tecnico-operativos/Toneladas-de-residuos-solidos-que-ingresan-al-sitio-de-disposicion-final-Resolucion-SSPD-N%C2%B0-20174000237705-de-2017>.

El volumen indicado es de **169 138 toneladas (año 2021)**.

#### 2) Toneladas aprovechadas por las ORO

La información de toneladas aprovechadas por las ORO en el año 2021 en Ibagué fue remitida por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios mediante el Radicado 20224024084851, con fecha 15/09/2022.

El volumen indicado es de **5932 toneladas (año 2021)**.

Al sumar los volúmenes indicados en los puntos 1 y 2 se obtiene un volumen total de **175 069 toneladas**. Se estima que esta fue la generación total de residuos sólidos municipales para el año 2021 en Ibagué.

Por otro lado, en los parámetros línea base 2021 del PGIRS se presenta la composición física de los residuos en la fuente por sector geográfico en el área urbana, con base en la caracterización realizada por el Consorcio EXXA 2021.

**Tabla 7. Porcentajes de generación de residuos sólidos por sector geográfico en el área urbana en la ciudad de Ibagué (según el tipo de residuo)**

Fracción	Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	Estrato V	Estrato VI
Papel/cartón	4,2 %	8,2 %	5,0 %	14,1 %	7,6 %	9,2 %
Plástico AD	3,8 %	4,6 %	2,8 %	6,8 %	6,8 %	5,0 %
Plástico BD	7,9 %	6,3 %	7,3 %	13,2 %	7,1 %	8,4 %
Vidrio	3,0 %	1,9 %	4,0 %	6,0 %	3,0 %	4,8 %
Metales	1,8 %	1,8 %	3,7 %	1,8 %	4,1 %	2,3 %
Materia orgánica	60,2 %	56,3 %	48,3 %	44,6 %	42,6 %	50,2 %
Madera	0,3 %	0,3 %	2,9 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %
Inertes	2,0 %	3,7 %	0,0 %	2,1 %	0,0 %	1,3 %
Tetrapak	0,8 %	0,8 %	4,0 %	1,9 %	0,0 %	1,3 %

Fracción	Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	Estrato V	Estrato VI
Especiales	0,0 %	0,0 %	1,1 %	1,0 %	0,1 %	0,4 %
Inservibles	9,1 %	7,5 %	8,8 %	4,5 %	19,7 %	9,3 %
Peligrosos	1,4 %	3,1 %	3,1 %	0,0 %	1,5 %	1,9 %
Material terreo	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Residuo textil	3,7 %	4,0 %	6,4 %	1,5 %	6,3 %	3,8 %
Icopor	1,6 %	1,3 %	2,5 %	2,5 %	1,2 %	1,5 %
<b>Total</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

Fuente: «Parámetros línea base 2021», Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo, Alcaldía Municipal de Ibagué.

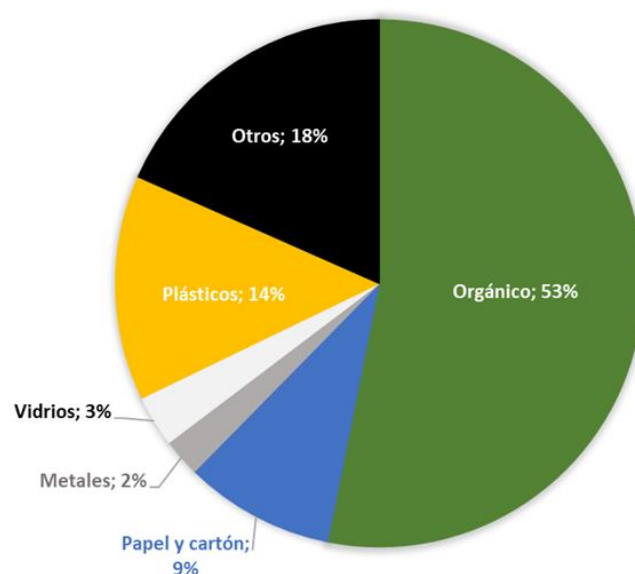
Con base en el número de usuarios del servicio público de aseo, según su estrato, en área urbana, se calculó la composición física promedio de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Ibagué.

**Tabla 8. Porcentajes de generación de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué según el tipo de residuo**

Fracción	Porcentaje
Orgánico	53,1 %
Papel/cartón	9,2 %
Metales	2,3 %
Vidrios	3,1 %
Plásticos	13,8 %
Otros	18,4 %
<b>Total</b>	<b>100,0 %</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

**Figura 17. Porcentajes de generación de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué según el tipo de residuo**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

De acuerdo con estos porcentajes, en la siguiente tabla se presenta la generación anual por tipo de residuo en el año 2021.

**Tabla 9. Porcentajes de generación de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué según el tipo de residuo**

Fracción	Porcentaje	t/año
Orgánico	53,1 %	93 043
Papel/cartón	9,2 %	16 118
Metales	2,3 %	4090
Vidrios	3,1 %	5513
Plásticos	13,8 %	24 141
Otros	18,4 %	32 163
<b>Total</b>	<b>100,0 %</b>	<b>175 069</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Durante el desarrollo del presente estudio, en noviembre 2022, el municipio facilitó los «parámetros línea base 2021» del PGIRS. En este documento hay dos puntos (10 y 62) donde se señala la generación de residuos sólidos en Ibagué, sin embargo, los datos difieren en ambos casos; se indican 164 886,62 toneladas y 193 256,59 toneladas, respectivamente. Debido a esta diferencia, para el presente estudio se decidió utilizar directamente la información reportada en el SUI.

## 5.2.2 Recolección de residuos sólidos

### 5.2.2.1 Aspectos generales de la recolección de residuos sólidos

En Ibagué, la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos no aprovechables está a cargo de la empresa Interaseo. Además, esta empresa presta los servicios de barrido y limpieza de áreas públicas, corte de césped, poda de árboles, lavado de áreas públicas y disposición final.

Según lo establecido en los «parámetros línea base 2021» proporcionados por el municipio de Ibagué, la cobertura del servicio de aseo es del 100 % en el área urbana. En la siguiente tabla se presenta el número de usuarios del servicio público de aseo en el área urbana, a corte de diciembre 2021.

**Tabla 10. Usuarios del servicio de aseo en el área urbana (a corte diciembre 2021)**

Tipo de uso	Usuarios
<b>Residencial</b>	
Estrato I	29 508
Estrato II	82 947
Estrato III	49 472
Estrato IV	22 989
Estrato V	3183
Estrato VI	732



Tipo de uso	Usuarios
<b>Subtotal residencial</b>	<b>188 831</b>
<b>No residencial</b>	
Comercial	12 516
Industrial	1240
Oficial	438
<b>Subtotal no residencial</b>	<b>14 194</b>
<b>Total</b>	<b>203 025</b>

Fuente: «Parámetros línea base 2021», Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo, Alcaldía Municipal de Ibagué.

### 5.2.2.2 Recolección por parte de población recicladora

Según reporta la línea base del PGIRS actualizada por la Alcaldía en Ibagué, la cantidad total de recicladores y recicladoras de oficio es 620, de los cuales 327 pertenecían formalmente a alguna organización de recicladores y recicladoras, según el censo desarrollado en 2021. Cabe señalar que para el presente análisis de potencial no fue posible acceder al censo de recicladores y recicladoras mencionado en la línea de base PGIRS.

En total, según la información levantada durante el presente estudio, existen en Ibagué 17 ORO registradas ante la SSPD; sin embargo, solo cinco están reconocidas por la Alcaldía. Estas son:

- Cooperativa Multiactiva de Recuperadores del Tolima (COORESUNTOL)
- Asociación de Recicladores Los Pijaos
- Asociación de Recicladores de Oficio de Ibagué (ASOREANC)
- Asociación de Recicladores del Tolima - Opción de Vida
- Renacer

En cuanto a las dinámicas y organización de la recolección selectiva —y según lo indicado en la línea de base PGIRS—, los recicladores y recicladoras de oficio que están en proceso de formalización se encuentran construyendo y ajustando las macro y microrutas de la actividad (según los términos y plazos establecidos en el Decreto 596 y la Resolución 276 de 2016), aunque no existe actualmente información concreta sobre cobertura de rutas selectivas.

En cuanto a frecuencia de recolección selectiva, según información proveniente de prestadores de la actividad de aprovechamiento en 2021, esta se realiza en promedio seis veces por semana.

## 5.3 Segundo eslabón: clasificación y pretratamiento de los residuos reciclables

El segundo eslabón de la cadena de valor abarca las actividades de clasificación y pretratamiento de los residuos sólidos reciclables en el contexto del servicio público de aseo. Estas son realizadas por empresas públicas, privadas y/u ORO a través de sus ECA; igualmente, aquí también se incluye a los intermediarios o mayoristas, quienes juegan un rol muy importante en la cadena de valor.

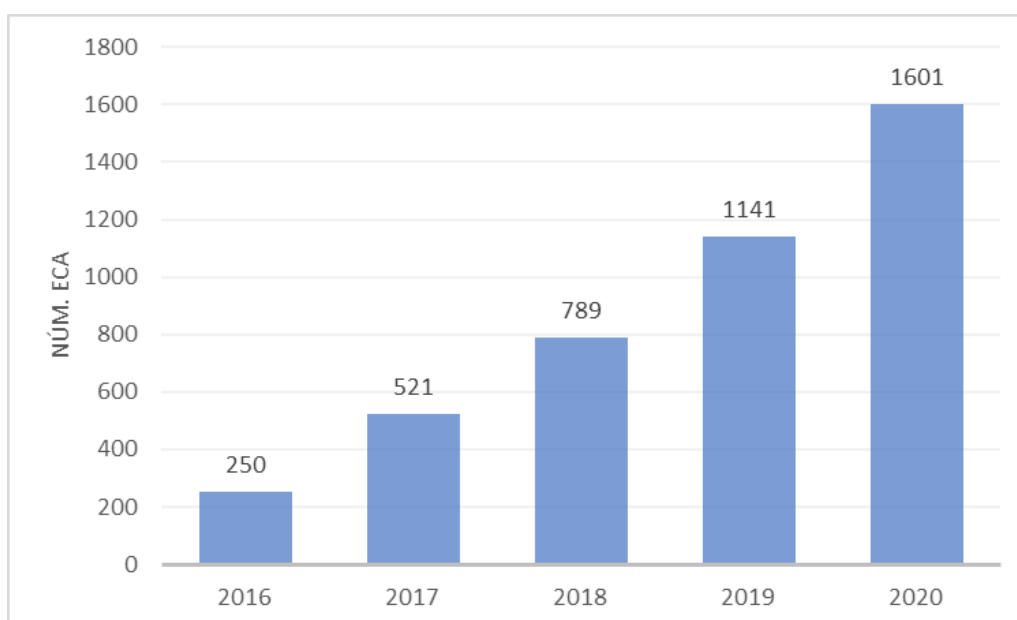
A continuación se describen los componentes de este segundo eslabón, incluyendo actores relevantes, capacidades instaladas y cantidades gestionadas, así como las iniciativas en desarrollo y el potencial de crecimiento.

### 5.3.1 Estaciones de clasificación y aprovechamiento a nivel nacional

La clasificación y el pretratamiento de los residuos sólidos reciclables generados y recolectados en el primer eslabón (generación y recolección) se lleva a cabo mayoritariamente en las estaciones de clasificación y aprovechamiento, conocidas como ECA. Las ECA son instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería y eficiencia económica que están dedicadas al pesaje y la clasificación de los residuos sólidos reciclables, mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos. Los requisitos que deben cumplir las ECA se establecen en el Decreto 596 de 2016 («Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones»).

De acuerdo con el *Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2020* de la SSPD, a corte de 2020, se contaba a nivel nacional con 1601 ECA operativas, registradas por 608 prestadores, con un promedio de **2.6 ECA por prestador**.

**Figura 18. Reporte de estaciones de clasificación y aprovechamiento a nivel nacional**



Fuente: SSPD, 2020.

Como se observa en el gráfico anterior, el número de ECA operativas inscritas ha crecido de manera constante desde el año 2016, cuando se inicia el reporte de la información en SUI. En cuanto a la capacidad operativa de las ECA, la mayoría (68 %) tiene una capacidad operativa menor a 300 toneladas/mes, mientras que solo el 2 % tiene una capacidad superior a las 1500 toneladas/mes, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 11. Distribución de ECA por capacidad operativa**

Capacidad operativa (t/mes)	Número de ECA
<300	1110
300-600	288
600-900	85
900-1200	48
1200-1500	25
>1500	45

Fuente: SSPD, 2020.

De acuerdo con el *Informe final de caracterización de organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización* (SSPD, 2017), el tamaño promedio de las ECA es de 423 metros cuadrados. En este mismo informe se menciona que menos del 15 % de las organizaciones de recicladores son propietarias de la ECA, mientras que el 50 % de las organizaciones paga arriendo en su bodega principal.

A corte del 2020, se cuenta con registro de por lo menos una ECA en 28 departamentos y 166 municipios. La siguiente tabla presenta los municipios con mayor número de ECA registradas. Allí se observa que Ibagué concentra el 0,9 % de las ECA registradas a nivel nacional.

Tabla 12. Municipios con mayor número de ECA registradas

Departamento	Número de ECA	Porcentaje sobre el total
Bogotá D.C.	767	47,9 %
Soacha	87	5,4 %
Cali	59	3,7 %
Medellín	56	3,5 %
Barranquilla	50	3,1 %
Montería	30	1,9 %
Villavicencio	27	1,7 %
Chía	20	1,2 %
Yopal	19	1,2 %
Cartagena de Indias	18	1,1 %
Barrancabermeja	15	0,9 %
Cúcuta	15	0,9 %
<b>Ibagué</b>	<b>14</b>	<b>0,9 %</b>
Pereira	12	0,7 %
Bello	12	0,7 %
Santa Marta	10	0,6 %
Tunja	10	0,6 %
Sincelejo	10	0,6 %
Otros	370	23,1 %
<b>Total</b>	<b>1601</b>	<b>100 %</b>

Fuente: SSPD, 2020.

La mayor parte de las ECA registradas ante la SSPD se encuentran en la misma localidad o comuna de recolección. Esto responde a la dinámica del mercado, dado que las personas recicladoras utilizan principalmente vehículos de tracción humana para hacer la recolección del material y, evidentemente, cubren áreas más pequeñas que cuando se emplean vehículos motorizados (SSPD, 2017).

Cabe mencionar que las ECA no solo gestionan el material posconsumo proveniente de las actividades domésticas y comerciales que es descartado o separado al terminar su periodo de vida útil, sino que también gestionan material posindustrial originado en las diferentes operaciones de manufactura.

Con respecto a las actividades o tratamientos que se realizan en las ECA, corresponden principalmente a procesos físicos sencillos tales pesaje, clasificación, acondicionamiento, empaque y almacenamiento; estos se listan en la siguiente tabla por tipo de material. El 85 % de las organizaciones realiza actividades de almacenamiento, clasificación y pesaje, mientras que las actividades que implican valor agregado, como compactación y pretransformación (p. ej. lavado, trituración, preparación de *flakes*, entre otros), son realizadas en menor proporción, 32 % y 7 % respectivamente. La actividad de aprovechamiento realizada por las organizaciones de recicladores de oficio no logra llegar a eslabones más avanzados de la cadena de comercialización, como la industria intermedia y la industria final (SSPD, 2017).

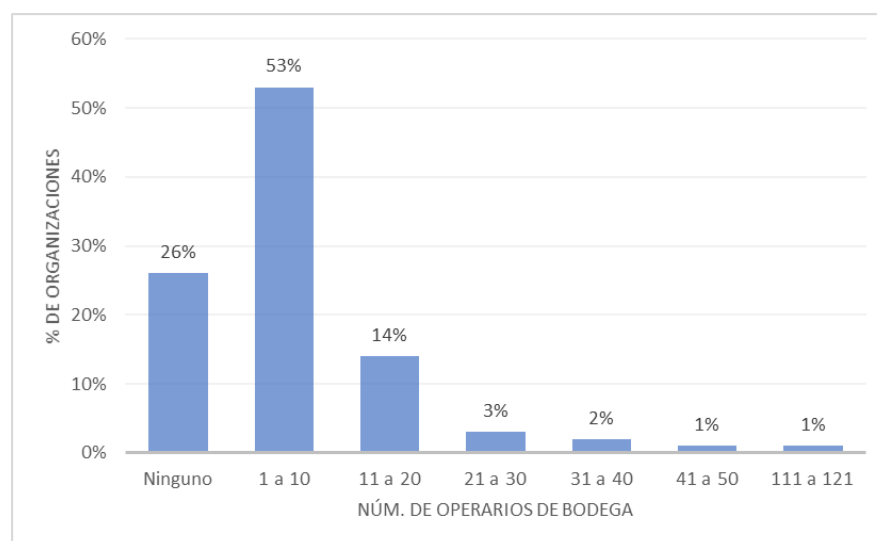
**Tabla 13. Principales actividades realizadas en las ECA por tipo de material**

Plásticos	Celulosas
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pesaje</li> <li>■ Clasificación por colores y tipo de material (PET, PEAD, PEBD, etc.)</li> <li>■ Limpieza</li> <li>■ Retiro de tapa, etiqueta y anillo de las botellas</li> <li>■ Compactación</li> <li>■ Eventualmente: picado, aglutinado y peletizado</li> <li>■ Almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pesaje</li> <li>■ Separación por colores y tipo de material (periódico, cartón plegadisa, archivo, etc.)</li> <li>■ Compactación</li> <li>■ Almacenamiento</li> </ul>
Metales	Vidrio
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pesaje</li> <li>■ Clasificación por tipo de material</li> <li>■ Eliminación de otros materiales como madera y plásticos</li> <li>■ Limpieza</li> <li>■ Compactación</li> <li>■ Almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pesaje</li> <li>■ Separación por colores</li> <li>■ Trituración</li> <li>■ Almacenamiento</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con base en el *Informe sectorial de la actividad de aprovechamiento* (SSPD, 2019).

Para llevar a cabo estos tratamientos, las organizaciones de recicladores y recicladoras cuentan con operarios de bodega. Este es un grupo reducido, ya que cerca del 80 % de las organizaciones tiene menos de diez operarios de bodega (SSPD, 2017), como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 19. Número de operarios de bodega**



Fuente: SSPD, 2017.

De acuerdo con el *Informe final de caracterización de organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización* (SSPD, 2017), el transporte de los residuos recuperados

desde la ECA hasta el comprador final está a cargo de la organización de recicladores en el 57 % de los casos (58 % en municipios pequeños), mientras que el 43 % restante lo realiza el comprador, aunque estas modalidades cambian dependiendo del material. Cuando la organización es la que transporta el material, en el 97 % de los casos se utilizan vehículos motorizados. Esto implica que aquellas organizaciones que carecen de vehículos tienen que contratar este servicio o deben restringir el tamaño de su mercado, reduciéndolo al de los agentes que transporten el material comprado.

De acuerdo con cálculos del DNP en 2018, instalar una ECA que cumpla todos los requisitos mínimos de operación deseados, en zona urbana, de mínimo 900 m<sup>2</sup> requiere una inversión aproximada de 1200 millones de pesos, sin incluir el terreno (DNP, 2018). Sin embargo, los tipos de instalaciones varían mucho en capacidad y tecnificación, por lo que la inversión inicial puede estar muy por debajo de ese valor.

El DNP calcula también que se requieren cuatro meses para llevar a cabo los procedimientos requeridos para el montaje de la planta. Adicionalmente, el proceso de formalización ante la SSPD está estructurado en fases progresivas, y muchas de las empresas que reportan toneladas aún se encuentran en las primeras etapas del proceso. Esto no ha impedido hasta ahora el pago de toneladas aprovechadas.

### **5.3.2 Estaciones de clasificación y aprovechamiento en Ibagué**

De acuerdo con la información levantada durante la realización del presente estudio, existen en Ibagué 17 ECA, de las cuales solamente cinco están reconocidas por la Alcaldía de Ibagué. Estas 5 ECA pertenecen a las siguientes ORO:

- Cooperativa Multiactiva de Recuperadores del Tolima (COORESUNTOL)
- Asociación de Recicladores Los Pijaos
- Asociación de Recicladores de Oficio de Ibagué (ASOREANC)
- Asociación de Recicladores del Tolima Opción de Vida
- Renacer

Durante el desarrollo del presente estudio se realizaron entrevistas con cuatro de estas cinco organizaciones: COORESUNTOL, Asociación de Recicladores Los Pijaos, ASOREANC y Opción de Vida. A continuación se presenta la información más relevante respecto al segundo eslabón de la cadena de valor obtenida de dichas entrevistas.

Los materiales reciclables que se gestionan en estas ECA son plásticos, papel, cartón, metales, vidrio y Tetra Pak, y los volúmenes gestionados están entre las 20 y 100 toneladas por mes por ECA. En todas las ECA se realizan los procesos de pesaje, clasificación y comercialización, y de las cuatro ECA mencionadas, el 50 % cuenta con compactadoras para realizar también el proceso de compactación de los materiales reciclables clasificados. Con respecto a la comercialización de los materiales clasificados obtenidos, todas indicaron que mayoritariamente venden el material a intermediarios locales; solo una de las cuatro ORO entrevistadas indicó que comercializaron algunos materiales fuera de Ibagué, en Bogotá.

Finalmente, es importante mencionar que estas ORO indicaron que si bien en Ibagué existen alrededor de 15 AdR en total, la Alcaldía solo reconoce a las cinco mencionadas al inicio de este apartado. Asimismo, varias de las ORO entrevistadas comentaron que tienen algunos inconvenientes por retrasos con los pagos por la tarifa de aprovechamiento por parte de la empresa Interaseo.

A continuación se presentan algunas imágenes de estas ECA.



**Imagen 1. Residuos reciclables en ECA de ASOREANC**



**Imagen 2. Residuos reciclables en ECA de ASOREANC**



**Imagen 3. ECA de ASOREANC**



**Imagen 4. ECA de ASOREANC**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

**Imagen 5. Residuos reciclables en ECA de COORESUNTOL**



**Imagen 6. Residuos reciclables en ECA de COORESUNTOL**



**Imagen 7. Prensa compactadora en ECA de COORESUNTOL**



**Imagen 8. Prensa compactadora en ECA de COORESUNTOL**



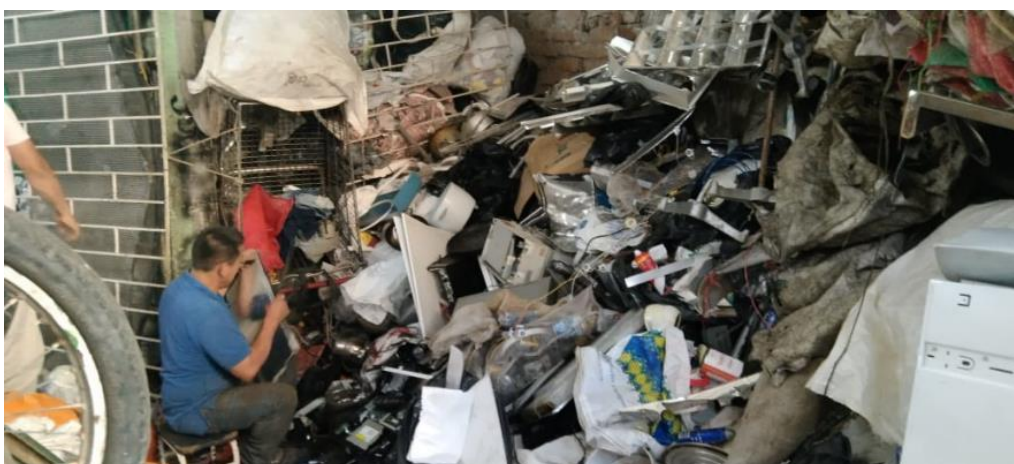
Fuente: GOPA Infra, 2022.



**Imagen 9. Residuos reciclables en ECA de Opción de Vida**



**Imagen 10. Residuos reciclables en ECA de Opción de Vida**



**Imagen 11. Residuos reciclables en ECA de Opción de Vida**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

### 5.3.3 Cantidades de residuos reciclables gestionados en las estaciones de clasificación y aprovechamiento

De acuerdo con la información reportada en el Sistema Único de Información (SUI), los volúmenes de residuos aprovechados por las ECA en Ibagué desde el año 2018 hasta agosto del 2022 son los siguientes:

**Tabla 14. Residuos aprovechados por las ECA en Ibagué**

Año	Cantidad (t/año)	Cantidad (t/mes)
2018	2298	191
2019	5199	433
2020	7663	639
2021	5932	494
2022 (hasta agosto)	1845	154

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022.

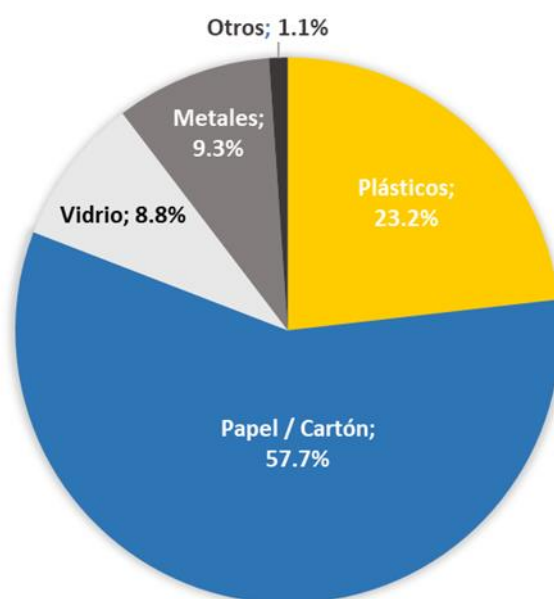
Por otro lado, de acuerdo con los datos reportados para los años 2018, 2019 y 2020 en el SUI, la distribución de los residuos aprovechados por tipo de material es la siguiente:

**Tabla 15. Residuos aprovechados por las ECA en Ibagué**

Tipo de material	Año 2018		Año 2019		Año 2020	
	t/año	Porcentaje	t/año	Porcentaje	t/año	Porcentaje
Plásticos	360	15,7 %	985	18,9 %	1778	23,2 %
Papel/cartón	1442	62,7 %	3049	58,6 %	4418	57,7 %
Metales	227	9,9 %	714	13,7 %	710	9,3 %
Vidrio	73	3,2 %	305	5,9 %	672	8,8 %
Madera	0	0,0 %	1,4	0,0 %	12	0,2 %
Textiles	197	8,6 %	146	2,8 %	73	0,9 %
<b>Total</b>	<b>2298</b>	<b>100,0 %</b>	<b>5199</b>	<b>100,0 %</b>	<b>7663</b>	<b>100,0 %</b>

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022.

Como se puede observar en la tabla previa, en el año 2018 se reportó una cantidad elevada de textiles aprovechados por parte de las ECA, que disminuyó considerablemente los años siguientes. Por lo tanto, para el presente análisis, el cálculo de la composición promedio de los residuos reciclables gestionados por las ECA se realizó considerando exclusivamente el año 2020, pues se considera el más representativo para la realidad del año 2021.

**Figura 20. Composición promedio de los residuos reciclables gestionados por las ECA**

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022.

Como se puede observar, los residuos reciclables que más se aprovechan en Ibagué son el papel y el cartón, seguidos por los plásticos. Si se considera esta distribución como válida y se aplica para el total de los residuos reciclables aprovechados durante el año 2021, se obtiene la siguiente información:

**Tabla 16. Cantidades de materiales reciclables gestionados en las ECA en el año 2021**

Tipo de material	Ton/año	Porcentaje
Papel y cartón	3420	57,7 %
Plásticos	1376	23,2 %
Metales	550	9,3 %
Vidrio	520	8,8 %
Otros (madera y textiles)	66	1,1 %
<b>Total</b>	<b>5932</b>	<b>100,0 %</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Tal como se mencionó en el ítem 2.1 («Definiciones y principales características de los residuos reciclables y orgánicos»), los residuos reciclables objeto del presente estudio son plásticos, papel, cartón, metales y vidrio; no se consideran la madera y los textiles. Por lo tanto, el volumen total aprovechado para los residuos reciclables objeto del presente estudio en el año 2021 se estima en 5866 toneladas.

Al comparar estos valores con los de ciudades como Bogotá y Cúcuta (donde se realizó el mismo estudio), se observa que en Bogotá la cantidad de residuos reciclables gestionados en las ECA en el año 2019 fue 323 241 toneladas; de estas, el papel y el cartón representaban el 36,8 %, los plásticos el 42 %, el vidrio el 19,3 % y los metales el 1,9 %. Como se puede ver, en el caso de Bogotá el plástico es el residuo con la mayor tasa de aprovechamiento. En el caso de Cúcuta, durante el año 2021 se gestionaron 7562 toneladas de residuos reciclables en las ECA, y allí el papel y cartón representaban el 63 %,

los plásticos el 27 %, los metales el 7 % y el vidrio el 3 %. Estos porcentajes son similares a los reportados para Ibagué.

#### 5.3.4 Intermediarios o mayoristas

Se identificó una actividad muy importante antes de la valorización y luego de la fase de clasificación y pretratamiento: la intermediación ejecutada por los intermediarios o mayoristas (también conocidos como bodegueros o chatarreros) entre las ECA y la industria transformadora.

Debido a las limitaciones tecnológicas, de almacenamiento y financieras que tienen la mayoría de ORO, en muchos casos les resulta complejo vincularse directamente con la industria transformadora, lo que ha promovido la aparición de intermediarios que sí tienen las capacidades para cumplir con los requerimientos de esta industria. Así, se estima que el 43 % del material que sale de las organizaciones de recicladores se vende a los intermediarios o mayoristas. Los intermediarios se encargan de acopiar en grandes volúmenes los diferentes materiales reciclables y realizan principalmente las actividades que las ECA no pueden llevar a cabo por las limitaciones previamente mencionadas, como acondicionamiento, empaque y transporte del material recuperado hasta la industria transformadora.

Teniendo en cuenta que son muchos los recicladores asociados a las organizaciones que subsisten del ingreso diario por la comercialización de materiales, las organizaciones de recicladores que gestionan las ECA requieren flujo de caja constante. Así, los intermediarios pagan de contado o de forma rápida. Algunas veces estos también se encargan de recoger el material en las ECA o asumen el costo del transporte, y la ubicación no suele ser tan distante.

En resumen, la gran importancia que tienen los intermediarios está ligada a la poca capacidad técnica y financiera con la que cuentan la mayoría de las organizaciones de reciclaje. Solo algunos pocos de las ORO logran proveer a la industria los volúmenes de material posconsumo requeridos y soportar la operación con pagos a 15 o 30 días, mientras cubren también los costos de operación, como el pago a recicladores de manera diaria.

A continuación se listan los intermediarios o mayoristas identificados en Ibagué durante el desarrollo del presente estudio. De acuerdo con la información levantada, estos intermediarios comercializan los materiales mayoritariamente en las ciudades Bogotá y Cali, con empresas como Cartón de Colombia, Peldar y Diaco.

**Tabla 17. Lista de intermediarios en Ibagué**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Recicladora del Tolima</li> <li>RECURPLASS S.A.S.</li> <li>Asociación de Recicladores El Bunde</li> <li>ART Ecológica</li> <li>Asociación de Recicladores Los Ocobos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asociación Ambiental Nacional de Recicladores</li> <li>Arcanas Trading CO ESP Tolima</li> <li>Asociación Corporativa Recicladores de Ibagué</li> <li>KAIZ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asociación de Recicladores del Tolima Limpia</li> <li>Fundación Progresando Juntos Por Colombia</li> <li>J &amp; J</li> <li>ECORED</li> </ul>
--	---	--

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Durante el desarrollo del presente estudio se realizaron entrevistas con Recicladora del Tolima y Recurplass S.A.S. Recicladora del Tolima recupera aproximadamente 12 t/mes



de chatarra, que comercializa con la empresa Diaco. Los procesos que realiza son clasificación, compactación, acopio y comercialización.

Por su parte, Recurplass S.A.S. es una empresa familiar que nació hace 16 años en Bogotá. Se dedica principalmente a la comercialización de materiales plásticos recuperados y su mayor cliente es ENKA de Colombia, con quien comercializan aproximadamente 40 t/mes de PET posconsumo. Además, también comercializan PEAD, PEBD y PP. Sus clientes hacen parte directamente de la industria transformadora, no tienen intermediarios, y la mayor parte de ellos se encuentran en Antioquia, aunque también venden el material a clientes ubicados en ciudades como Bogotá y Cali. Cuentan con cuatro sedes a nivel nacional localizadas en Pereira (Dos Quebradas), Antioquia (Girardota), Boyacá (Sogamoso) y Tolima (Ibagué), con un total de 35-40 trabajadores. En la sede de Pereira realizan actividades de pretransformación, como lavado y molido de los residuos plásticos.

La sede de Ibagué se instaló hace aproximadamente dos años, y allí reciben residuos plásticos de entre 10 y 12 municipios del Tolima. El 50 % del material es comprado a las ORO, mientras que el otro 50 % proviene de intermediarios. Los procesos que realizan en esta sede son clasificación, limpieza, descontaminación y compactación. Para esto cuentan con tres trabajadores y los siguientes equipos: una banda transportadora, una prensa compactadora de 70 t de presión y dos montacargas. En total, en la sede de Ibagué procesan aproximadamente 18 t/mes de residuos plásticos.

**Imagen 12. Instalaciones de Recurplass S.A.S. en Ibagué**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

**Imagen 13. Residuos reciclables en las instalaciones de Recurplass S.A.S. en Ibagué**

Fuente: GOPA Infra, 2022.

**Imagen 14. Banda transportadora en las instalaciones de Recurplass S.A.S. en Ibagué**

Fuente: GOPA Infra, 2022.

### 5.3.5 Precios de venta de los materiales

Con base en la información proporcionada por las ORO se estimaron los precios promedio de comercialización de los materiales reciclables para Ibagué. Cabe destacar que esta variable (precio) es la que más influye en la distribución por tipo de material que gestionan las instalaciones de clasificación y pretratamiento. Además, es reconocida como la señal de mercado más importante para guiar las decisiones de recolección y pretratamiento del material.

**Tabla 18. Precios promedio de comercialización de materiales reciclables**

Descripción		Precio de venta octubre 2022 (pesos/kg)
Plásticos	PET transparente	1900
	PET color	700
	Pasta	1700

Descripción		Precio de venta octubre 2022 (pesos/kg)
	Plástico bolsa	1200
Celulosas	Papel	1300
	Cartón	1050
Vidrio	Vidrio	90
Metales	Chatarra	1100
	Aluminio	4000
	Cobre rojo	26 000
	Bronce	13 000
	Acero inoxidable	4000

Fuente: GOPA Infra, 2022.

La mayoría de los precios indicados corresponden a los precios que los intermediarios pagan a las ORO. Tal como se mencionó previamente, si los materiales son vendidos directamente a la industria transformadora, los precios de venta pueden ser mejores.

Adicionalmente, a partir de fuentes secundarias se consultó la evolución de los precios de las materias primas a nivel local e internacional. A nivel local se obtuvo información de la «Encuesta de precios del mercado de reciclaje en Colombia» de Acoplásticos, específicamente para las materias primas de plásticos, celulosas, vidrio y metales, durante el periodo 2020-2022. A nivel internacional la información fue consultada de las bases de datos económicas del Banco de St. Louis de la Reserva Federal de Estados Unidos<sup>18</sup> (respecto a plástico reciclado, cartón y papel reciclados, vidrio, chatarra de materiales ferrosos y aluminio reciclados), con el fin de revisar la consistencia en el comportamiento de los precios nacionales e internacionales.

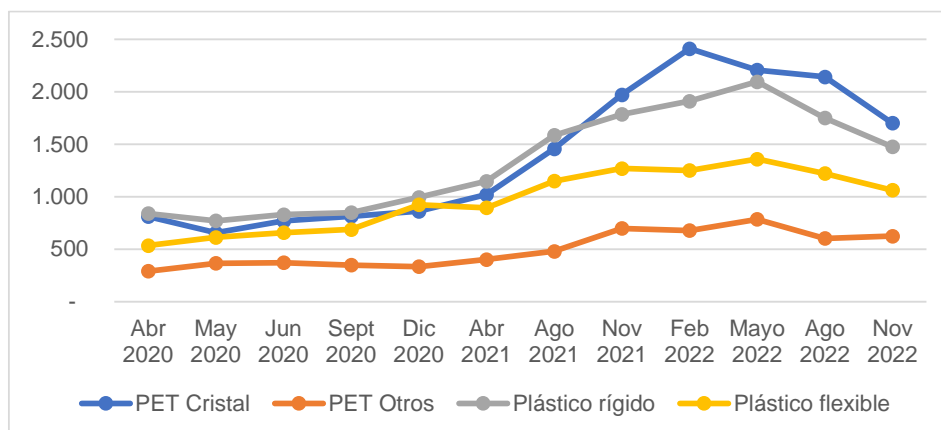
### 5.3.5.1 Plásticos

La siguiente figura muestra la evolución del precio por kilogramo (peso colombiano/kg) promedio de los plásticos a nivel nacional durante 2020-2022 para las categorías PET cristal, PET otros, plástico rígido y plástico flexible. Para el periodo de análisis, el precio del PET cristal se incrementó un 110 %, al pasar de 810 COP/kg en abril de 2020 a 1701 COP/kg en noviembre de 2022. El PET otros tuvo un incremento de 115 % (290 COP/kg a 624 COP/kg en el mismo periodo), el plástico rígido de 76 % (840 COP/kg a 1476 COP/kg) y el plástico flexible de 99 % (535 COP/kg a 1062 COP/kg). Como se puede observar en la gráfica, en general los precios comenzaron a incrementar a partir de diciembre de 2020 y alcanzaron los mayores picos entre febrero y mayo del 2022; a partir de mayo se ha presentado una tendencia decreciente, aunque aún no alcanzan los niveles de inicios de 2020.

<sup>18</sup> Las bases de datos del Banco de St. Louis contienen información de los precios de diferentes materias primas.



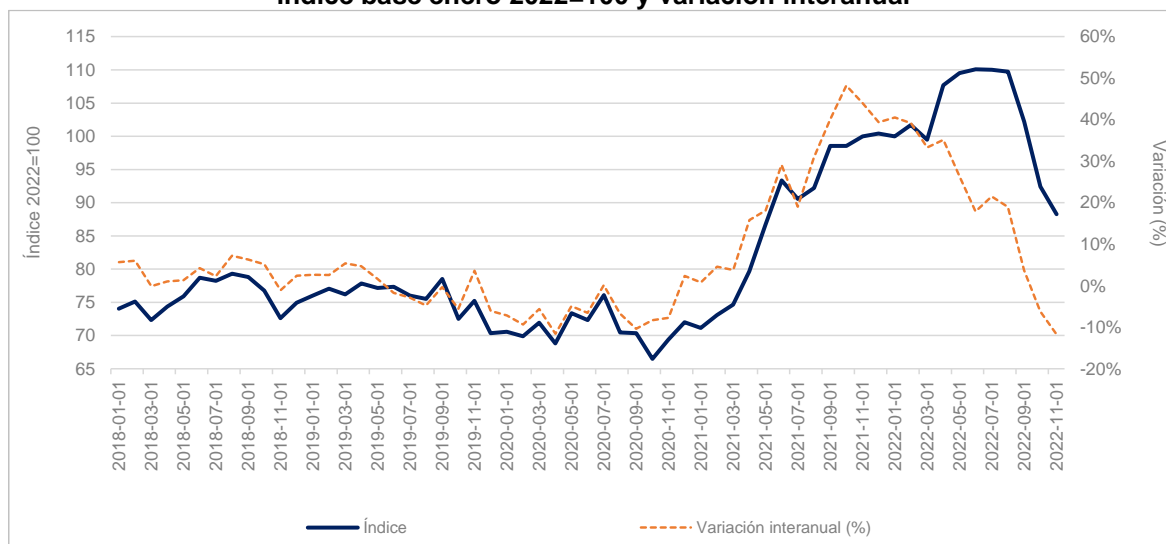
**Figura 21. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de plástico. Promedio nacional Colombia (abril 2020-noviembre 2022)**



Fuente: Acoplásticos, 2022a.

Para el caso específico de los plásticos reciclados, la evolución de los precios de compra de material sigue muy de cerca la dinámica de los precios del mercado internacional, la cual es presentada en la siguiente figura. Mientras que en 2020 la variación mensual interanual promedio del índice de precios fue del -6 %, en 2021 se observó un gran incremento en el índice de precios, que presentó variaciones mensuales promedio del 24 %. En 2022 la tendencia fue similar a la de 2021, con variaciones mensuales promedio del 21 % (cálculo con base en la información de lo corrido del año 2022, entre enero y noviembre).

**Figura 22. Índice de precios de las materias primas para plásticos reciclados (2018-2022)**  
Índice base enero 2022=100 y variación interanual



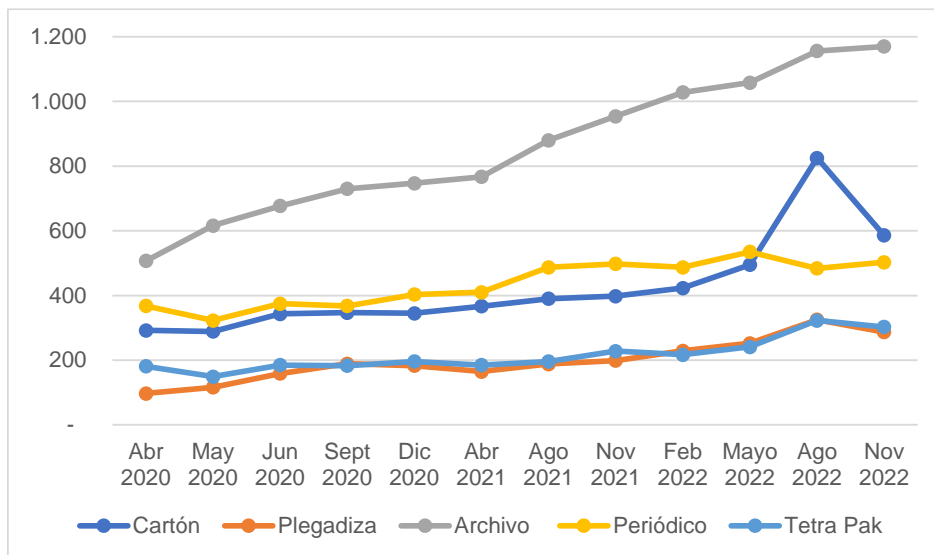
Fuente: cálculos propios basados en datos del Banco de St. Louis, 2022, Reserva Federal de Estados Unidos.

### 5.3.5.2 Celulosas

La siguiente figura muestra la evolución del precio (peso colombiano/kg) promedio de las celulosas a nivel nacional durante 2020-2022, para las categorías cartón, plegadiza, archivo, periódico y Tetra Pak. Para el periodo de análisis, el precio del cartón se incrementó un 101 %, al pasar de 292 COP/kg en abril de 2020 a 586 COP/kg en noviembre de 2022. La plegadiza incrementó en un 196 % (97 COP/kg a 287 COP/kg en el mismo

periodo), el archivo un 131 % (507 COP/kg a 1170 COP/kg), el periódico un 37 % (368 COP/kg a 503 COP/kg), y el Tetra Pak un 67 % (181 COP/kg a 303 COP/kg).

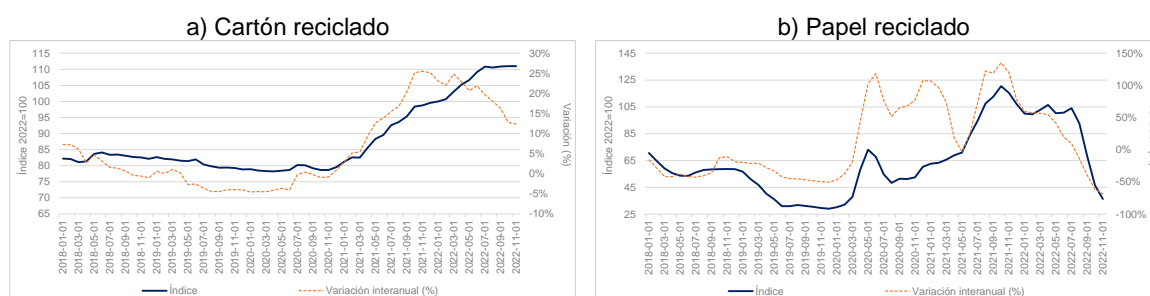
**Figura 23. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de celulosas. Promedio nacional Colombia (abril 2020-noviembre 2022)**



Fuente: Acoplásticos, 2022a.

La evolución de los precios de compra de material reciclable de cartón y papel en el mundo se presenta en la siguiente figura. La variación mensual interanual promedio del índice de precios del cartón reciclado (a) en 2020 fue del -2 %; en 2021, del 15 %; y en 2022, del 20 % (en lo corrido del año, entre enero y noviembre). La variación mensual interanual promedio del índice de precios del papel reciclado (b) en 2020 fue del 51 %; en 2021, del 80 %; y en 2022, del 21 % (en lo corrido del año). Así, mientras que el índice de precios de cartón reciclado ha seguido una tendencia con crecimiento más estable desde el 2020, el índice de precios del papel reciclado ha presentado mayor volatilidad.

**Figura 24. Índice de precios de las materias primas cartón y papel reciclado (2018-2022)**  
Índice base enero 2022=100 y variación interanual

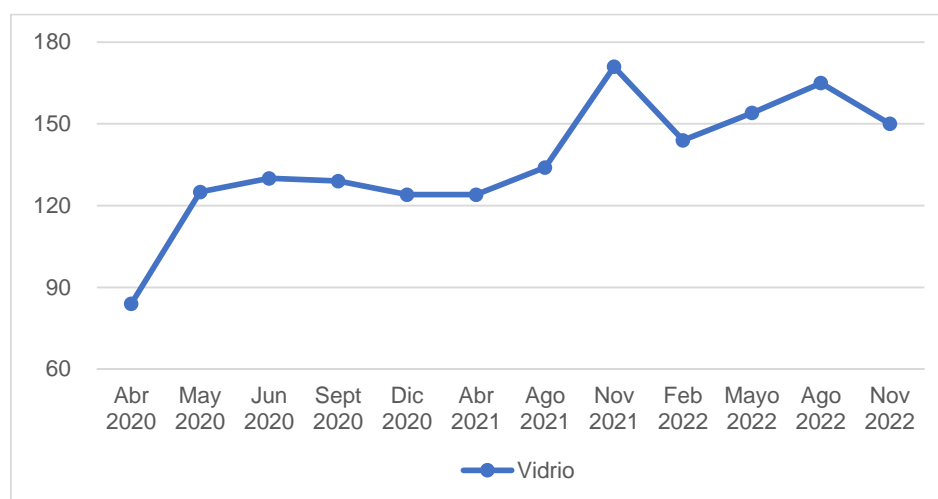


Fuente: cálculos propios basados en datos del Banco de St. Louis, 2022, Reserva Federal de Estados Unidos.

### 5.3.5.3 Vidrios

La siguiente figura muestra la evolución del precio (peso colombiano/kg) promedio del vidrio a nivel nacional durante 2020-2022. Para el periodo de análisis, el precio de este material se incrementó un 79 %, al pasar de 84 COP/kg en abril de 2020 a 150 COP/kg en noviembre de 2022.

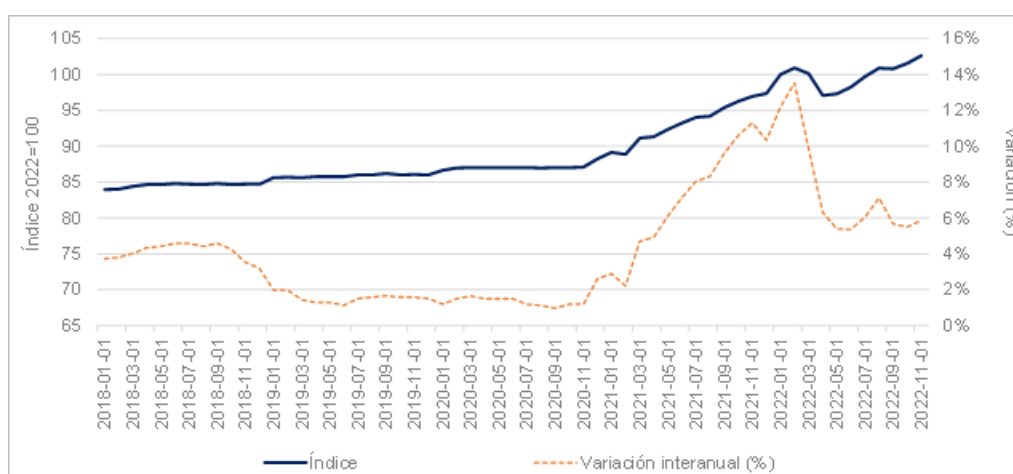
**Figura 25. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de vidrio. Promedio nacional Colombi (abril 2020-noviembre 2022)**



Fuente: Acoplásticos, 2022a.

Para el caso de vidrio reciclado, este índice fue descontinuado desde 2015. Por lo tanto, se realizó el análisis con la producción de vidrio. En la siguiente figura se muestra la evolución de los precios internacionales del vidrio, donde se observa que la variación mensual interanual promedio del índice de precios en 2020 fue del 1 %; en 2021, del 7 %; y en 2022, del 8 % (en lo corrido del año, entre enero y noviembre).

**Figura 26. Índice de precios de las materias primas de vidrio (2018-2022)**  
Índice base enero 2022=100 y variación interanual



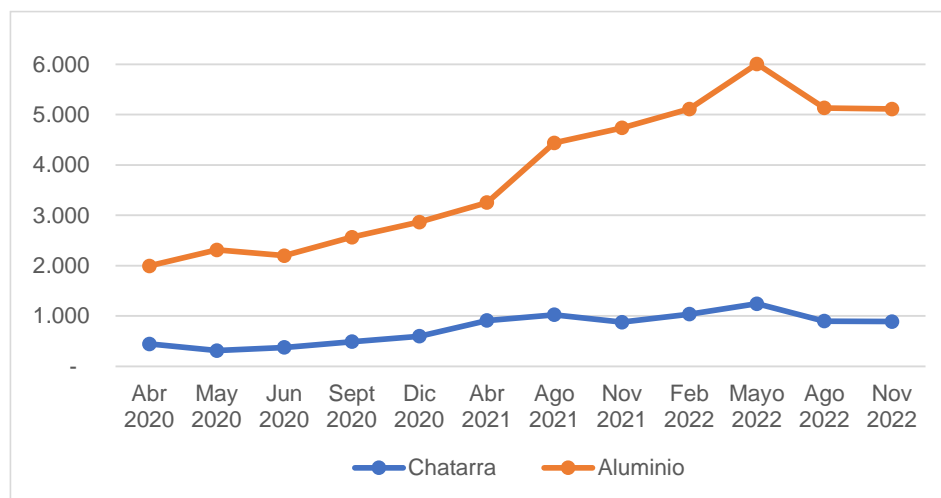
Fuente: cálculos propios basados en datos del Banco de St. Louis, 2022, Reserva Federal de Estados Unidos.

### 5.3.5.4 Metales

La siguiente figura muestra la evolución del precio (peso colombiano/kg) promedio de metales a nivel nacional durante 2020-2022, específicamente para las categorías chatarra y aluminio. Para el periodo de análisis, el precio de la chatarra se incrementó un 99 %, al pasar de 446 COP/kg en abril de 2020 a 888 COP/kg en noviembre de 2022, y el aluminio un 157 %, al pasar de 1993 COP/kg a 5113 COP/kg en el mismo periodo.



**Figura 27. Evolución de los precios promedio de comercialización de materiales de metales. Promedio nacional Colombia (abril 2020-noviembre 2022)**

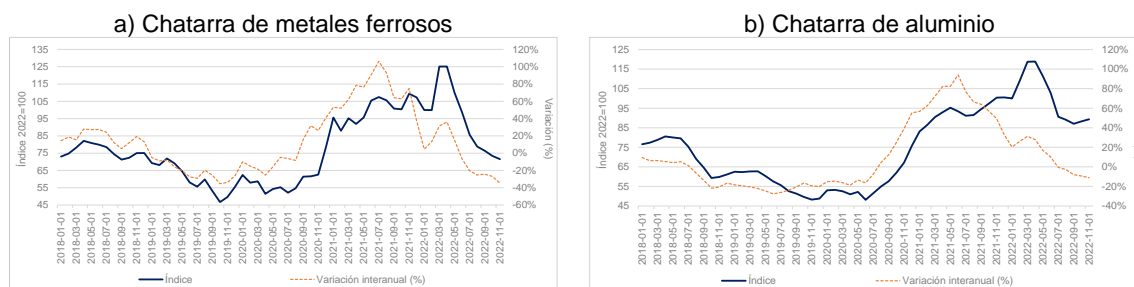


Fuente: Acoplásticos, 2022a.

La evolución de los precios de compra de material reciclable de chatarra de metales ferrosos y aluminio en el mundo se presenta en la siguiente figura. La variación mensual interanual promedio del índice de precios de la chatarra de metales ferrosos (a) en 2020 fue del 1 %; en 2021, del 71 %; y en 2022 del -3 % (en lo corrido del año). Por su parte, la variación mensual interanual promedio del índice de precios de la chatarra a base de aluminio (b) en 2020 fue del 3 %; en 2021 del 66 %; y en 2022 del 9 % (en lo corrido del año).

**Figura 28. Índice de precios de las materias primas chatarra de metales ferrosos y aluminio (2018-2022)**

**Índice base enero 2022=100 y variación interanual**



Fuente: cálculos propios basados en datos del Banco de St. Louis, 2022, Reserva Federal de Estados Unidos.

Es importante resaltar que en la mayoría de los *commodities* analizados, así como en el resto de la economía, el comportamiento de los precios internacionales en 2020 mostró importantes incrementos producto de las expectativas inciertas por la evolución de la pandemia del COVID-19 y los problemas para suministrar el material requerido por las medidas de contención de la pandemia, entre otros factores. Asimismo, a finales del segundo semestre de 2020 los precios comenzaron a registrar aumentos cada vez mayores con respecto al mismo mes del año anterior, jalonados por el comienzo de la recuperación económica y la escasez de materias primas necesarias para cumplir con las demandas los diferentes mercados.

En 2021 se observó una tendencia generalizada al alza de los precios debido a la volatilidad en el precio del petróleo y al incremento en las tarifas de los fletes internacionales. Aunque en 2022 se han registrado caídas en los precios de algunas materias primas, la tendencia sigue siendo creciente debido a los efectos aún presentes de la pandemia, el precio del

petróleo, la guerra en Ucrania y los persistentes problemas de congestión portuaria, entre otros (Cámara de la Industria de Reciclados Plásticos, 2020). Por el momento no se observa un escenario para la estabilización de los precios de las diferentes materias a niveles prepandemia, aunque se espera una pronta estabilización de estos.

### 5.3.6 Cobro de la tarifa por la actividad de aprovechamiento

La tarifa correspondiente a la actividad de aprovechamiento se calcula con base en los lineamientos de la Resolución CRA 720 de 2015. De acuerdo con esta norma, esta tarifa es el resultado de la suma del costo de recolección y transporte y el costo de disposición final del municipio donde se está llevando a cabo la actividad de aprovechamiento. A este valor se le denomina **valor base de remuneración de aprovechamiento (VBA)**. Esta tarifa es recaudada por el operador del SPA y de acuerdo con el volumen manejado por el prestador del servicio de aprovechamiento, este gira mensualmente el pago a su favor.

Para poder acceder al pago por concepto de tarifa de aprovechamiento, las organizaciones de recicladores deben responder por la actividad de aprovechamiento de forma integral, de acuerdo con lo indicado en el Decreto 596 de 2016 del MinVivienda. Es decir: i) la recolección de residuos aprovechables; ii) el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento; y iii) la clasificación y el pesaje de los residuos en la ECA.

Los ingresos de cada mes se calculan con base en el promedio de las toneladas efectivamente aprovechadas y reportadas mes a mes al SUI durante el semestre anterior. El VBA en Ibagué para el segundo semestre del año 2022 fue de **146 359,48 pesos colombianos/tonelada**.

### 5.3.7 Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento

La empresa comercializadora Recurplass indicó que tienen planes de mudarse a una bodega más grande, donde además de los procesos de clasificación, limpieza y compactación tienen pensado incluir procesos de transformación de materiales plásticos rígidos. Esta empresa mencionó que la oferta actual no satisface la demanda de sus clientes, pues estos les están pidiendo mayor volumen de material. Asimismo, dos de las ORO entrevistadas mencionaron que han presentado proyectos para el incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT), aunque no dieron mayores detalles.

## 5.4 Tercer eslabón: valorización de los residuos reciclables (industria transformadora)

Este tercer eslabón de la cadena de valor abarca las actividades de transformación de residuos reciclables, previamente seleccionados y clasificados, en materia prima recuperada y/o nuevos productos. Aquí los actores principales son las empresas transformadoras.

A continuación se describen los actores relevantes de esta tercera fase de la cadena de valor, por tipo de material: plásticos, celulosas, vidrio, metales, Tetra Pak y fracción no reciclable. Además, se señalan las capacidades instaladas, las iniciativas en desarrollo y el potencial de crecimiento identificado para cada uno de estos.

Se considera importante mencionar que el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 tiene un objetivo del 15 % de residuos valorizados para el 2022, mientras que el CONPES 3874 fija este objetivo en 30 % para el 2030, habiendo definido una línea base de 8 % en 2018. A

su vez, la resolución sobre responsabilidad extendida del productor define un objetivo del 30 % de residuos de envases y empaques valorizados para el año 2030, con un incremento anual del 3 %.

#### 5.4.1 Plásticos

##### 5.4.1.1 Actores relevantes y capacidad instalada

###### A nivel nacional

El principal actor en el contexto de valorización de plásticos, así como en la gestión de la industria en general, es la Asociación Colombiana del Plástico (Acoplásticos), que es la asociación gremial que representa los intereses de la industria a nivel nacional. Esta ha desarrollado una serie de iniciativas en torno a programas de sensibilización a la industria, al igual que para la relación y cooperación público-privada con las diferentes instancias públicas involucradas en las políticas y el desarrollo de iniciativas para la economía circular.

Acoplásticos fue fundada en 1961 y es una entidad gremial colombiana, sin ánimo de lucro, que reúne y representa a las empresas de las cadenas productivas químicas. Estas incluyen las industrias del plástico, caucho, pinturas y tintas (recubrimientos), fibras, petroquímica y sus relacionadas. Su domicilio está en Bogotá D.C., pero sus actividades se extienden a lo largo de toda Colombia, pues cuenta con afiliados cuyas empresas están localizadas en varias ciudades y regiones del país, como Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena y Medellín.

Los objetivos generales de Acoplásticos son:

- Promover el desarrollo sostenible de los sectores productivos representados.
- Coadyuvar en la gestión empresarial de sus afiliados.
- Cooperar en la concertación entre ellos.
- Ser su vocero ante el gobierno, la sociedad y las entidades nacionales y extranjeras.

Las empresas vinculadas tienen el carácter de «socios activos» cuando se dedican a la producción o la transformación de materias primas plásticas, elastómeros, pinturas y tintas, fibras o materiales petroquímicos. Por su parte, son «socios adherentes» aquellas personas naturales o jurídicas dedicadas al suministro local de bienes y servicios, nacionales o extranjeros, requeridos por los sectores representados y otros agentes económicos cuya actividad se relacione directamente con estos.

Acoplásticos impulsa una serie de iniciativas para promover la economía circular entre sus asociados. Además, mantiene información actualizada y disponible sobre los avances en materia de valorización, los precios de los materiales reciclables y, en general, de diversas materias útiles para sus asociados respecto a la gestión orientada hacia la economía circular.

Adicionalmente, para diferentes tipos de plásticos existen empresas referentes en materia de valorización, las cuales gestionan sus respectivos mercados. En el desarrollo del presente estudio se tuvo la oportunidad de conocer la visión de mercado y las estrategias generales para avanzar hacia niveles cada vez más altos en las tasas de valorización de materiales plásticos de algunas de ellas, dentro de las que destacan:

- Apropet. Empresa fundada en 2015 que se constituyó como una alianza entre Aproplast y San Miguel Industrial PET. A inicios de 2022 el Grupo SMI adquirió el 100 % de Apropet. Esta empresa está dedicada a la transformación de botellas PET

en resina reciclada para nuevas botellas, y tiene dos plantas en funcionamiento: i) una planta de lavado y molido, con capacidad de tratamiento de 850-900 t/mes, y ii) una planta de regenerado, donde produce actualmente 680-700 t/mes de resina reciclada. Ambas se encuentran en Bogotá (Cundinamarca).

- **ENKA.** Empresa fundada en 1964 por el grupo holandés Akzo Nobel y empresas del sector textil de Colombia. Esta empresa del sector plástico ofrece una línea de productos verdes basados en la recuperación y transformación de PET reciclado. Cuenta con una capacidad de procesamiento de aproximadamente 33 000 t/año de botellas PET (ENKA, 2020), y la planta de producción se encuentra en Girardota (Antioquia).

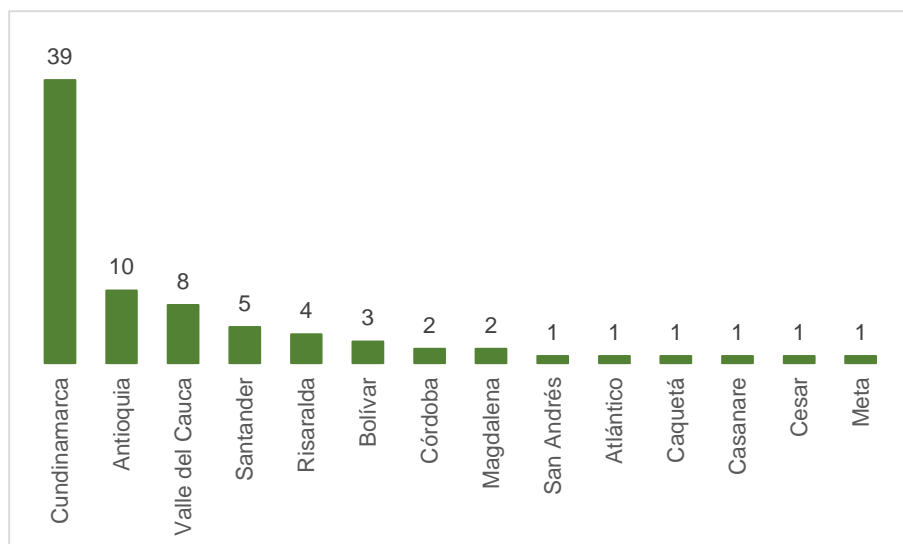
En 2021 se inició la construcción de la segunda planta de reciclaje de PET botella a botella para la producción de EKO®PET, que tendrá una capacidad de 24 000 t/año y se espera que inicie operaciones en 2022. Con esta, la empresa tendría una de las mayores plantas transformadoras de PET botella a botella a nivel mundial (ENKA, 2021).

- **Eko Red.** Es una empresa creada en 2013 como alianza estratégica de Cooperenka y ENKA de Colombia, y realiza los procesos de recolección, clasificación y compactación de PET. Eko Red tiene cuatro puntos de acopio a nivel nacional, en las ciudades Bucaramanga, Medellín, Bogotá y Cali. De acuerdo con el último informe de sostenibilidad de la empresa, en 2021 la empresa recogió 1146 millones de botellas PET (correspondiente a un 32 % adicionales a lo registrado en 2020), que procesó en sus cuatro acopios. Asimismo, en 2021 canalizó 1537 toneladas de plásticos a otras empresas distintas a ENKA (Eko Red, 2022) (lo que representa un 46 % adicional a 2020).
- **Esenttia.** Empresa perteneciente al Grupo Ecopetrol creada en 1989. Se dedica a la producción y comercialización de polipropileno, polietileno y *masterbatch* (mezcla concentrada de pigmentos o aditivos). Actualmente es el cuarto productor de polipropileno más grande de Latinoamérica, con una capacidad de producción de 500 000 t/año. También es la principal empresa recicladora de poliolefinas, como polietilenos y polipropileno, y cuenta con una capacidad aproximada de 8000 t/año, concentrando cerca del 25 % del consumo del país. La empresa se encuentra ubicada en Cartagena y cuenta con dos plantas de polipropileno y una de *masterbatch*.
- **Darnel Ajoever.** Empresa creada en 1980 que pertenece al Grupo Darnel y tiene las marcas Ajoever, Darnel, Darnel Restaurant Services y Dexton. Darnel es productora de varios tipos de empaques y desechables de plástico, que son 100 % reciclables. Las plantas en Colombia se encuentran en Madrid (Cundinamarca) y Cartagena (Bolívar). Esta compañía usa materia prima secundaria en su proceso de producción, que obtiene mediante una asociación con la empresa Biocírculo.
- **Biocírculo.** Es una empresa transformadora, con capacidad de procesamiento de 1000 t/mes de plástico (Biocírculo, s. f.), que provee materia prima secundaria a Darnel Ajoever y otras empresas. Si bien no fue entrevistada para el estudio, aparece sistemáticamente como un actor relevante de la industria de transformación del plástico, tanto para PET como para otras poliolefinas.

Adicionalmente, el *Directorio colombiano de reciclaje de residuos plásticos 2021-2022* de Acoplásticos identificó las empresas que participan a nivel nacional en diferentes grupos,

de acuerdo con los procesos que realizan en el ciclo del reciclaje de la industria de plásticos<sup>19</sup>. En el grupo 1 se encuentran las empresas que realizan recolección, compra, selección, clasificación, empaque, transporte o comercialización de residuos plásticos (ver siguiente figura). De las 79 empresas identificadas por Acoplásticos, el 49 % se encuentran en Cundinamarca; 13 % en Antioquia, 10 % en Valle del Cauca, 6 % en Santander, 5 % en Pereira, 4 % en Bolívar, 3 % en Córdoba, 3 % en Magdalena, y 1 % en cada uno de los departamentos Atlántico, Caquetá, Casanare, Cesar y Meta.

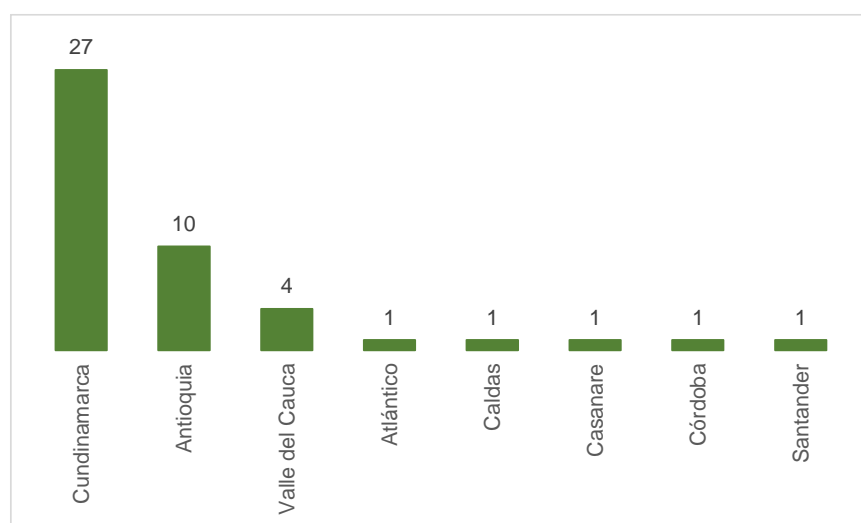
**Figura 29. Número de empresas del grupo 1 según departamentos del país (2021-2022)**



Fuente: cálculos propios basados en el *Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos* (Acoplásticos, 2022b).

En el grupo 2 se encuentran las empresas que adquieren residuos plásticos seleccionados y clasificados para transformarlos en materia prima recuperada y/o prestan servicios a terceros (ver siguiente figura). Del total de 46 empresas identificadas por Acoplásticos, el 59 % se encuentran en Cundinamarca, 22 % en Antioquia, 9 % en Valle del Cauca y 2 % en cada uno de los departamentos de Atlántico, Caldas, Casanare, Córdoba y Santander.

**Figura 30. Número de empresas del grupo 2 según departamentos del país (2021-2022)**

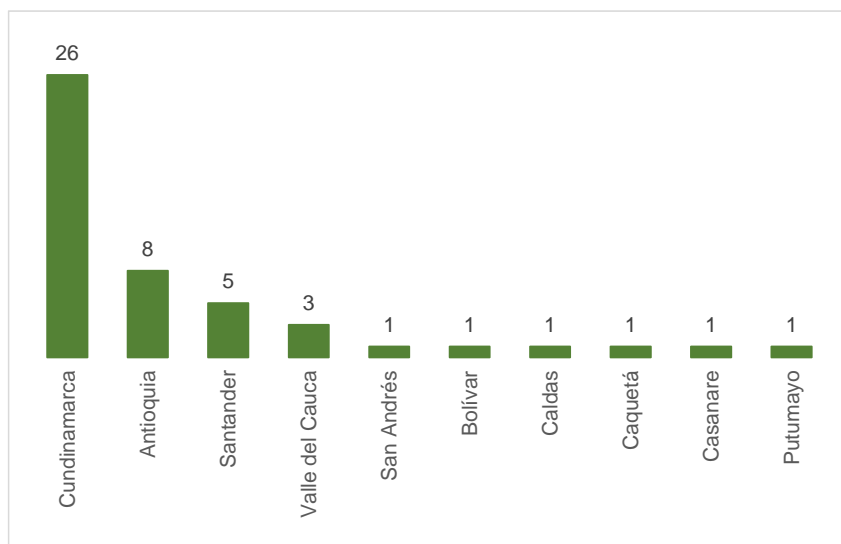


<sup>19</sup> En el informe de Acoplásticos se identificaron 138 empresas; cada empresa puede participar en uno o varios de los grupos definidos.

Fuente: cálculos propios basados en el *Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos* (Acoplásticos, 2022b).

En el grupo 3 se encuentran las empresas que utilizan materia prima plástica recuperada para fabricación de bienes (ver siguiente figura). De total de 48 empresas identificadas por Acoplásticos, el 54 % se encuentran en Cundinamarca, 17 % en Antioquia, 10 % en Santander, 6 % en Valle del Cauca y 2 % en cada uno de los departamentos de San Andrés, Bolívar, Caldas, Caquetá, Casanare y Putumayo.

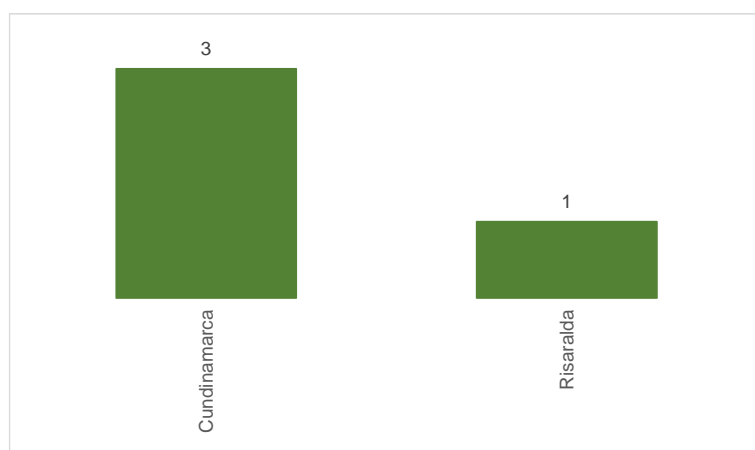
**Figura 31. Número de empresas del grupo 3 según departamentos del país (2021-2022)**



Fuente: cálculos propios basados en el *Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos* (Acoplásticos, 2022b).

En el grupo 4 se encuentran las empresas que utilizan residuos plásticos seleccionados y clasificados para realizar procesos de aprovechamiento alternativos (ver siguiente figura). De las cuatro empresas identificadas por Acoplásticos, el 75 % se encuentran en Cundinamarca y el 25 % en Risaralda.

**Figura 32. Número de empresas del grupo 4 según departamentos del país (2021-2022)**



Fuente: cálculos propios basados en el *Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos* (Acoplásticos, 2022b).

Tal como se observa en las figuras 31-34, la mayor cantidad de empresas que participan desde la recolección hasta el aprovechamiento están en los departamentos Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca y Santander. Adicionalmente, en Tolima no se encontraron empresas que participaran en los grupos mencionados previamente.



### **A nivel local**

En Ibagué no se identificó una industria local de tamaño y/o estándar relevante que pueda hacerse cargo actualmente de los volúmenes generados. Si bien se detectaron alrededor de 20 pequeñas empresas que realizan transformación de plásticos a pequeña escala, la mayoría no están correctamente formalizadas. Los actores actualmente operativos están orientados al acopio, la clasificación, el pretratamiento y la comercialización, actuando principalmente como intermediarios. Entre ellos destacan las siguientes empresas:

- **Recicoop (Cooperativa multiactiva de reciclaje)**

Es una empresa intermediaria que realiza acopio, clasificación y pretratamiento de materiales reciclables. Cuenta en Ibagué con una sede ubicada sobre la Av. Mirolindo con calle 70.

Dentro de las actividades que realizan dicha empresa transformadora están:

- Clasificación
- Trituración
- Compactación

En Recicoop trabajan cerca de 15 personas, quienes operan el siguiente equipamiento básico:

- Dos molinos de trituración
- Cinco compactadoras
- Un montacarga
- Una báscula

En total se aprovechan cerca de 450 t/mes compuestas por PET, aluminio, chatarra, cartón, vidrio, papel y pasta, las cuales son recolectadas, por siete ORO: Pijaos, Acre, Soleam, Renacer, Aseretoli, Coresuntol y Opción de Vida.

Recicoop cuenta con tres tipos de vehículos (camionetas turbo) en la ciudad de Ibagué. Los materiales recolectados son vendidos principalmente a empresas nacionales, aunque también se informó que una fracción menor se exporta.

**Imagen 15. Acopio de material clasificado y compactado por Recicoop**



Fuente: Gopa Infra, 2022

- **QUOS**

Es una empresa ubicada en el sector de La Miel que cuenta con un contrato de diez años con la empresa Interaseo S.A. E.S.P. para la clasificación y el aprovechamiento de una fracción de los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario. Dicho contrato ya ha operado por cinco años, por lo que resta un periodo similar de vigencia.

Allí se realizan procesos de clasificación manual y transformación, dentro de los que la compactación de PET ocupa un lugar relevante. A partir de plásticos clasificados se fabrican bolsas de barrido para recolección.

En la empresa trabajan 19 personas, que manejan cerca de 40 t/día según lo informado por las personas responsables. QUOS también ha trabajado en el desarrollo de corrientes residuales orientadas a la producción de combustible derivado de residuos para abastecer a la industria cementera local, aunque esta iniciativa aún no muestra una evolución relevante.

Imagen 16. Línea de clasificación en QUOS



Fuente: QUOS.

En ambas empresas se evidencian limitaciones de recursos, los cuales permitirían su consolidación y crecimiento, y estas están en búsqueda permanente de modelos de negocio sostenibles. Adicionalmente, se identificaron empresas netamente intermediarias, como Recurplass, que no cuentan con infraestructura relevante, sino que se limitan a bodega y clasificación manual de materiales comercializables.

### **Producto final del sector plásticos**

En Colombia se produjeron e importaron aproximadamente 2,33 millones de toneladas de plástico en el 2021, de las cuales alrededor de 1,49 millones de toneladas fueron consumidas en el país. En promedio, el consumidor colombiano consume 33,7 kg al año de plásticos, y los tipos de plástico más demandados son PE, PP, PVC y PET, en ese orden de importancia (IFC, 2019). El mercado ha crecido de manera importante en los últimos años; entre 2017 y 2018 el consumo aparente en toneladas creció el 8,5 %; entre 2018 y 2019, un 4,7 %; y entre 2020-2021, un 11,7 % (ver la siguiente tabla). El crecimiento negativo entre 2019-2020 de 0,8 % se explica, principalmente, por los efectos del COVID-19 sobre los mercados nacionales e internacionales. Los tipos de plástico que mayor crecimiento registraron en 2021 fueron PET para envases y láminas (23 %), polímeros de propileno (19,2 %) y poliestirenos (16,9 %). Asimismo, los materiales más demandados fueron los polietilenos (36 %), los polímeros de propileno (21 %) y los policloruros de vinilo (15,5 %).

**Tabla 19. Consumo nacional aparente de las principales resinas plásticas (en miles de toneladas)**

Resina	2017	2018	2019	2020	2021
Polietileno de baja densidad*	137	147	139	170	170
Polietileno lineal de baja densidad	127	137	149	153	163
Polietileno de alta densidad	174	189	195	190	201
Polímeros de propileno**	237	252	262	260	310
Poliestirenos***	71	76	81	77	90
Policloruros de vinilo****	207	220	233	210	230
Resinas PET para envases y láminas	144	167	178	166	204
Resinas poliéster insaturadas	17	22	24	24	22
Otras resinas*****	67	71	80	80	95

Resina	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Total</b>	<b>1181</b>	<b>1281</b>	<b>1341</b>	<b>1330</b>	<b>1485</b>
<b>Crecimiento anual (%)</b>		<b>8,5</b>	<b>4,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>11,7</b>

\*Incluye la resina convencional.

\*\*Homopolímero y copolímero.

\*\*\*Comprende también el poliestireno expandible.

\*\*\*\*Resinas de tipos emulsión y suspensión y copolímeros de cloruro de vinilo y acetato de vinilo.

\*\*\*\*\*Poliacetales, polimetilmetalacrato, EVA, SAN, ABS, policarbonatos, poliamida 6, fenólicas, poliuretanos, poliéteres polioles, urea formaldehído para moldeo, poli (ácido láctico) y otras.

Fuente: Adaptado de Acoplásticos 2020, 2022.

La producción de plásticos es un sector importante en la industria manufacturera colombiana. En 2020 la producción bruta del sector fue de 10 935 millones de pesos, representando el 4,3 % de la producción industrial. En 2021 las ventas del sector plásticos crecieron por encima del promedio de la industria manufacturera (22,9 % vs. 15,5 %), luego de presentar una caída en ventas en 2020 del 10,0 % (en comparación con la caída experimentada del total de la industria manufacturera del 8,0 %) (Acoplásticos, 2022).

No obstante, la industria nacional no ha aumentado al mismo ritmo la capacidad instalada, pues el crecimiento ha sido casi nulo entre 2017 y 2021 (ver la siguiente tabla). Aun así, entre 2019 y 2021 se observa un leve incremento en la capacidad instalada, debido a la expansión de la capacidad productiva de resinas poliéster insaturadas en 3000 toneladas.

**Tabla 20. Capacidad instalada nacional para la producción de resinas plásticas en miles de toneladas (2017-2021)**

Resina	2017	2018	2019	2020	2021
Policloruro de vinilo*	482	502	502	505	505
Poliestirenos**	110	110	110	110	110
Polietileno de baja densidad	66	66	66	66	66
PET para envases y láminas	60	60	60	60	60
Polímeros de propileno****	500	500	500	500	500
Resinas poliéster insaturadas	60	60	62	65	65
Otras resinas*****	62	62	62	62	62
<b>Total</b>	<b>1340</b>	<b>1360</b>	<b>1362</b>	<b>1365</b>	<b>1365</b>

\*Grados de emulsión y suspensión y copolímeros.

\*\*Propósito general y alto impacto.

\*\*\*Comprende síntesis química y recuperación.

\*\*\*\*Homopolímero y copolímeros.

\*\*\*\*\*Abarca polioles, poliéteres y sistemas de poliuretano; policaprolactama y resinas fenólicas.

Fuente: Adaptado de Acoplásticos 2020, 2022.

La materia prima plástica en el país se demanda principalmente para la elaboración de empaques y envases (56 %, para el periodo 2019-2021); construcción (21 %); y otros productos, como partes industriales y autopartes, juguetes, deportes, etc. (10 %), de acuerdo con lo presentado en la siguiente tabla. Actualmente existe un interés creciente en la industria por usar plástico posconsumo en su producción. Por ejemplo, para el caso del PET los procesos de lavado y tratamiento existentes permiten su valorización en envases y empaques aptos para el contacto con alimentos. La capacidad de la industria local de absorber el plástico posconsumo es actualmente mayor a la capacidad de recolección, clasificación y pretratamiento.

**Tabla 21. Distribución del consumo de materia prima plástica por sector a nivel nacional**

Sector	Participación	
	2017-2019	2019-2021
Empaques y envases: productos alimenticios, productos de higiene y aseo, productos industriales, lubricantes.	55 %	56 %
Construcción: tubería, accesorios, pisos, tejas, perfiles, cables, bañeras.	21 %	21 %
Agricultura: película para invernaderos, acolchados y telas sombra, mangueras y tubos.	7 %	7 %
Institucional/consumidor: calzado, cepillos, escobas, artículos de mesa y cocina, colchones, muebles.	6 %	6 %
Otros: láminas, partes industriales y para industria automotriz, juguetes, deportes y varios.	11 %	10 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Acoplásticos 2020, 2022.

#### 5.4.1.2 Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento

##### A nivel nacional

El estudio *Plastics Circularity Market Study in Colombia*, desarrollado por la IFC (International Finance Corporation) en 2021, hizo una revisión general del mercado de los plásticos en Colombia bajo una perspectiva de circularidad, analizando más de 500 empresas del sector y consultando a diferentes actores públicos y privados. Según dicho estudio, en la actualidad se producen/importan aproximadamente 2,3 millones de toneladas de plásticos por año en Colombia, de las cuales 1,3 millones de toneladas se consumen en el país. El principal uso de los plásticos es envases y empaques, equivalente al 55 % del total de plástico consumido. El consumo per cápita es de 32 kg plástico/año, siendo los más consumidos el PE, el PP, el PVC y el PET.

El estudio de la IFC identifica como el principal destino de los residuos plásticos el relleno sanitario. Sin embargo, también se concluye que Colombia muestra una de las tasas más altas de reciclaje de plásticos en América Latina, estimada entre 11 % y 30 % dependiendo de la fuente de información utilizada, con potencial de seguir subiendo en el futuro. No obstante, se identifica también una alta informalidad en la cadena de valor de los plásticos, lo que impacta en su trazabilidad.

Los principales tipos de plástico recuperados en la actualidad son PET, PP y PEAD, y son valorizados por una cantidad acotada de actores que cuentan con procesos mecánicos e infraestructura adecuada.

Existen objetivos establecidos para productos reciclables en Colombia, pero no hay objetivos específicos para plásticos. En particular, la Resolución 1407 del 2018, sobre responsabilidad extendida del productor, establece una meta del 30 % para el reciclaje de envases y empaques al año 2030, sin establecer metas específicas por tipo de material.

Las principales oportunidades para el crecimiento del mercado de valorización de diferentes tipos de plásticos, según la IFC (2021), son las siguientes:

- Crecimiento de la infraestructura de recolección, clasificación y transformación de unas 100 000 t/año de plásticos que actualmente se están disponiendo en rellenos sanitarios, lo que implica la materialización de entre tres y diez plantas de reciclaje (transformación/peletizado) adicionales a las que existen actualmente.
- Apoyar e incentivar cambios sistémicos que son necesarios para las etapas de recolección y clasificación de residuos, ya sea mediante la intervención pública o a través de acuerdos contractuales con operadores que permitan el crecimiento<sup>20</sup>.
- Apoyar el desarrollo de plantas de reciclaje a pequeña escala, mejorando estructuras de costos y márgenes.
- Trabajar a partir de alianzas entre la industria del plástico y la industria del reciclaje.
- Promover el crecimiento en el reciclaje de PET y PE, tanto en cantidad como en calidad, implementando tecnologías avanzadas que garanticen calidad en las resinas plásticas recicladas.
- Aprovechar las oportunidades que ofrece la cadena de valor del PP, incentivando la producción de envases de grado alimenticio mediante reciclaje avanzado, para responden de esta forma a la demanda esperada.
- Aumentar el reciclaje químico de plásticos mezclados, reduciendo la presión en sistemas de recolección y clasificación.

Algunas consideraciones levantadas por la IFC (2021) para cada uno de los tipos de plásticos:

- El PET es el plástico más reciclado del país, pero podría aumentarse a 35 000 t/año, en función de los volúmenes potenciales de recolección. Actualmente se está construyendo una nueva capacidad de reciclaje en el país.
- Los volúmenes y la calidad del reciclaje de PEAD deben aumentarse en 30 000 t/año adicionales. Con 2-3 plantas que producen polímeros de alta calidad, esto reduciría la dependencia de la importación, ya que no hay producción local en el país.
- Existe un potencial considerable para el reciclaje de PEAD, a pesar de la reducción de su consumo en respuesta al impuesto por un solo uso.
- El reciclaje de PP podría aumentarse en 30 000 t/año adicionales a través de reciclaje avanzado que cree polímeros de grado alimenticio para satisfacer la demanda del sector envases y empaques.
- El potencial de PEBD y PS en términos de recolección y reciclaje parece ser bajo, pero podría reciclarse como parte de PEAD rígidos o flujos flexibles de PP/multicapa/plásticos mixtos.

Respecto a la industria de la transformación (valorización), se observa una clara tendencia al aumento de capacidad de procesamiento de plásticos. Es particularmente relevante el aumento previsto en la capacidad de procesamiento de PET anunciado públicamente por empresas del sector.

<sup>20</sup> En su estudio, la IFC utiliza una aproximación industrial, sin considerar conceptos de inclusión de la población recicladora.



En conversaciones con los distintos actores del sector, y de acuerdo con las noticias más recientes, se tiene conocimiento que:

- Apropet fue adquirida en un 100 % por el grupo San Miguel Industrias (SMI), el cual tiene entre sus planes triplicar la capacidad de su planta de reciclaje de PET (actualmente 700 t/mes).
- ENKA aprobó una inversión de seis millones de dólares para la modernización de su línea de producción de fibras a partir de botellas de PET recicladas y para el desarrollo de nuevos productos que actualmente no se fabrican en el país. Asimismo, la empresa contempla el desarrollo futuro de una nueva planta de procesamiento de PET que podría ubicarse en Bogotá, Medellín o la Costa Atlántica (Acoplásticos, s. f.).
- Ekored tiene planeado que su nueva planta ubicada en Girardota (Antioquia) entre en operación antes de finalizar 2022. Esta tuvo una inversión de aproximadamente 40 millones de dólares y está enfocada en producir botellas a partir de PET reciclado (La República, 2022).
- Esenttia anunció la construcción de una nueva planta en Tocancipá (Cundinamarca) de resinas plásticas elaboradas en polipropileno y polietileno posconsumo, para aumentar la capacidad de su planta de reciclaje, aunque indicó que esta información es aún confidencial. La empresa estima producir 12 000 toneladas de plástico posconsumo transformado en resinas para aplicaciones donde actualmente solo se usa plástico virgen, como botellas, empaques, termos y múltiples recipientes, entre otros (Esenttia, s. f.).

**Tabla 22. Estimación potencial reciclaje de plástico, con base en la recolección conocida y capacidad actual en seis ciudades de Colombia<sup>21</sup>**

Polímero	Volumen actual de reciclaje (ktpa)	Consumo de plástico	Tasa de reciclaje (basada en el consumo de polímeros)**	Recolección potencial adicional (ktpa)	Potencial total de plástico disponible para reciclaje	Reciclaje futuro (volumen)	Tasa para reemplazar polímeros vírgenes	Capacidad adicional de reciclaje (ktpa)
<b>PET</b>	56	178	31 %	60	116	-90	50 %	-35
<b>HDPE</b>	53	195	27 %	10 (+fracción 54 de plástico rígido)	63 (+fracción 54 de plástico rígido)	-80	40 %	-30
<b>LDPE</b>	24	288	8 %	2.3	27	-30	10 %	-5
<b>PP</b>	22	262	8 %	8 (+fracción 54 de plástico rígido)	30 (+fracción 54 de plástico rígido)	-53	20 %	-30

<sup>21</sup> Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Cartagena y Bucaramanga.

Polímero	Volumen actual de reciclaje (ktpa)	Consumo de plástico	Tasa de reciclaje (basada en el consumo de polímeros)**	Recolección potencial adicional (ktpa)	Potencial total de plástico disponible para reciclaje	Reciclaje futuro (volumen)	Tasa para reemplazar polímeros vírgenes	Capacidad adicional de reciclaje (ktpa)
PS	2	81	3 %	Se espera que la resina difícil de reciclar se recolecte como desecho posindustrial y que requiere prácticas de reciclaje avanzadas para recuperar valor y mantener su calidad como una resina de alto valor.				
<b>Total</b>	<b>157*</b>	<b>1 Mtpa</b>	<b>-</b>	<b>130-150</b>	<b>187-207</b>	<b>-250 ktpa***</b>		<b>100 ktpa</b>

Ktpa: kilotoneladas por año.

\*256 compañías de Bogotá y Medellín.

\*\*Equivalente al reciclaje del 30 % de los residuos plásticos generados.

\*\*\*6000 tpa de otros polímeros reciclados desconocidos para igualar el reciclaje total de 163 000 tpa, sin tener en cuenta las plantas de reciclaje de PET ENKA adicionales de 50 ktpa que se espera construir.

Fuente. Tomado de IFC (2021).

En la tabla anterior se observa que la capacidad adicional para el reciclaje de plásticos esperada es de 100 000 t/año, y los principales aumentos estarían en PET, PEAD y PP. Sin embargo, el mismo mercado de la valorización ha anunciado aumentos de capacidad mayores a corto plazo, al menos para el caso del PET.

Por otra parte, como se indicó, una oportunidad de crecimiento está en el potencial de aumentar la calidad de producción según los estándares de grado alimenticio, producir filamentos de poliéster de mayor valor utilizando un reciclaje avanzado, y aumentar la reciclabilidad del PET coloreado y no embotellado.

Para cualquier tipo de infraestructura, es clave tener la disponibilidad de materia prima asegurada, mediante contratos a largo plazo con estándares que entreguen certidumbre a las partes involucradas, procurando dar formalidad a la cadena de valor.

### **A nivel local**

No se identificaron iniciativas concretas en el campo industrial para la transformación de residuos plásticos en Ibagué, más allá de las intenciones de empresas como QUOS y Recicoop que declaran su aspiración de consolidarse en el futuro, a pesar de las restricciones de recursos que enfrentan.

La fracción no reciclable de plásticos presenta un alto potencial de transformación, para su valorización energética como combustible derivado de residuos en Ibagué, dada la capacidad instalada y la potencial demanda por parte de la planta cementera Caracolito de CEMEX. El desarrollo del proyecto de coprocesamiento de CDR en CEMEX Caracolito demandará este tipo de materiales en el futuro.

## **5.4.2 Papel y cartón**

### **5.4.2.1 Actores relevantes y capacidad instalada**

#### **A nivel nacional**

Desde una perspectiva gremial, la gestión de la economía circular del mercado del papel y cartón se concentra en la Cámara de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI. Esta hace un procesamiento de información útil para sus asociados, al mismo tiempo que promueve buenas prácticas e iniciativas dirigidas al aumento en las tasas de valorización de papeles y cartones. Cabe mencionar que dicha cámara funciona como parte protagonista del Comité de Reciclaje de la ANDI.

De acuerdo con los datos aportados por la Cámara de Pulpa, Papel y Cartón, existen en Colombia aproximadamente 15 empresas productoras, que corresponden a los actores clave de la industria de la transformación, de las cuales nueve participan activamente en la Cámara. Estas nueve empresas representan aproximadamente el 85 % de la producción del sector y producen principalmente para el mercado nacional. Con respecto a la producción de pulpa para papel y de papeles para imprenta y escritura en Colombia, la Cámara representa el 100 %, mientras que equivale al 68 % de la producción de papeles suaves y el 88 % de la producción de papeles para empaque.

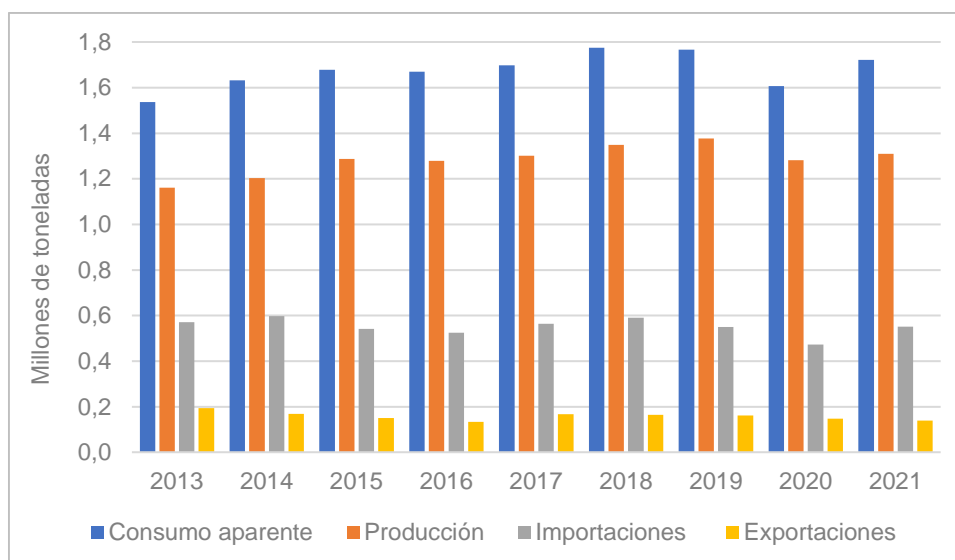
Las principales empresas del sector son:

- Empacor. Está localizada en Bogotá y produce empaques corrugados. Opera desde 1979.
- Corrugados de Colombia. Está localizada en Bogotá y produce papel para empaques y empaques corrugados. Opera desde 1966.
- Kimberly-Clark. Está localizada en Bogotá, pero su sede principal está en Estados Unidos. Produce papeles suaves en la rama productos de aseo e institucionales. Opera en el país desde 1967.
- Papeles y Cartones. Está localizada en Barbosa (Santander). Produce papeles para empaques y opera desde 1978.
- Grupo Familia – Productos Familia. Está localizada en Medellín (Antioquia) y produce papeles suaves en la rama de productos de aseo, higiénicos y personal. Inició operaciones en 1960.
- Fábrica de Bolsas de Papel Unibol. Está localizada en Barranquilla (Atlántico) y produce papeles suaves y papel *kraft*. Opera desde 1949.
- Cartones América. Está ubicada en Cali (Valle del Cauca) y produce cartones para empaques (*liner*, cartulina, corrugado medio). Opera desde 1969.
- Smurfit Kappa – Cartón de Colombia. Está localizada en Yumbo (Valle del Cauca), y su sede principal es en Irlanda. Produce empaques de cartón corrugado, sacos y bolsas de papel, papeles para impresión y escritura, y cartulina para plegadizas. Inició operaciones en Colombia en 1944.
- Carvajal Pulpa y Papel S.A. Está ubicada en Yumbo (Valle del Cauca) y produce empaques, cartulinas, y papeles de imprenta y escritura. Opera desde 1961.
- Incolpa. Está ubicada en Palmira (Valle del Cauca), y produce y comercializa productos y empaques de papel y polietileno. Opera desde 1973.
- Papeles Nacionales. Está ubicada en Pereira (Risaralda) y produce papeles suaves. Opera desde 1962.
- Papel Rollos. Está ubicada en Bogotá (Cundinamarca) y es fabricante de productos a base de papel, rollos y soluciones empresariales personalizadas para diferentes marcas. Tiene más de 40 años en el mercado nacional.

La producción de las empresas afiliadas a la cámara en 2021 fue de 1 310 235 toneladas; además, se realizaron importaciones de 550 968 miles de toneladas y exportaciones de 138 703 miles de toneladas. Así las cosas, el consumo aparente en 2021 fue de 1 722 499 toneladas de productos de papel y cartón, como se muestra en la siguiente figura. De acuerdo con cálculos de la ANDI (2018), el consumo anual de papel en Colombia fue de

33 kilogramos por persona, lo cual equivale aproximadamente al 44 % del consumo anual per cápita en Chile y a un 13 % del nivel de consumo de una persona en Alemania. En este sentido, la industria tiene un gran potencial de crecimiento, ligado al crecimiento de la economía y la expansión del consumo interno.

**Figura 33. Industria de papel y cartón. Consumo aparente en millones de toneladas (2016-2021)**

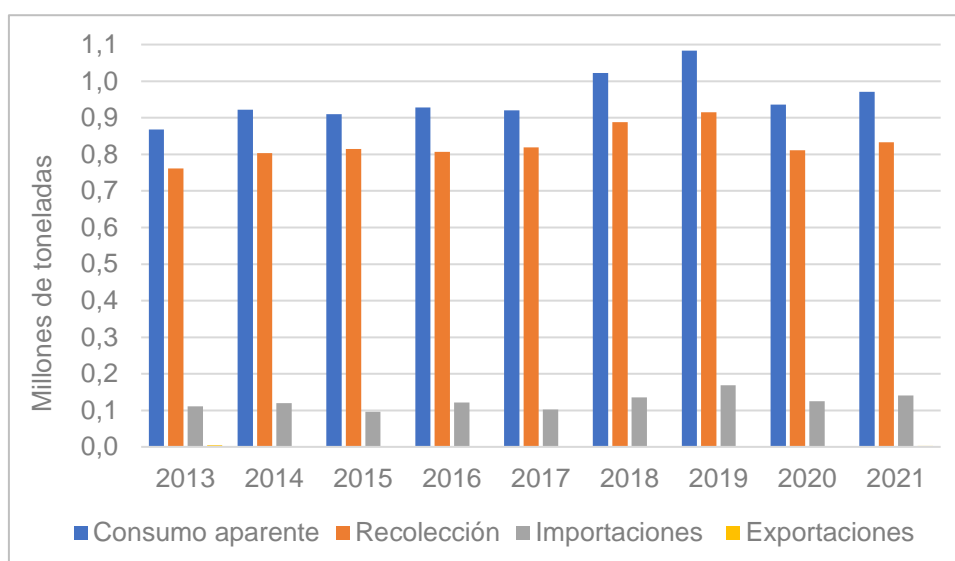


Nota: La información reportada corresponde a aquella suministrada por las empresas afiliadas a la Cámara de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI.

Fuente: cálculos propios basados en el Informe Estadístico de la ANDI, 2021.

La Cámara Colombiana de Papel y Cartón de la ANDI calcula que en 2021 la materia prima reciclada (proveniente de residuos) fue 970 840 toneladas. De este total, 832 699 toneladas procedieron de la recolección (aproximadamente el 85,8 %), mientras que se hicieron importaciones de papel y cartón posconsumo equivalentes a 140 904 toneladas (equivalentes al 14,5 %). Por su parte, las exportaciones fueron de 2763 toneladas (0,3 %), como se muestra en la siguiente figura.

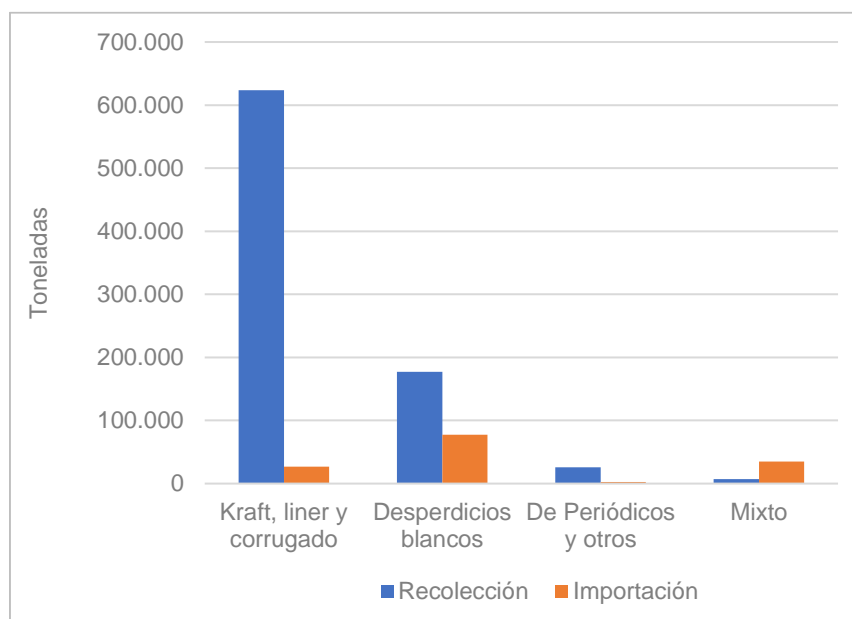
**Figura 34. Consumo aparente de residuos de papel posconsumo en millones de toneladas (2013-2021)**



Fuente: cálculos propios basados en el Informe Estadístico de la ANDI, 2021.

Del total de toneladas recolectadas de papel y cartón en 2021 (832 699 toneladas), la mayor parte corresponde a papeles *kraft*, liner y corrugado (74,9 %), seguidos de los desperdicios blancos (21,2 %), periódicos y otros (3,1 %), y papel mixto (0,8 %). Las importaciones permiten ver las áreas donde existe potencial para aumentar la recolección de material posconsumo a futuro. Del total de toneladas importadas (140 904 toneladas), el grupo más importante en 2021 fue desperdicios blancos (54,8 %), seguido de mixto (24,8 %), *kraft*, liner y corrugados (18,8 %), y periódicos y otros (1,6 %), como se observa en la siguiente figura.

**Figura 35. Distribución de la recolección e importaciones por tipo de papel en 2019**



Fuente: cálculos propios basados en el Informe Estadístico de la ANDI, 2021.

La tasa de reciclaje a nivel nacional se estimó en 67 % en 2021 (Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón - ANDI, 2021), principalmente gracias a la captación y el procesamiento de residuos generados por la industria y generadores comerciales, mientras que el de origen domiciliario está mucho más restringido, principalmente por razones de calidad. Se espera que este porcentaje continúe en aumento gracias al compromiso del sector de papel y cartón de avanzar en términos de sostenibilidad. Hay que considerar que los residuos celulósicos —según indica la representante de la Cámara de Pulpa, papel y Cartón de la ANDI— son reciclados en Colombia hace más de 75 años, lo que implica una madurez del sistema que no se observa para otros tipos de residuos (Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón - ANDI, 2018).

#### **A nivel local**

A nivel local no existe industria transformadora de papel y cartón. Todo el material que se recolecta se transporta hacia las grandes ciudades (principalmente Bogotá) para su transformación, en su gran mayoría a través de los intermediarios.

#### **5.4.2.2 Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento**

La industria de la pulpa, papel y cartón es una industria en crecimiento que ha tenido ampliaciones de capacidad durante los últimos años. En 2021 el consumo nacional de papel y cartón fue de aproximadamente 1,7 millones de t/año, de las cuales cerca del 76 % fue atendida por el mercado nacional. A través de su asociación gremial, la industria señala

que existen diversas iniciativas para adaptarse a las nuevas realidades y exigencias de los mercados, incluyendo maximizar la utilización de materias primas recicladas. Esto implica un permanente proceso de adaptación y crecimiento en la capacidad de recepción y valorización de residuos a calidades adecuadas, cuya oferta hoy en día es deficitaria al compararla con la capacidad de procesamiento.

Por otra parte, la innovación y adaptación a los nuevos patrones de consumo marcan, de cierta forma, las estrategias e iniciativas de la industria hacia el futuro. En particular, las nuevas tendencias en diseño de envases y empaques han cobrado mayor importancia durante los últimos años, tanto para las empresas como para los consumidores, principalmente bajo el concepto de ecodiseño. Igualmente, el crecimiento de sectores de exportación no tradicionales, sobre todo en el ámbito agrícola —como aguacate, piña o limón— también han implicado innovación y desarrollo de empaques especiales para la protección de dichos productos.

El ecodiseño de envases y empaques adquiere de esta forma un rol fundamental en la industria, considerando la sostenibilidad y el cumplimiento de las nuevas regulaciones, como las metas definidas por la reciente reglamentación para la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques (Resolución 1407 de 2018<sup>22</sup>).

Si bien las perspectivas de este sector están a la alza, debido a factores de recuperación de la economía mundial (después de la pandemia por el COVID-19) y al aumento de la demanda del comercio electrónico (dado que el material de empaque tiene gran uso en bienes duraderos), este sector tienen importantes retos, como: disminución de consumo de agua, uso de energías renovables, reducción de gases efecto invernadero, y uso de nuevas tecnologías y procesos que reduzcan la contaminación del agua y aire durante su proceso productivo.

Algunos ejemplos de transición en algunas empresas hacia la sostenibilidad y la economía circular del sector son (Sastoque Campos, 2022): Smurfit Kappa Colombia acopia anualmente cerca de 200 000 t/año de cartón y papel reciclado, y cuenta con 67 276 hectáreas reforestadas; Carvajal Pulpa y Papel transforma cerca de 1,10 millones de t/año de bagazo de productos agroindustriales para la producción de papel; y Earth Pact no utiliza blanqueadores o químicos en sus procesos productivos de producción de papel, además de reducir el consumo de agua.

### 5.4.3 Vidrio

#### A nivel nacional

Las empresas más relevantes en la fabricación de vidrio en Colombia son:

- **Cristalería Peldar.** Esta empresa se dedica a la producción de vidrio para las industrias de la construcción, automotores y electrodomésticos, entre otras. Peldar es una de las empresas más importantes dentro de esta industria, con tres líneas de productos: envases de vidrio, vidrio plano y cristalería. Las plantas para el aprovechamiento de vidrio están ubicadas en Cogua (Cundinamarca), Soacha (Cundinamarca), Envigado (Antioquia) y Buga (Valle del Cauca). Esta empresa usa dentro de su proceso productivo vidrio reciclado.

22 «Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones».



- **Tecnoglass.** La empresa es líder en la producción de vidrio arquitectónico, ventanas y productos de aluminio asociados a las industrias de construcción comercial y residencia. Su planta está ubicada en Barranquilla (Atlántico) y en 2022 se anunció el comienzo de operaciones de una nueva planta en Galapa (Atlántico). Tiene oficinas y operación comercial en Colombia, Estados Unidos, Perú y Bolivia.
- **Vidrio Andino.** Es una empresa fabricante y comercializadora de vidrio en el país, con presencia en Colombia, Venezuela y Ecuador. La planta está ubicada en Soacha (Cundinamarca).

En la siguiente tabla se presentan las materias primas de vidrio compradas en Colombia según su origen (nacional y externo). De acuerdo con esta información, del total de material de vidrio en tubo, fue importado un 88 % en 2020; del vidrio triturado, fue importado el 22 %; y el vidrio en varilla y los desechos de vidrios son 100 % de origen nacional.

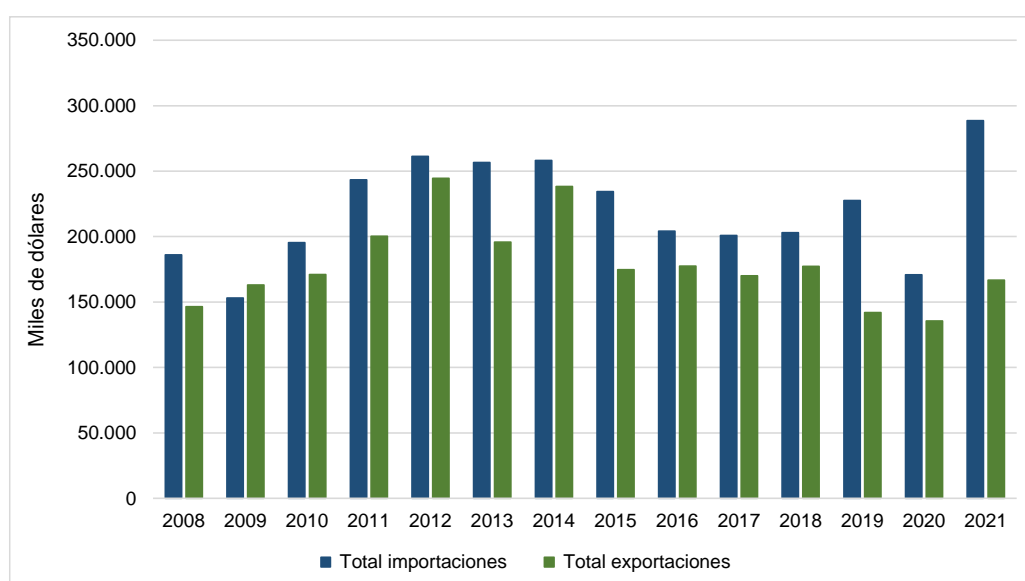
**Tabla 23. Materias primas de vidrio compradas en Colombia (2020)**

Artículos	Compras Valor total (Mill. COP)	Compras nacionales (Mill. COP)	Compras en el extranjero (Mill. COP)	Compras nacionales (%)	Compras en el exterior (%)
Vidrio en tubos	12 772	1573	11 199	12 %	88 %
Vidrio en varillas	35	35	-	100 %	0 %
Desechos de vidrio	217 602	217 602	-	100 %	0 %
Vidrio triturado o molido	27 216	21 218	5998	78 %	22 %

Fuente: Encuesta Anual Manufacturera (DANE, 2022).

En la siguiente figura se presenta el comportamiento del total de las importaciones y exportaciones de vidrios y manufacturas en 2008-2021. Durante este periodo, las exportaciones en promedio correspondieron a un 82 % de las importaciones en el respectivo capítulo de aranceles.

**Figura 36. Total de importaciones y exportaciones de vidrios y manufacturas en miles de dólares (2008-2021)**



Fuente: Encuesta Anual Manufacturera (DANE, 2022).

Como se suele observar en países de América Latina, la industria de valorización del vidrio tiende a estar concentrada en pocos actores. El caso de Colombia no es la excepción, pues se observa que un actor concentra prácticamente el 100 % de las operaciones de valorización. Esta empresa es Cristalería Peldar, que tiene sus operaciones en Cundinamarca, Antioquia y Valle del Cauca.

La posición dominante y privilegiada de esta empresa en la cadena le otorga el poder de determinar los precios y volúmenes del material posconsumo de vidrio. Como resaltan las organizaciones de recicladores, el precio que se paga por el vidrio ha permanecido bajo durante varios años, lo cual no genera incentivos para su recolección. Además, se requiere un volumen mínimo de material —50 t/mes (Corporación Ambiental Empresarial [CAEM], 2020)— que es difícil de proveer por parte de las organizaciones, por lo tanto, muchas veces estas venden el vidrio a intermediarios que acopian el material y lo venden a la industria (SSPD, 2019).

Según declaró I-O Peldar en una entrevista específica desarrollada para el presente estudio, el nivel de valorización en cuanto a volúmenes está dado por la oferta de vidrio residual, por lo que se contempla un precio relativamente bajo. La industria está en condiciones de recibir y procesar el 100 % del vidrio posconsumo potencialmente generado. Asimismo, esta empresa declara que para potenciar y hacer sostenible la recepción de vidrio posconsumo desde diferentes regiones del país, está trabajando para aumentar su capacidad logística y crear un formato de colaboración con otros actores de la cadena. En particular, se destacan las siguientes iniciativas:

- Implementación de un gran centro de recepción de vidrio posconsumo en Barranquilla, el cual, junto a los ya existentes en Zipaquirá y Medellín, ampliará la cobertura geográfica de la cadena de provisión de este material.
- Interacción y colaboración permanente con actores, como programas posconsumo y otros. Destaca el trabajo conjunto con Red Reciclo y Visión 30/30, al igual que los esfuerzos en la búsqueda de sinergias con otros actores como Ekored. Se considera que, en el futuro, los planes posconsumo REP serán un actor relevante en la cadena de valor del vidrio.

#### **A nivel local**

A nivel local no existe industria transformadora de vidrio. Todo el material que se recolecta se transporta principalmente hacia la Cristalería Peldar para su transformación.

### **5.4.4 Metales**

#### **A nivel local**

En este grupo se encuentran todas las empresas que usan la chatarra (ferrosa y no ferrosa) como insumo para sus procesos productivos. Entre ellas se pueden encontrar empresas que se dedican principalmente a la producción secundaria de metales, como las siderúrgicas y las fundiciones de metales.

#### **Metales ferrosos**

Según el estudio NCU-UAESP desarrollado en 2018, la estructura del reciclaje de metal funciona de forma piramidal; se cuenta con una serie de empresas base encargadas de suministrar la chatarra y otros residuos de metal a las multinacionales que se encuentran en la cabeza de la pirámide, que son las transformadoras finales del material.

La valorización de metales ferrosos está concentrada en la industria siderúrgica, y los actores principales son aquellas empresas que desarrollan actividades de recepción, clasificación, pretratamiento y fundición de chatarra proveniente del sector industrial y también del domiciliario; allí se han encontrado diversas iniciativas enfocadas en maximizar los residuos recolectados y su calidad. Entre el 30 % y el 50 % de la chatarra ferrosa que ingresa a una siderúrgica corresponde a chatarra liviana, en su mayoría, y por sus características, esta proviene del servicio público de aseo, como parte del aprovechamiento. Esta chatarra debe ser fragmentada para posteriormente pasar al proceso de siderurgia.

Actualmente en Colombia hay cinco grandes siderúrgicas que realizan el proceso de transformación de la chatarra metálica, las cuales se encuentran ubicadas principalmente en Boyacá, Cundinamarca, Caldas y Valle del Cauca. Su principal producto es la palanquilla, un producto de acero «semielaborado» utilizado principalmente para la fabricación de productos de acero acabados mediante procesos de laminación y de forja, aunque de igual forma este se encuentra disponible en composiciones químicas ajustadas según las necesidades del mercado (Celsa Group, s.f.). Las grandes siderúrgicas que hacen parte del Comité Colombiano de Productores de Acero son:

- Gerdau Diaco. Se dedica a la producción y comercialización de aceros largos. Adicionalmente, cuenta con centros de acopio e industrialización de chatarra, lo que la convierte en el mayor reciclador de chatarra ferrosa del país. Cuenta con una planta de producción en Tuta (Boyacá); ocho plantas de corte y doblaje de aceros en Cota (Cundinamarca), Medellín (Antioquia), Cartagena (Bolívar), Neiva (Huila), Santa Marta (Magdalena), Pereira (Risaralda), Bucaramanga (Santander) e Ibagué (Tolima); y cinco centros de desintegración en Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar), Bucaramanga (Santander), Ibagué (Tolima) y Cali (Valle).
- Siderúrgica Nacional (Sidenal). Se dedica a la fabricación de productos de acero resistentes a sismos para el sector de la construcción y la industria metalmecánica. Tiene dos plantas, una en Sogamoso (Boyacá) y una en Tocancipá (Cundinamarca). Esta empresa está encargada, mediante la Resolución 400 de 2008, del proceso de desintegración física total de los vehículos de servicio público de transporte individual, colectivo y masivo y los de transporte de carga.
- Siderúrgica del Occidente (SIDOC). Realiza principalmente labores de acopio y procesamiento de chatarra; fundición y fabricación de acero en acerías; y conformación de perfiles, barras y rollos en laminación. La empresa cuenta con dos plantas ubicadas en Yumbo (Valle del Cauca).
- Siderúrgica Paz del Río. Está dedicada a la extracción de minerales para luego, por medio de un proceso industrial, producir acero certificado, libre de residuales y con refinamiento de grano. Esta empresa tiene su planta industrial en Nobsa (Boyacá) y las minas de hierro en Paz del Río (Boyacá) y Ubalá (Cundinamarca).
- Ternium. Fabrica aceros largos de alta complejidad para proveer a las principales industrias y mercados de la región. En Colombia, Ternium cuenta con cinco centros productivos localizados en Manizales, Cali, Itagüí, Barranquilla y Palmar de Varela, Atlántico.

La empresa Diaco se ha caracterizado por fomentar y aplicar iniciativas en materia de inclusión, realizando continuamente campañas de recolección de residuos metálicos ferrosos para sus procesos productivos en conjunto con organizaciones de recicladores y

recicladoras, así, ha capacitado y aportado recursos para fortalecer la cadena de abastecimiento de chatarra. En el 2020 Diaco trabajaba de forma directa con más de 4000 personas recicladoras, capacitándolas en mejores prácticas, fortalecimiento de capacidades, procesos de formalización, mejoramiento de ECA, aspectos ambientales, salud y seguridad, y calidad de la chatarra, entre otros temas. Todo lo anterior lo hizo con el objetivo de industrializar la actividad del reciclaje de oficio y asegurar mayores volúmenes de una forma sostenible. Igualmente, otro actor relevante dentro del rubro de valorización de chatarra es la empresa SIDOC, que opera con una estrategia similar, articulando la provisión de chatarra a través de la población recicladora y chatarrerías.

### **Metales no ferrosos**

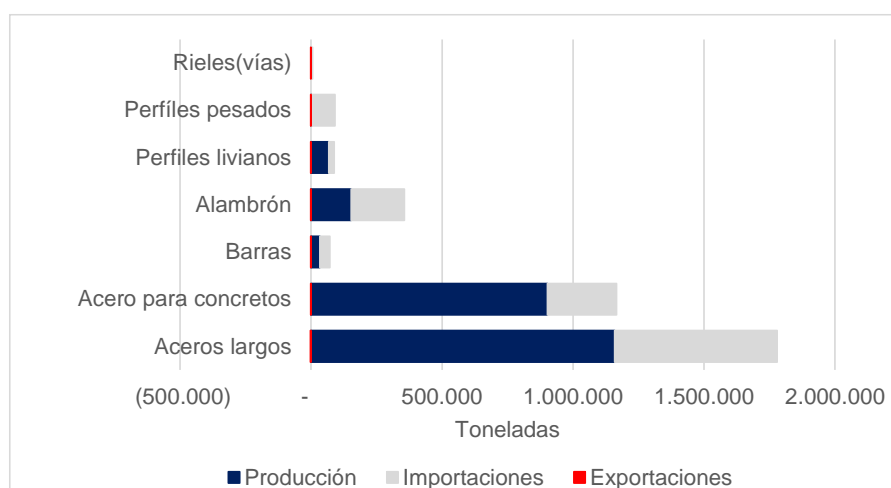
El material metálico no ferroso relevante para las actividades de valorización de los residuos provenientes del servicio público de aseo es el aluminio, que cuenta con su propia cadena de valor caracterizada por precios de mercado muy atractivos; el promedio nacional del precio del aluminio es 4736 pesos colombianos por kilogramo (Acoplásticos, 2021). Dicha cadena de valor inicia con la recolección de estos materiales por parte de las empresas prestadoras del servicio de aprovechamiento, incluyendo las organizaciones de recicladores y recicladoras, aunque intervienen también intermediarios que concentran volúmenes a destinar a la industria de la transformación.

En este ámbito se destacan dos empresas transformadoras, sin perjuicio de otras fundiciones de menor tamaño, las cuales obtienen de esta transformación lingotes de aluminio y perfilería para construcción:

- Alúmina. Esta empresa lidera el mercado de extrusión y laminación de aluminio en Colombia. Tiene su sede central en la ciudad de Yumbo (Valle del Cauca).
- Ateco. Es una empresa de gestión integral de residuos del sector metalúrgico ubicada en La Candelaria (Valle del Cauca).

El cobre es otro material muy atractivo en esta familia de metales. En Colombia se tienen dos grandes industrias, entre las que se destaca la empresa Cobres de Colombia, dedicada a la refinación de cobre a nivel nacional, la cual fabrica productos de cobre y base cobre destinados al sector eléctrico y metalmecánica. Su planta se encuentra ubicada en Yumbo (Valle del Cauca).

En la siguiente figura se presenta el consumo aparente de diferentes tipos de aceros en Colombia para el año 2020. Los principales productos de producción nacional del sector siderúrgico son los aceros largos, los aceros para concretos y el alambrón. En el año 2020 se registró una producción de aceros largos de 1,1 millones de toneladas (presentando un decrecimiento del 13 % con respecto a 2019), de 901 000 toneladas de aceros para concretos (con un decrecimiento del 14 % con respecto a 2019) y de 153 000 toneladas de alambrón (igualando de cerca la producción de 2019). Para estos tres productos, la participación de las importaciones del total del consumo aparente fue del 35 %, 23 % y 57 %, respectivamente. Por su parte, las exportaciones no alcanzan el 1 % del consumo aparente es estos productos.

**Figura 37. Consumo aparente de aceros en Colombia en toneladas (2020)**

Fuente: Informe del sector siderúrgico 2019-2020 (ANDI, 2021).

Es importante mencionar que la demanda de la chatarra a nivel nacional es de gran relevancia para la industria, de hecho, la convierte en la industria con el mayor reciclaje del país. Asimismo, la chatarra está presentando una tendencia global de reemplazar el uso de hierro y otros minerales para producción del sector (ANDI, 2021). En la siguiente tabla se presentan las materias primas de chatarra compradas en Colombia, tanto en el mercado nacional como internacional, durante el año 2020. La chatarra de acero, hierro, cobre, aluminio, plomo, zinc y metales no clasificados en otra parte (n.c.p.) se adquiere principalmente en el territorio nacional.

**Tabla 24. Materias primas compradas en Colombia de chatarra (2020)**

Artículos	Compras Valor total (Mill. COP)	Compras nacionales (Mill. COP)	Compras en el extranjero (Mill. COP)	Compras nacionales (%)	Compras en el exterior (%)
Chatarra de acero	476 755	476 755	-	100 %	0 %
Chatarra de hierro	243 779	242 216	1562	99 %	1 %
Chatarra de metales n.c.p.	53 360	53 191	169	100 %	0 %
Chatarra de cobre	47 521	46 840	680	99 %	1 %
Chatarra de latón	18 532	8073	10 458	44 %	56 %
Chatarra de aluminio	92 399	92 399	-	100 %	0 %
Chatarra de plomo	4	4	-	100 %	0 %
Desperdicios y chatarra de cinc	11 115	11 115	-	100 %	0 %

Fuente: Encuesta Anual Manufacturera (DANE, 2022).

### **A nivel local**

Al igual que ocurre con el papel/cartón y el vidrio, no existe a nivel local industria transformadora de metales. Todo el material recolectado es transportado hacia las grandes ciudades para su transformación, mayormente a través de los intermediarios.

#### **5.4.5 Cartón para bebidas (Tetra Pak)**

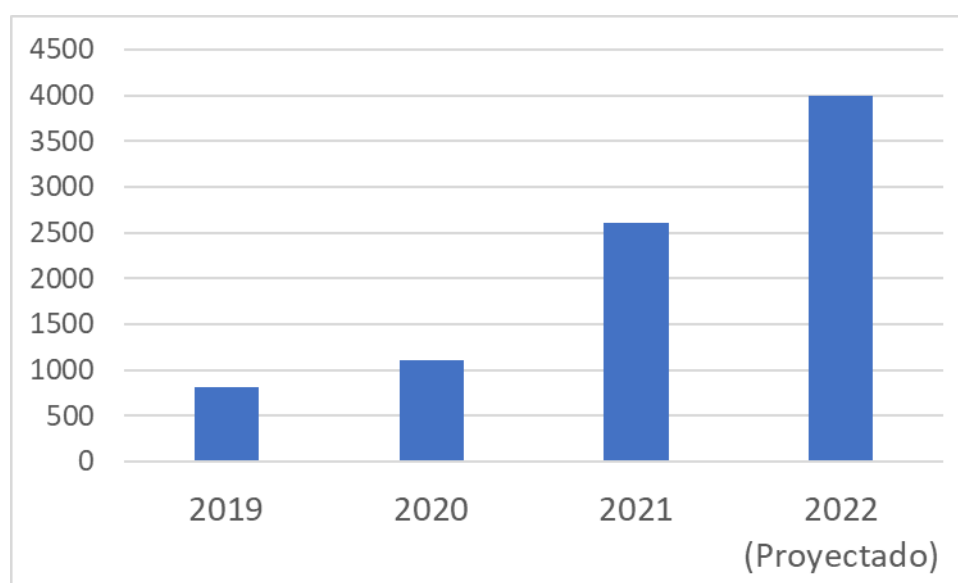
La cadena de valor de los residuos de envases de cartón para bebidas (comúnmente conocido como Tetra Pak) se analiza de forma individual debido a que estos tienen unas características particulares (están compuestos de cartón, polietileno y papel aluminio), y

por lo tanto requieren un tratamiento diferenciado. El principal actor en esta cadena es, sin lugar a dudas, la empresa Tetra Pak, que en el caso de Colombia concentra más del 90 % del mercado de ese tipo de envases. Por razones de competitividad y sostenibilidad, en este caso particular es el propio fabricante de los envases, y no los productores que los utilizan, quien se ha dado a la tarea de explorar posibilidades de valorización del material que compone su producto. Esta tendencia se puede posible observar a nivel internacional para este material.

Tetra Pak Colombia lleva más de diez años trabajando en la recuperación y valorización de sus residuos de envases, y en los últimos cuatro años las cosas se han acelerado, pues se ha dado un crecimiento considerable de los volúmenes y procesos de recuperación, así como una articulación con distintos actores de la cadena de valor.

A continuación se presentan las cantidades de residuos de envases de Tetra Pak valorizados por empresas transformadoras en Colombia durante los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Entre 2019 y 2022 se ha más que cuadruplicado el volumen recuperado y valorizado, pasando de 800 t/año a 4000 t/año. Esta evolución está en línea con los lineamientos y las políticas corporativas que Tetra Pak declara en su Reporte de Sostenibilidad 2022 a nivel mundial.

**Figura 38. Volumen de envases Tetra Pak valorizados**



Fuente: elaboración y proyección 2021 propia con base en información entregada por Tetra Pak en 2021

Actualmente hay en Colombia seis transformadores de residuos de envases de Tetra Pak, con capacidad distribuida en el territorio nacional: COMOLSA (grupo Molpack), Proplanet, Unibol, Ecopulpac, Cartonall y Cundiplas. La capacidad actual de transformación llega entre estos seis actores a las 8000 t/año. Comolsa y Proplanet son los que actualmente absorben la mayor parte del material, y ambos trabajan, al igual que Unibol, en proyectos de ampliación de capacidad a mediano plazo. Esta mayor capacidad está en sintonía con los esfuerzos que la empresa Tetra Pak está haciendo activamente durante los últimos años, orientados al desarrollo de alternativas que permitan aumentar la capacidad de transformación a costos sostenibles.

Comolsa utiliza la fibra de cartón para producir productos como cajas para huevos, cajas para frutas y collares para el café, entre otros. Actualmente están incursionando en otras



aplicaciones relacionadas con la transformación del papel de aluminio. Proplanet, por su parte, utiliza el polialuminio en la fabricación madera plástica y *pellets*, y ha incursionado también en otras aplicaciones relacionadas con la utilización de la fibra de cartón.

Se estima que anualmente se ponen en el mercado unas 20 000 toneladas de envases de cartón para bebidas, que, como se indicó, corresponden mayoritariamente a la marca Tetra Pak. Por tanto, se podría decir que la tasa de valorización que se ha alcanzado a 2022 es de aproximadamente un 20 %.

Con respecto a los precios del material, este no es muy atractivo para los recicladores y recicladoras, por lo que no se ven muy motivados a recogerlo. Es por esta razón que Tetra Pak desarrolla múltiples iniciativas con organizaciones de recicladores(as) y con la comunidad para incentivar un eficiente sistema que incluye segregación en la fuente, recolección, clasificación, acopio y acondicionamiento de los envases de cartón para bebidas. Esto se realiza en todas las principales ciudades de Colombia, donde Tetra Pak trabaja directamente con las organizaciones brindando soluciones logísticas, equipamiento e incentivos. Las organizaciones activas en Ibagué tienen la oportunidad de articular estos mecanismos de cooperación.

En general, Tetra Pak viene trabajando en distintos frentes, tales como:

- Campañas de educación y sensibilización al consumidor, con el objetivo de mejorar la calidad de la segregación en la fuente.
- Alianzas con colectivos que se crearon en torno a la REP (responsabilidad extendida del productor) para desarrollar y fortalecer las capacidades de las organizaciones de recicladores y recicladoras. La inclusión en estos programas de fortalecimiento está condicionada a la recolección del material. En particular, Tetra Pak trabaja en forma coordinada con programas posconsumo de envases y empaques, particularmente con Visión 30/30 y Red Reciclo.
- Programa de incentivos a la recolección de envases de Tetra Pak, que consiste en:
  - Proveer material para la recolección y educación de las fuentes de generación (p. ej. Afiches y animaciones).
  - Reconocimiento (trimestral, semestral o anual) por las cantidades de residuos de envases de Tetra Pak que se hayan recolectado. La empresa calcula el porcentaje que representan los residuos de envases de Tetra Pak del total de residuos reciclables gestionados y les dan dinero, bonos de alimentos o material para la bodega. Los recicladores deben demostrar las ventas con sus facturas.

Desde el año 2020 Tetra Pak ha estado trabajando en el reclutamiento de organizaciones de recicladores y recicladoras y en la elaboración de una red de grandes acopiadores que ofrezcan condiciones atractivas y optimicen la logística. Como ya se mencionó previamente, la gran mayoría de organizaciones tienen limitaciones para acceder directamente a las empresas transformadoras, por lo que resulta necesaria la intervención de los intermediarios o mayoristas.

#### **5.4.6 Fracción no reciclable**

Actualmente la fracción no reciclable tiene como destino final el relleno sanitario, ya que no se ha implementado una estructura de mercado que haga factible la valorización energética, por coprocesamiento, de dicha fracción. El coprocesamiento se define como la

utilización de materiales provenientes de residuos para reemplazar combustibles fósiles y/o la sustitución de materias primas vírgenes en el proceso de producción de clínker, que es la materia prima principal del cemento.

La tendencia mundial muestra un avance sostenido en el reemplazo de combustibles fósiles (carbón, en el caso de Colombia) por combustibles derivados de residuos (CDR) y algunas corrientes de biomasa. La Unión Europea es, sin lugar a duda, la región de referencia en estos avances, mostrando niveles de sustitución que en la actualidad superan el 50 %. Es decir que más de la mitad de la energía térmica necesaria para producir clínker/cemento en Europa proviene de combustibles alternativos. El 32 % proviene precisamente de combustibles derivados de residuos, y de esa proporción, un 50 % proviene de la fracción no reciclable de envases y empaques que se genera como rechazo en las plantas de clasificación.

La industria cementera en Colombia, a través de Aprocemco (asociación gremial), actualmente se está articulando con actores públicos y privados para dar forma a dicha estructura, de forma que los materiales no reciclables fluyan a esta alternativa de valorización. Este actor potencial de gran capacidad demandará combustibles derivados de residuos para el cumplimiento de sus objetivos de sostenibilidad, dentro de los que destacan el reemplazo de combustibles fósiles (carbón) necesarios para su proceso productivo y la disminución de emisión de GEI, principalmente CO<sub>2</sub>.

A mediano plazo es posible ver la aparición de una industria de preprocesamiento, que concentrará sus operaciones en el tratamiento, por trituración y mezcla, de la fracción no reciclable para la producción de CDR, cumpliendo con las especificaciones técnicas exigidas por cada planta cementera. La experiencia internacional indica que esta industria podrá desarrollarse naturalmente a partir de la demanda por CDR de las cementeras, o bien podrá corresponder a una integración vertical de las propias cementeras en la cadena de valor de los residuos involucrados.

A nivel internacional, es posible observar diferentes formas como se construye la estructura de mercado para esta fracción no reciclable, dependiendo principalmente de la estrategia a implementar por cada una de las empresas cementeras involucradas. En cualquier caso, se espera la aparición de la capacidad de preprocesamiento antes comentada, que generalmente se desarrolla como complemento a las operaciones de clasificación de materiales reciclables. La experiencia europea indica que, en promedio, un 30% del material potencialmente reciclable se convierte en rechazo en las operaciones de clasificación, dando origen a la materia prima para la producción de CDR.

Los actores que actualmente cuentan con actividades de coprocesamiento, y podrían recibir la fracción no reciclable de envases y empaques transformadas en combustible derivado de residuos, son:

- Holcim, planta productora de clínker ubicada en Nobsa (Boyacá).
- CEMEX, planta productora de clínker ubicada en Ibagué (Tolima).
- Argos, planta productora de clínker ubicada en Río Claro (Antioquía).

Las tres empresas cuentan con sistemas de logística inversa muy versátiles, que hacen potencialmente factible el transporte de CDR desde su origen a las plantas respectivas.

Sin perjuicio de las alternativas recién descritas, evidentemente, la planta Caracolito de CEMEX, ubicada precisamente en Ibagué, es la que presenta un mayor atractivo para el

desarrollo de esta alternativa de valorización, lo que se encuentra en línea con los planes que la propia empresa ha declarado.

A mediano plazo, otras empresas productoras de cemento podrán convertirse en actores de similar capacidad, en la medida que implementen exitosamente sus programas de coprocesamiento. En este sentido, destacan actores como Cementos Alión, cuya planta se ubica en Río Claro (Antioquia) y Cementos Tequendama (Cetesa), cuya planta se ubica cercana a la ciudad de Bogotá. Además, en el área metropolitana de Cúcuta, CEMEX cuenta con la planta cementera Los Patios, ubicada en el municipio del mismo nombre.

En Ibagué, como se comentó, existe una planta cementera que reúne todas las características y tiene un potencial muy interesante para el desarrollo de coprocesamiento. Así, la potencial fracción no reciclable de los residuos sólidos, proveniente de operaciones de clasificación u otras tecnologías de tratamiento (como TMB, por ejemplo), podrá ser procesada y posteriormente valorizada como CDR en dicha planta, en la medida en que el costo alternativo de los combustibles tradicionales fósiles justifique los costos de inversión para procesamiento y posteriores costos logísticos. En este caso, estos serían mínimos, por la cercanía de la planta cementera.

Según la información facilitada por CEMEX, la planta Caracolito presentaba en 2021 un nivel de sustitución por coprocesamiento de 7 %, el que ha aumentado sostenidamente hasta el 30 % en la actualidad. La meta a largo plazo es avanzar hasta un 80 % para el año 2030, que corresponde al potencial alcanzable según las evaluaciones técnicas de la empresa. Para cumplir con este objetivo, CEMEX viene materializando inversiones en capacidad de producción de CDR (trituración y mezcla), dando forma a proyectos enfocados en generar capacidades de mayor consumo de CDR en su planta Caracolito (recepción, almacenamiento y alimentación) y diseñando estrategias que aseguren la provisión de residuos coprocesables desde centros urbanos de generación como Ibagué y Bogotá.

Un nivel del 80 % de sustitución de combustibles fósiles por carbón en la planta Caracolito de Ibagué implicaría el consumo de aproximadamente 35 000 t/mes de CDR, lo que puede considerarse como máximo teórico alcanzable. Suponiendo una sustitución del 40 %, que corresponde a una práctica promedio en plantas cementeras ubicadas en países desarrollados, el volumen demandado alcanzaría las 17 500 t/mes. Este es un potencial atractivo, con alto impacto potencial en la gestión de residuos de Ibagué y de otras ciudades con gran generación de residuos sólidos, como Bogotá.

En todo caso, y en la situación hipotética de no contar con la disponibilidad de la planta Caracolito de CEMEX para el consumo de CDR, sistemas de logística inversa permitirían transportar CDR desde Ibagué hacia otras plantas cementeras en Colombia. Un ejemplo de ello es la logística implementada por la empresa Geofuturo en Cartagena de Indias, que produce CDR desde residuos sólidos industriales y lo provee precisamente a la planta Caracolito de CEMEX en Ibagué, aprovechando fletes de retorno que CEMEX gestiona con base en el transporte de clínker. Este ejemplo demuestra que en la medida que las coordinaciones logísticas sean factibles, también será factible valorizar la fracción no reciclable como CDR.

## **5.5 Análisis FODA de las fases de la cadena de valor**

A continuación se describen las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas en el mercado de los residuos reciclables para la ciudad de Ibagué.

### 5.5.1 Fortalezas

- La cobertura de recolección del servicio público de aseo es del 100 %, lo que ofrece una base logística atractiva para la implementación de una recolección selectiva eficiente.
- Existe una tarifa correspondiente a la actividad de aprovechamiento denominada valor base de remuneración de aprovechamiento (VBA), la cual es única para cualquier tipo de material reciclable gestionado.
- Hay experiencia acumulada en los sectores público y privado con respecto a la conformación y formalización de organizaciones de recicladores y recicladoras.
- Se observa un aumento en las tasas de registro y formalización de personas recicladoras de oficio y organizaciones de recicladores. En el año 2021 se censaron 620 recicladores y recicladoras.

### 5.5.2 Oportunidades

- Compromisos asumidos por Colombia en el contexto de la NDC, que en su actualización establece metas claras en torno a la valorización de residuos.
- Marco regulatorio para la responsabilidad extendida del productor (REP), a través de la puesta en vigencia de las obligaciones emanadas de la Resolución 1407 de 2018. Estas fomentan la valorización de residuos de envases y empaques, con un impacto esperado en materiales como plásticos, papeles, cartones, aluminio, Tetra Pak y vidrio.
- Implementación de rutas de recolección selectiva que pueden impactar positiva y significativamente los niveles de eficiencia de la actividad.
- Comportamiento de los mercados de materias primas vírgenes (incremento actual de los precios), que gatilla una alta demanda de ciertos materiales reciclables por parte de la industria transformadora, como algunos tipos de plásticos y papel/cartón.
- La disposición política para entregar incentivos adecuados dentro de la regulación de la actividad de aprovechamiento puede balancear las condiciones de competencia a las que se enfrentan las organizaciones de recicladores y las empresas prestadoras del servicio de aseo.
- Creciente sensibilidad social en torno a los desafíos y objetivos ambientales.
- Disponibilidad creciente de fuentes de financiamiento para nuevos proyectos, incluyendo cooperación internacional.
- Capacidad instalada disponible en la industria transformadora a nivel nacional de plásticos, papel/cartón, metales (ferrosos y no ferrosos) y vidrio para la valorización de residuos reciclables.
- Disposición de empresas de transformación para fortalecer la cadena de valor desde su generación y recolección, principalmente a través de la fidelización y formalización de ADR (p. ej. Diaco).
- Capacidad instalada y potencial evaluado, en la empresa cementera existente en Ibagué (CEMEX), para el consumo de volúmenes relevantes de combustible derivado de residuos (CDR).

### 5.5.3 Debilidades

- Baja calidad de la separación en la fuente (material con problemas de contaminación). A la población recicladora se le entrega un alto porcentaje de material sin separar.
- La estructura de las actividades de clasificación y pretratamiento se basa en operaciones de tamaño pequeño, y no ofrecen economías de escala.
- Poca interacción, y muchas veces desconfianza, entre las organizaciones de recicladores y recicladoras y los operadores del servicio público de aseo o alcaldía para la definición de rutas. Específicamente, de las 17 ORO que hay en Ibagué solo cinco están reconocidas por la alcaldía. Estas cinco indican que las otras 12 son ORO «de papel».
- Algunas ORO mencionaron tener inconvenientes con los pagos correspondientes a la tarifa de aprovechamiento por parte de la empresa Interaseo, básicamente debido a retrasos en los pagos.
- Capacidad limitada de recolección por parte de las organizaciones de recicladores.
- Limitaciones para el almacenamiento de material dentro de las ECA, debido a falta de espacio y deficiencias relacionadas con temas de salud y seguridad, como control de plagas y prevención de incendios.
- Falta de capacidad de despacho continuo a las industrias transformadoras por parte de las ECA, por lo que hay un déficit para abastecer la demanda de la industria transformadora.
- La falta de capacidad financiera de las ECA limita la posibilidad de comercializar materiales directamente con la industria transformadora. Las ECA requieren flujo de caja constante, teniendo en cuenta que son muchas las personas recicladoras asociadas a las organizaciones que subsisten del ingreso diario por la comercialización de materiales.
- Bajas tarifas de mercado de materiales como el cartón para bebidas (Tetra Pak) y el vidrio que limitan la sostenibilidad de las correspondientes cadenas de valor.
- Incapacidad de las ORO para organizarse desde una perspectiva empresarial que les permita negociar de forma directa con la industria transformadora.
- A nivel nacional, se observa una falta de disponibilidad de materiales reciclables. Las principales empresas transformadoras mencionan que existe dificultad para contar con un flujo permanente y constante de materiales reciclables de calidad.
- Poco desarrollo de la industria transformadora local; la mayor parte del material sale de Ibagué hacia las grandes ciudades.
- Las industrias transformadoras exigen topes mínimos de volumen de material muy elevados.
- Los acuerdos de pago de la mayoría de las empresas transformadoras tienen plazos de más de 30 días. Esto perjudica a los recicladores, ya que en su mayoría viven del ingreso diario.
- Los trámites para vincularse con las industrias transformadoras son extensos y demorados.

- Inestabilidad y fluctuación de los precios del mercado.
- La calidad y representatividad de captura y la organización de la información es uno de los grandes retos que se propone afrontar el modelo de aprovechamiento. Es también una de las funciones que tiene la SSPD en su labor de inspección, vigilancia y control (SSPD & Universidad Nacional de Colombia, 2020).

#### **5.5.4 Amenazas**

- Importación de materiales reciclables desde otros países.
- Fluctuaciones en los precios internacionales de materiales reciclables, que inciden directamente en los precios del mercado local.



## **6 Funcionamiento del mercado actual de los residuos orgánicos en Ibagué**

Para explicar el funcionamiento del mercado de los residuos orgánicos en Ibagué, se ha definido su cadena de valor, la cual se describe en los siguientes subcapítulos.

### **6.1 Definición de los eslabones de la cadena de valor de los residuos orgánicos**

Para efectos del presente estudio, se ha definido la cadena de valor de los residuos orgánicos municipales como el conjunto de actividades que se desarrollan desde la generación de los residuos hasta su transformación en nuevos productos, materiales o sustancias con una finalidad útil. Los principales eslabones identificados en la cadena de valor son los siguientes:

#### **Eslabón 1. Generación y recolección**

Este primer eslabón abarca las actividades de generación y recolección de residuos reciclables desarrolladas por el servicio público de aseo. Los actores principales son los distintos tipos de generadores (como hogares, comercios, instituciones, etc.) y las empresas públicas o privadas de recolección, incluyendo las ORO.

#### **Eslabón 2. Valorización (tratamiento)**

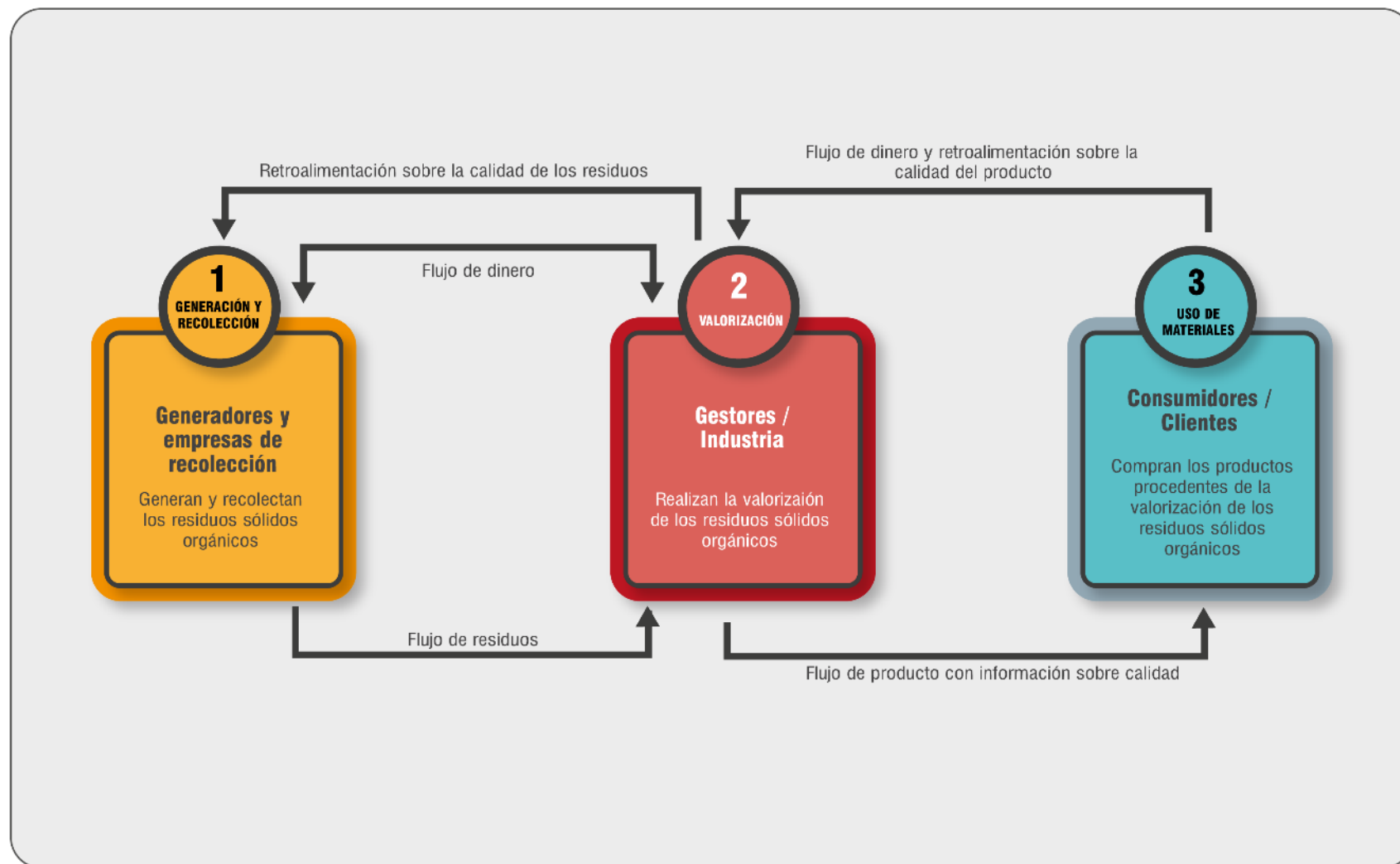
Este segundo eslabón abarca las instalaciones públicas y privadas que realizan el tratamiento de los residuos orgánicos generados y recolectados en el eslabón anterior, como instalaciones de compostaje, lombricultura, digestión anaerobia, etc.

#### **Eslabón 3. Uso de materiales**

Este tercer eslabón abarca a los consumidores de productos procedentes de la valorización de residuos sólidos orgánicos. Con base en las tecnologías más desarrolladas (compostaje y digestión anaerobia), este eslabón se ha enfocado principalmente en los mercados del compost (que puede provenir tanto del compostaje directo de los ROM como del compostaje del digestato), de la energía eléctrica, y del biogás o biometano.

A continuación se presenta un esquema conceptual de esta cadena de valor. En los siguientes subcapítulos se describen los componentes de cada eslabón, incluyendo los actores relevantes, las capacidades instaladas, y los flujos de residuos y productos.

Figura 39. Esquema conceptual de la cadena de valor de los residuos orgánicos



Fuente: GOPA Infra, 2023.

## 6.2 Primer eslabón: generación y recolección de residuos sólidos

### 6.2.1 Generación de residuos sólidos

Como se indicó en el punto 5.2.1 del presente informe, para el año 2021, la generación de residuos sólidos municipales en Ibagué se estimó en 175 069 toneladas. De ese total, un 53,1 %, es decir 93 043 toneladas, corresponden a la fracción orgánica. Para mayor detalle, referirse al punto 5.2.1 mencionado.

Específicamente, de acuerdo con los «parámetros línea base 2021» facilitados por la alcaldía municipal, la generación de residuos correspondiente a las actividades de corte de césped y poda de árboles fue 3600 toneladas, un promedio de 300 t/mes, equivalente aproximadamente al 4 % del total de la fracción orgánica.

Asimismo, durante el desarrollo del presente estudio se obtuvo información sobre la generación de residuos sólidos provenientes de las plazas de mercado de Ibagué. En Ibagué hay cinco plazas de mercado, todas administradas por INFibagué. Estas son:

- Plaza de la 14
- Plaza de la 21
- Plaza de la 28
- Plaza El Jardín
- Plaza El Salado

De acuerdo con la información proporcionada por un funcionario de INFibagué, estas cinco plazas de mercado generan un total de entre 30 y 36 t/mes de residuos sólidos. Cada dos años se realizan aforos de estos residuos para determinar su composición física, y se obtuvo como resultado que aproximadamente el 80 % de los residuos generados son orgánicos, mientras que el 20 % restante son inorgánicos. Esto representa una generación de entre 24 y 28,8 toneladas de residuos orgánicos por mes, equivalente a entre 288 y 346 toneladas de residuos orgánicos anuales.

### 6.2.2 Recolección de residuos sólidos

#### 6.2.2.1 Aspectos generales de la recolección de residuos sólidos

Tal como se mencionó en el ítem 5.2.2.1, la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos no aprovechables en la ciudad de Ibagué está a cargo de la empresa *Interaseo S.A. E.S.P.*, y la cobertura del servicio de aseo en el área urbana es del 100 %. En la siguiente tabla se presenta el número de usuarios del servicio público de aseo con corte a diciembre 2021.

**Tabla 25. Usuarios del servicio de aseo en el área urbana a diciembre 2021**

Tipo de uso	Usuarios
<b>Residencial</b>	
Estrato I	29 508
Estrato II	82 947
Estrato III	49 472
Estrato IV	22 989

Tipo de uso	Usuarios
Estrato V	3183
Estrato VI	732
<b>Subtotal residencial</b>	<b>188 831</b>
<b>No residencial</b>	
Comercial	12 516
Industrial	1240
Oficial	438
<b>Subtotal no residencial</b>	<b>14 194</b>
<b>Total</b>	<b>203 025</b>

Fuente: Parámetros Línea Base 2021, Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo, Alcaldía Municipal de Ibagué.

### 6.2.2.2 Iniciativas de recolección selectiva de ROM

Actualmente en Ibagué los ROM son recogidos, mezclados con el resto de los residuos y transportados al relleno sanitario, por lo que no se realiza segregación en la fuente ni recolección selectiva de ROM. Los únicos residuos orgánicos que son recolectados de forma diferenciada, básicamente por cuestiones logísticas, son los residuos de corte de césped y poda de árboles; sin embargo, estos también son transportados al relleno sanitario para su disposición final.

Desde mayo del año 2022, la Asociación de Recicladores Los Pijaos viene desarrollando un proyecto piloto de recolección selectiva de una parte de los residuos sólidos generados por la Plaza de Mercado El Jardín, los cuales son trasladados a un predio ubicado cerca al relleno sanitario La Miel para su valorización mediante compostaje.

## 6.3 Segundo eslabón: valorización (tratamiento)

Este segundo eslabón de la cadena de valor abarca las instalaciones públicas y privadas que realizan el tratamiento y la valorización de los residuos orgánicos generados y recolectados en el eslabón anterior (instalaciones de compostaje, lombricultura, digestión anaerobia, etc.).

### 6.3.1 Infraestructura pública y privada existente para el tratamiento y la valorización de ROM

Durante el desarrollo del presente estudio no se identificaron iniciativas públicas ni privadas en funcionamiento para la valorización de ROM en Ibagué. Sin embargo, sí se identificó un proyecto piloto de valorización de residuos orgánicos desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos, que se describe a continuación.

Desde mayo de 2022 la Asociación de Recicladores Los Pijaos hace el aprovechamiento de una parte de los residuos sólidos generados por la Plaza de Mercado El Jardín. Las instalaciones donde se realiza este proyecto piloto están ubicadas en un predio localizado cerca al relleno sanitario La Miel.

En esas instalaciones se reciben los residuos de la plaza de mercado y se realiza su preclasificación, ya que vienen mezclados con residuos no orgánicos. Luego, los residuos orgánicos separados son picados con herramientas manuales para homogenizar el tamaño

de partícula, se mezclan con residuos de madera (material estructurante) y se depositan en un equipo rectangular compuesto por diferentes cámaras, fabricado por la empresa Earth Green Colombia<sup>23</sup> de Medellín.

**Imagen 17. Sistema de compostaje de Earth Green Colombia utilizado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos**



Fuente: Earth Green, s. f.

El proceso de compostaje al interior del equipo tarda entre 25 y 30 días. Durante este tiempo no se realizan volteos y no se aplica ningún tipo de producto. El equipo no consume energía ni agua. Posteriormente, el material se retira del equipo y se madura durante una semana adicional. Finalmente, el producto terminado es zarandeado y empacado para su posterior uso en huertas y algunos cultivos. Cabe señalar que dicho producto aún no se encuentra certificado.

En total, la Asociación de Recicladores Los Pijaos reporta haber tratado aproximadamente dos toneladas de residuos orgánicos entre mayo y setiembre 2022, lo que representa unos 400 kg/mes. La tasa de conversión en compost es de alrededor del 30 %. A continuación se presentan algunas imágenes de las instalaciones.

---

<sup>23</sup> <https://www.earthgreen.com.co/>

**Imagen 18. Instalaciones del proyecto piloto de compostaje desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

**Imagen 19. Proyecto piloto de compostaje desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

### **6.3.2 Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento**

La Asociación de Recicladores Los Pijaos indicó que tienen pensado ampliar la capacidad de tratamiento del proyecto piloto. Por un lado, mencionaron que la plaza de mercado El Jardín se ha comprometido a entregarles 1,8 t/mes de residuos sólidos, e indicaron que quieren involucrar a otras plazas de mercado en el proyecto. Por otro lado, INFibagué informó que tienen interés en desarrollar un plan piloto para el tratamiento de una parte de los residuos orgánicos generados en las plazas de mercado, a través de una empresa llamada Arkansas. Sin embargo, aún no hay nada concreto.

### **6.4 Tercer eslabón: uso de materiales**

Este tercer eslabón se enfoca en los posibles usos de los productos o materiales procedentes de la valorización de residuos sólidos orgánicos. Con base en las tecnologías más desarrolladas (compostaje y digestión anaerobia), en este apartado se analizan principalmente los mercados de abonos y acondicionadores de suelo orgánicos, de energía eléctrica y de gas natural (que puede ser reemplazado por el biometano procedente de una eventual digestión anaerobia).



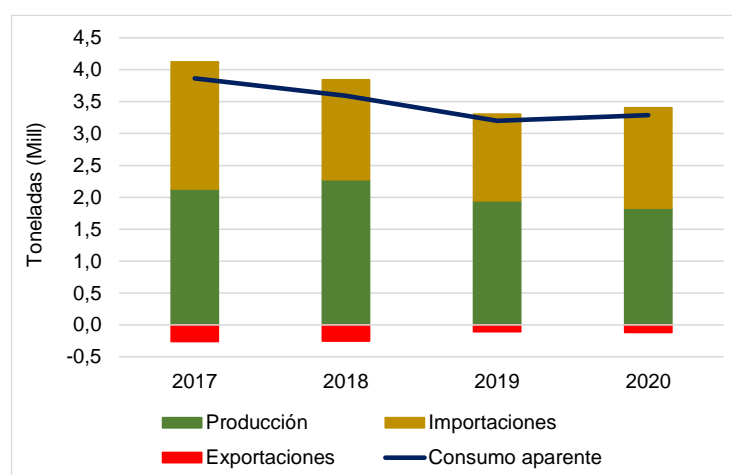
### 6.4.1 Mercado de abonos y acondicionadores de suelo orgánicos

En este apartado se describe el mercado nacional de abonos y acondicionadores de suelo orgánicos, ya que, con base en las experiencias de otras regiones (como Bogotá), se puede suponer que los abonos orgánicos eventualmente producidos en Ibagué podrían ser distribuidos tanto a nivel local como nacional, siempre y cuando cumplan con los requisitos de calidad.

#### 6.4.1.1 Información general sobre el mercado de abonos y acondicionadores de suelo orgánicos

El compost compite en el mercado de abonos y acondicionadores orgánicos dentro del sector de fertilizantes y acondicionadores de suelos. A nivel nacional, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es la entidad encargada de ejercer control técnico y científico del registro, la producción, la importación, la comercialización y el uso de fertilizantes, acondicionadores de suelo y bioinsumos agrícolas<sup>24</sup>. En cumplimiento de su labor, el ICA recopila las estadísticas de producción, importaciones y exportaciones de las empresas registradas anualmente. De acuerdo con las cifras del 2020, el consumo aparente de fertilizantes y acondicionadores de suelo en Colombia fue de 3,29 millones de toneladas, de los cuales la producción nacional aportó el 56 %, equivalente a 1,83 millones de toneladas. Las exportaciones, por su parte, tienen una baja participación, correspondiente al 6 % de la producción.

**Figura 40. Consumo aparente, producción, importaciones y exportaciones de fertilizantes y acondicionadores de suelo en Colombia en millones de toneladas (2017-2020)**



Fuente: estadísticas de importación y exportación de fertilizantes y bioinsumos (ICA, 2022).

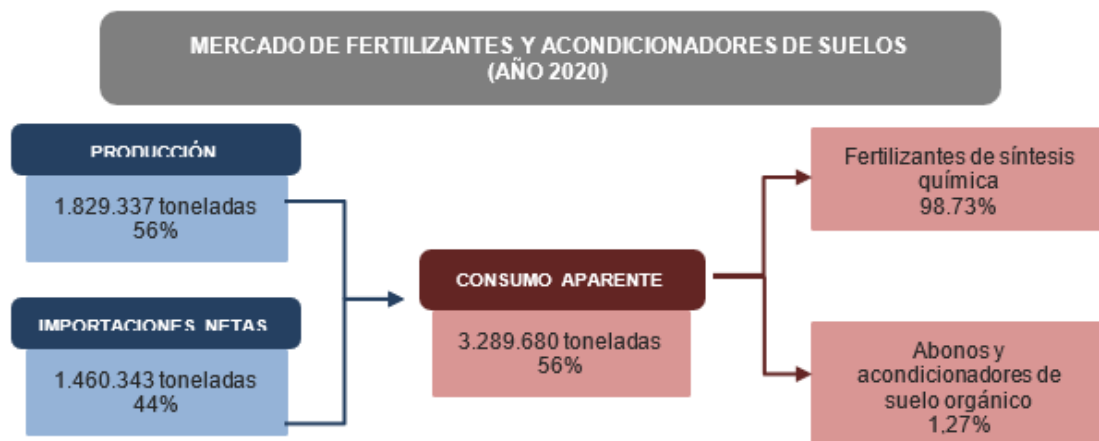
Dentro del total de la producción, los acondicionadores orgánicos y orgánico-minerales de suelos —dentro de los que se encuentra el compost— representan el 1,27 %<sup>25</sup> del mercado, equivalente a 23 291 toneladas en 2020. Dentro de este grupo se encuentran el compost y otros productos directamente competidores, como la gallinaza y el humus de lombriz, al igual que mezclas de productos del compost con otros minerales como el NPK. Según datos del 2017, dentro del grupo, los productos de la lombricultura representan el

<sup>24</sup> Resolución ICA 00150 de enero de 2003.

<sup>25</sup> De acuerdo con datos del 2017, año para el cual se reporta la información desagregada por tipo de producto.

33,94 % del total producido; la gallinaza, el 5,87 %; y los productos y subproductos del compost el 3,89 %.

**Figura 41. Mercado de fertilizantes y acondicionadores de suelos (2020)**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

Los fertilizantes y acondicionadores de suelo químicos abarcan la mayor parte del sector de fertilizantes en el país, con el 98,73 % del mercado total. Tres grandes empresas concentraron el 65 % de la producción de fertilizantes químicos en 2020: Monómeros Colombo-Venezolanos (28 %), Yara Colombia S.A. (22 %) y Precisagro S.A.S. (15 %). Las mismas tres empresas fueron las mayores importadoras de insumos y productos finales para el sector; en conjunto importaron en 2020 el 78 % (31 % Yara Colombia S. A., 25 % Monómeros Colombo-Venezolanos, y 21 % Precisagro S.A.S.).

En el mercado agrícola tradicional, los abonos y acondicionadores orgánicos tienen una relación de complementariedad más que de competencia después de cierto nivel inicial de uso, con la rama de fertilizantes químicos. En una primera etapa, los abonos orgánicos reemplazan una proporción de los fertilizantes químicos, y luego el crecimiento en el consumo de los dos va de la mano, teniendo en cuenta que la intensidad de uso en t/ha de cultivo es mayor para los abonos orgánicos. Los abonos orgánicos, por sus propiedades químicas, poseen una concentración de nutrientes mucho más baja que su contraparte química. Por tanto, es común que las recomendaciones de buenas prácticas agrícolas incluyan la necesidad de combinar fertilización química y orgánica para alcanzar mejores rendimientos del cultivo en el largo plazo, evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos y prevenir la erosión del suelo (Sadeghian, 2010). Se estima que cerca del 40-70 % del nitrógeno, 80-90 % del fósforo y 50-70 % del potasio de los fertilizantes químicos no son absorbidos por la planta y se pierden en el medio ambiente (Alcaraz & Jiménez, 2018), lo cual se traduce en contaminación, sobreuso de fertilizantes y pérdida de productividad a largo plazo.

Para el agricultor colombiano, el uso de fertilizantes tiene un gran peso dentro de sus costos de producción. Las importaciones son muy importantes en el mercado de fertilizantes químicos, tanto de producto final como de materia prima, para la producción local de fertilizantes. Por ello, las variaciones en el precio de los fertilizantes químicos van de la mano con el comportamiento del dólar y el precio del petróleo. Se calcula que el costo de los fertilizantes representa entre un 8 % y 28 % del total del costo de producción, y en promedio, es un 55 % del costo de los insumos para el agricultor colombiano (MADR, 2019).

Además de la dinámica de los precios de los fertilizantes, en el alto costo del plan de fertilización influye también la falta de conocimiento sobre el uso adecuado de fertilizantes por parte del productor (MADR, 2019). Como lo muestran los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del DANE de 2019, lo más frecuente es que el plan de fertilización del cultivo se realice de acuerdo con el criterio del productor o administrador del cultivo (entre el 61 %-99 % de los cultivos), y no que se decida según los resultados del análisis de suelos y requerimientos nutricionales de los cultivos (2,10 %-38 % de los cultivos). Existe, entonces, una gran oportunidad para difundir buenas prácticas agrícolas que incentiven el uso de abono orgánico en combinación con fertilizantes químicos, para disminuir la contaminación de suelos, aumentar la productividad del cultivo en el largo plazo y disminuir los costos de producción.

**Tabla 26. Peso de los fertilizantes en los costos de producción (2017)**

Región	Cultivo	Fertilizantes
Costa Atlántica	Algodón	7,9 %
	Arroz riego	25,6 %
	Maíz amarillo mecanizado	18,5 %
	Maíz blanco mecanizado	20,2 %
Eje Cafetero	Café tecnificado pequeño	19,0 %
	Café tecnificado grande	16,7 %
	Plátano	27,1 %
Antioquia	Café tecnificado	26,7 %
Cauca y Nariño	Palma de aceite	12,6 %
Cundinamarca y Boyacá	Papa criolla	13,9 %
	Papa uso industrial	22,2 %
	Papa pastusa	21,1 %
	<b>Promedio</b>	<b>8 %-28 %</b>

Fuente: Cámara Procultivos ANDI, 2017.

En el mercado agrícola orgánico, los abonos y acondicionadores orgánicos reemplazan completamente el uso de su contraparte química y, en ese sentido, son un competidor directo, aunque dicha competencia se produce de forma indirecta por la tensión que genera el aumento de la agricultura orgánica con respecto a la agricultura tradicional.

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la producción ecológica es un proceso productivo que considera la fertilidad del suelo como un factor clave para la producción de alimentos. Así, se reduce de forma drástica el uso de insumos externos en la unidad productiva y se promueven prácticas que garantizan la calidad e inocuidad en toda la cadena de producción de alimentos ecológicos (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], s. f.). La Resolución 187 de 2006 rige la producción ecológica y las prácticas de producción para asegurar la inocuidad y la calidad de los productos ecológicos. De este aspecto está a cargo el ICA, el cual se encarga de elaborar y actualizar las listas de insumos permitidos y de garantizar la inocuidad en la producción primaria de alimentos.

La lista de fertilizantes y acondicionadores de suelos, bioinsumos de uso agrícola y plaguicidas minerales autorizados para la producción de alimentos ecológicos se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1.aspx>

En esta lista hay un total de 499 fertilizantes y acondicionadores del suelo, producidos por 259 empresas, que se encuentran registrados ante el ICA y permitidos en la producción ecológica (información actualizada a abril de 2022). La clasificación de estos productos y su participación se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 27. Fertilizantes y acondicionadores de suelos, bioinsumos de uso agrícola y plaguicidas minerales para la producción de alimentos ecológicos aprobados por el ICA**

Tipo	Clasificación	Cantidad de productos
Abonos orgánicos		5
Acondicionadores de suelo	Acondicionador	5
	Orgánicos	61
	Orgánicos húmicos	8
	Orgánicos no húmicos	2
	Orgánico mineral	1
	Inorgánicos	130
Aminoácidos	Aminoácidos	1
Enmiendas	Enmiendas	4
	Orgánicas húmicas	2
	Orgánicas no húmicas	1
	Inorgánicas	65
Fertilizantes	Fertilizante	2
	Orgánicos	27
	Orgánico mineral	63
	Orgánico con aminoácidos	3
	Inorgánico	100
	Inorgánico complejo	1
	Inorgánico con extracto de algas marinas	3
	Simple	1
	Inorgánico simple K	8
	Inorgánico simple P	4
	Compuesto	2
<b>Total</b>		<b>499</b>

Fuente: ICA, 2022.

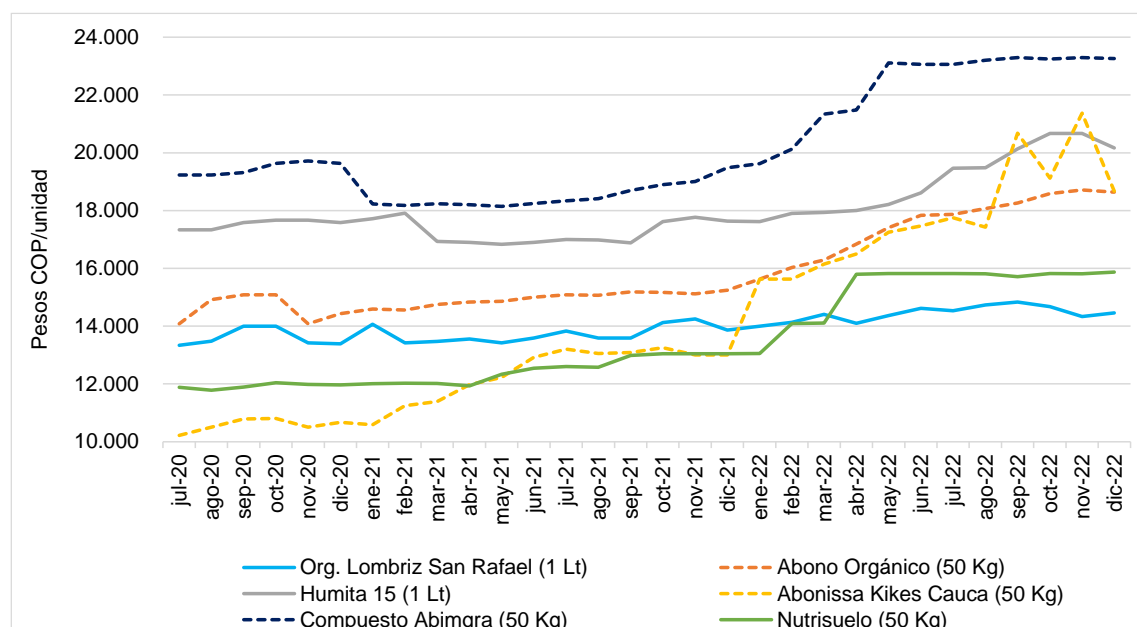
Las empresas que se encuentran en esta lista del ICA son las que han cumplido con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2011 de «productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo».

#### 6.4.1.2 Precios de venta de los abonos orgánicos

A nivel nacional, los precios de fertilizantes y acondicionadores de suelo que se comercializan en el país se registran en el Sistema de Información de Precios para el Sector Agrícola (SIPSA) del DANE. De acuerdo con la información registrada entre julio 2020 y diciembre 2022, el precio promedio nacional del abono orgánico en presentación de 50 kg está aproximadamente en 15 910 pesos colombianos, con un incremento del 32 % durante el periodo analizado. Por su parte, el precio del humus, representado por el producto humita en presentación de un litro (1 Lt), se ubica un poco por encima, con un precio promedio de 18 036 pesos (con un incremento del 16 %). El abono orgánico de lombriz en presentación líquida (abono orgánico de Lombriz San Rafael) registra precios en promedio 1925 pesos por debajo del precio del abono orgánico (compost). El precio promedio durante el periodo de análisis fue de 13 985 pesos (con un incremento del 8 %). Finalmente, el precio de la gallinaza Abonissa Kikes en presentación 50 kg registra precios en promedio 1709 pesos

por debajo del precio del abono orgánico, aunque en el último año tuvo un aumento sustancial hasta superar el precio del abono de lombriz. El precio promedio durante el periodo de análisis fue de 14 201 pesos (con un incremento del 83 %).

**Figura 42. Precio promedio nacional de algunos abonos orgánicos (COP/unidad de medida) julio 2020-diciembre 2022**

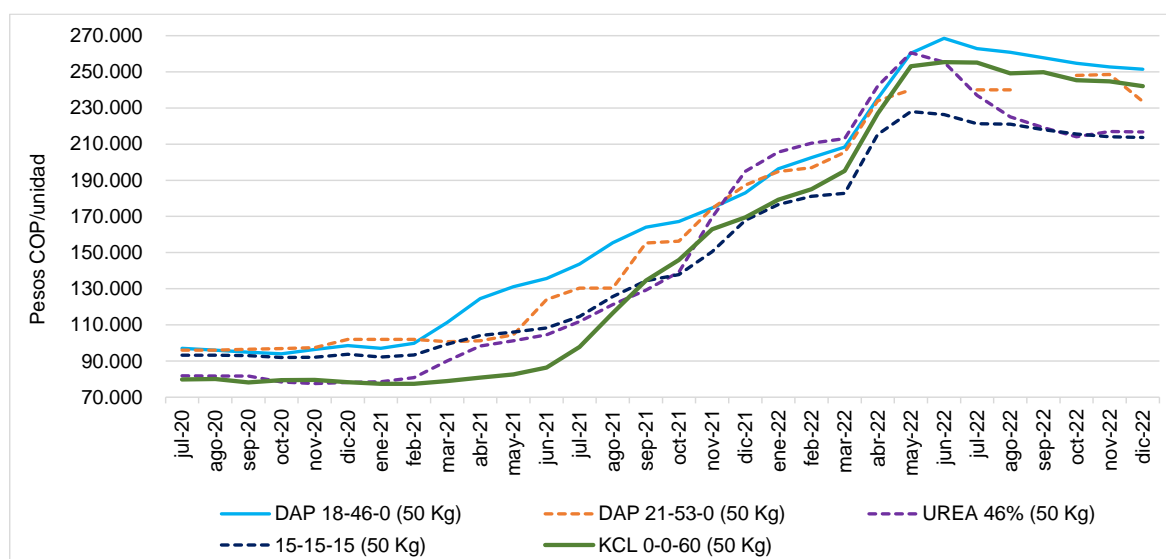


Fuente: elaboración propia a partir de datos del SIPSA-DANE.

Los gestores contactados en el marco de este proyecto y los miembros de varias organizaciones internacionales y asociaciones de productores agrícolas resaltaron que en los últimos años el incremento de los precios de los principales fertilizantes químicos ha tenido un efecto positivo en la demanda de abono orgánico.

En efecto, los precios registrados en el SIPSA para el fosfato diamónico (DAP), el cloruro de potasio (KCL), la urea, y el compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) 15-15-15, que son los fertilizantes más usados en Colombia, registraron un claro aumento durante 2021 y comienzos de 2022. En particular, el KCL tuvo un incremento de precios del 203 % entre julio de 2020 y diciembre de 2022, con un precio promedio de 152 243 pesos/50 kg; seguido del DAP (18-46-0), que registró un aumento del 159 %, con un precio promedio de 172 530 pesos/50 kg. En el mismo periodo, la urea aumentó su precio promedio un 165 % (precio promedio de 153 846 pesos/50 kg) y el compuesto NPK 15-15-15 subió un 129 % en el mismo periodo. Hay que señalar que a partir del segundo semestre de 2022 se comienzan a observar ligeras reducciones en los precios de los fertilizantes analizados.

**Figura 43. Precio promedio nacional de algunos fertilizantes químicos (COP/unidad de medida) julio 2020-diciembre 2022**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIPSA-DANE.

El aumento en el precio de los fertilizantes químicos responde al alza en el precio de los productos en el mercado internacional, el cual ha estado jalonado por una creciente demanda global, donde los precios de la soya y el maíz marcan el ritmo de crecimiento. Asimismo, este se debe a los incrementos en el costo de la materia prima para la producción de fertilizantes, en especial del sulfuro y el amoníaco, ocasionados por un suministro limitado de las refinerías debido a la pandemia. Otro determinante del incremento de los precios de los fertilizantes es el conflicto entre Rusia y Ucrania, dado que Rusia es uno de los principales países de los que Colombia importa insumos agrícolas, junto a Estados Unidos y China.

Así, los crecimientos sostenidos en los precios de los fertilizantes químicos han llevado a pensar en otras alternativas, lo que sugiere un buen escenario para los abonos orgánicos, pues los mayores precios del fertilizante químico activan el reemplazo de una parte de la cantidad de fertilizante químico que se usa en el cultivo por abono orgánico. Como ya se mencionó, el costo de los fertilizantes tiene un gran peso en el costo total de producción para el campesino en Colombia, razón por la cual la demanda es altamente sensible a variaciones en el precio. Asimismo, el mercado de los bioinsumos permite disminuir el impacto ambiental, al usarse de manera complementaria con los insumos químicos. Esto se podría traducir adicionalmente en aumentos en el rendimiento de los cultivos y un incremento de la calidad de las plantaciones, de hacerse con un adecuado acompañamiento técnico.

Se debe resaltar que este efecto es la primera respuesta al cambio de precio, en la cual la demanda de los abonos orgánicos resulta beneficiada por un aumento de precio de los fertilizantes químicos. No obstante, después de una cierta tasa inicial de reemplazo, la demanda de fertilizantes químicos y orgánicos aumenta de la mano, ya que resulta la combinación más efectiva desde el punto de vista del agricultor.

#### 6.4.1.3 Perspectivas sobre agricultura orgánica o ecológica en Colombia

El éxito del mercado de abonos, acondicionadores y enmiendas orgánicas es directamente proporcional a la transición de la agricultura tradicional a una orgánica o ecológica. Esta última se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas



especiales (como la rotación de cultivos), y que prohíbe el uso de pesticidas, fertilizantes y plaguicidas sintéticos; medicamentos de uso en animales; semillas modificadas genéticamente; y conservantes y aditivos (FAO, s. f.; Scialabba & Hattam, 2003).

La agricultura orgánica debe considerarse una oportunidad de mercado importante para el país, debido al creciente interés global de los consumidores por adquirir alimentos libres de contaminantes químicos y productos con un menor impacto ambiental, condiciones que se logran con este modelo de producción. Este fenómeno se evidencia en el crecimiento de las áreas sembradas, los volúmenes de producción, la demanda agregada y las tasas de crecimiento mundial (González *et al.*, 2008).

Son varios los factores que explican estas tendencias: el crecimiento demográfico; cambios en las preferencias de los consumidores, que se han orientado hacia corrientes de consumo saludable; estrategias institucionales para contrarrestar la pobreza; el resurgimiento de movimientos que abogan por una reducción en la dependencia en insumos químicos y un aumento de la soberanía alimentaria; y, finalmente, la preocupación creciente por los impactos ambientales que han tenido los modelos de desarrollo altamente industrializados de los países (Elzakker & Eyhom, 2010; El-Hage Scialabba & Hattam, 2003; González *et al.*, 2008; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2008).

En Colombia, la Resolución 0187 de 2006 emitida por el Ministerio de Agricultura (modificada parcialmente por la Resolución 199 de 2016) busca establecer las normas de producción primaria, procesamiento, empaque, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de la agricultura ecológica como criterio básico para el producto. En cuanto al manejo del suelo, la resolución establece que debe ser apoyado por actividades que aseguren el mantenimiento y aumento de su fertilidad biológica, como el cultivo de leguminosas, la rotación de cultivos, la incorporación de abonos y fertilizantes orgánicos, etc. Para la cuarentena vegetal y el manejo de malezas, se considera mantener las propiedades del suelo y la nutrición de las plantas, además de seleccionar variedades y especies en función de las condiciones ecológicas agrícolas locales, la alelopatía, el control mecánico y biológico, y el uso de insumos biológicos.

Los productos importados deben cumplir con la normativa vigente de comercio exterior y tener la aprobación del Ministerio de Agricultura. Además, los productos ecológicos deben estar certificados para su comercialización por alguna empresa certificadora. Para esto, el MinAgricultura tiene una lista de organismos acreditados y autorizados. Entre las organizaciones que realizan el proceso de certificación se encuentran: Bcs Oko Garantie Colombia S.A.S., Ecocert Colombia Ltda., Biotrópico S.A.S., Ceres Colombia Ltda., Sgs Colombia S.A.S. y Control Unión Colombia<sup>26</sup> (Sánchez, 2017).

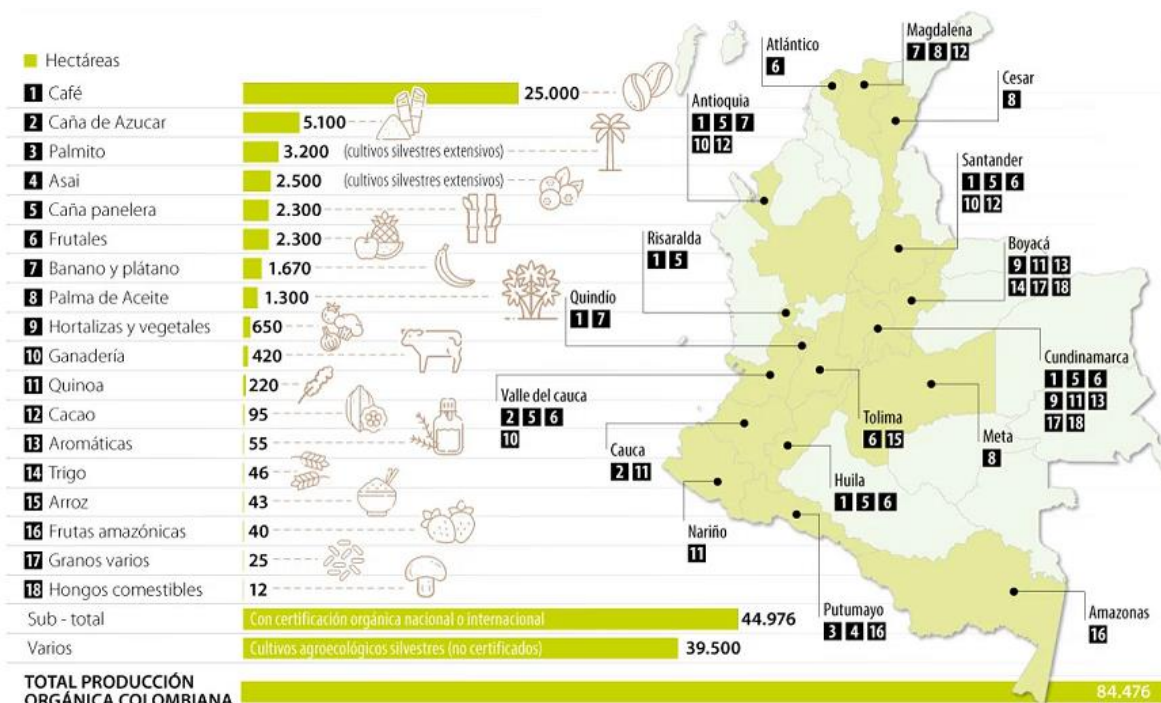
De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, en Colombia existen a la fecha un total de aproximadamente 44 000 hectáreas agroecológicas, con certificados nacionales e certificados internacionales, y los principales tipos de cultivos son café, caña de azúcar, frutales (principalmente el banano y plátano) y hortalizas (A. Quintero [Ministerio de Agricultura, Dirección de Innovación], comunicación personal, 2 de agosto de 2021). Esto corresponde al 0,62 %<sup>27</sup> de la producción agrícola colombiana. Adicionalmente, las cifras recientes reportadas en el *Informe de la Comisión Interamericana de Agricultura 2019-2020*

26 [www.ceres-cert.com](http://www.ceres-cert.com); [www.biotropico.com](http://www.biotropico.com); [www.controlunion.com](http://www.controlunion.com); [www.cci.org.co](http://www.cci.org.co); [www.cotecna.com.co](http://www.cotecna.com.co); [www.ecocert.com](http://www.ecocert.com); [www.sgs.com.co](http://www.sgs.com.co).

27 Según cifras del tercer Censo Nacional Agropecuario (CNA), Colombia cuenta con 7,1 millones de hectáreas en cultivos.

(CIAO, 2020) señalan que en América Latina existen aproximadamente ocho millones de hectáreas de producción orgánica, lo que demuestra la incipiente participación de la agricultura ecológica de Colombia en el contexto regional.

**Figura 44. Producción orgánica estimada en Colombia (2021)**



Fuente: Fedeorgánicos, tomado de Becerra Elejalde, 2018.

Por su parte, Fedeorgánicos estima que hay en el país 47 976 hectáreas dedicadas a la agricultura orgánica en el país, de las cuales el 95 % se exporta y el 5 % restante son productos que se comercian en grandes superficies que manejan precios para estratos altos (Becerra Elejalde, 2018).

A nivel nacional, tanto el Ministerio de Agricultura como Espinosa (2021) afirman que la empresa Daabon, ubicada en la ciudad de Santa Marta, es la pionera y líder en la producción de productos orgánicos en América del Sur. A continuación se presentan las cifras de producción orgánica de dicha empresa, que cultiva palma, aguacate, café y banano orgánicos:

**Figura 45. Producción agrícola ecológica de la empresa Daabon Group**

A. PRODUCTOS AGRÍCOLAS: FRUTO DE PALMA, AGUACATE HASS, CAFÉ ORGÁNICO Y BANANO ORGÁNICO.							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fruto de palma (Kg)	138.190.060	120.351.105	155.249.745	208.712.963	187.680.699	238.579.010	222.345.709
Aguacate (Kg)	0	0	0	0	0	4.439	6.421
Café (Kg)	43.845	84.066	46.702	221.000	106.972	62.977	64.250
Banano (Cajas 20 kg - 13 kg)	763.851	1.216.506	763.460	724.504	826.374	723.824	867.094

Fuente: Reporte de Sostenibilidad.

Con respecto a los productos orgánicos exportados, se encontró información del 2007 del Ministerio de Agricultura donde se establece que los productos orgánicos que componen la oferta nacional son: banano, café, cacao, cereales, palma de aceite, tubérculos, frutas, panela, hortalizas, heliconias y follajes, miel de abejas, procesados alimenticios, y carne de res y de búfalo. Los principales destinos de estos productos orgánicos son la Unión

Europea (que demanda productos como café, banano, panela, frutas, aromáticas y frutos de palma) y Estados Unidos (que demanda miel, cacao, banano, azúcar, pulpas de frutas, palmito y café). Japón, Corea y Australia también son importadores del mercado orgánico colombiano, específicamente de café, frutas y azúcar orgánico. Otros productos de gran potencial exportador son frutas y hortalizas frescas, frutas secas, nueces, frutas y hortalizas procesadas, té, hierbas, especias, cultivos oleaginosos y derivados, edulcorantes, cereales, carne, lácteos y huevos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007).

El panorama para el mercado orgánico exportable es promisorio a nivel mundial, debido a la tendencia hacia la alimentación saludable y la disminución del impacto ambiental en el proceso productivo; Colombia tiene grandes oportunidades para crecer en este ámbito. Muestra de lo anterior es que, como se mencionó, del total de la producción orgánica nacional, aproximadamente el 95 % se destina al mercado externo (Fedeorgánicos, 2021).

## 6.4.2 Mercado de energía eléctrica

### 6.4.2.1 Información general sobre el mercado de energía eléctrica

De acuerdo con información de XM<sup>28</sup>, a noviembre de 2022, la capacidad efectiva de generación de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) es de 18 140,17 MW. La principal fuente es hidráulica, con un 65,98 %, seguida de fuentes térmicas (carbón, gas, biogás), que participan con un 31,40 %. Mientras tanto, la cogeneración aporta el 1,06 %; la energía solar, el 1,46 %; y la energía eólica, el 0,10 %. La capacidad instalada actual es suficiente para cubrir la demanda máxima de potencia del SIN, que para 2022 se proyecta en 10 665 MW (UPME, 2022a).

**Tabla 28. Capacidad efectiva de generación del SIN y distribución según fuente (2022)**

Tipo/fuente de energía	Capacidad efectiva (MW)	Participación (%)
Eólica	18,42	0,10 %
Hidráulica	11 969,15	65,98 %
Solar	264,76	1,46 %
Térmica	5695,34	31,40 %
Cogenerador	192,50	1,06 %
<b>Capacidad efectiva neta total</b>	<b>18 140,17</b>	<b>100,00 %</b>

Fuente: cálculos propios basados en información de PARATECT, 2022.

Durante el presente estudio no se han podido identificar en Colombia proyectos instalados de generación de energía a partir de la biodigestión de ROM. Sin embargo, ya están establecidas en la legislación nacional referente al sector energía las condiciones legales y técnicas mínimas para iniciar este tipo de proyectos. Por su parte, actualmente sí están en operación proyectos de generación de energía a partir de biomasa proveniente de residuos agrícolas. De acuerdo con información de XM, están actualmente en operación 14 proyectos de generación de energía a partir de bagazo, de los cuales cuatro combinan fuente con el carbón. Los proyectos instalados son principalmente de cogeneración y autogeneración a pequeña escala (AGPE), y cuentan con capacidades efectivas instaladas que van desde 1 MW hasta 19,9 MW.

28 XM es la empresa que opera el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y administra el mercado de energía mayorista (MEM).

Tabla 29. Proyectos de generación de energía a partir de bagazo en operación

Generador	Capacidad efectiva (MW)	Fuente de energía	Energía aportada por bagazo/ energía primaria
Bioenergy	19,9	Bagazo	100,00 %
Central Castilla 1	3,0	Bagazo	100,00 %
Cogenerador Manuelita 2	12,0	Bagazo	100,00 %
Cogenerador Proenca	19,9	Carbón/bagazo	52,43 %
Incauca 1	60,0	Carbón/bagazo	80,47 %
Ingenio La Carmelita	0,0	Bagazo	100,00 %
Ingenio Pichichi 1	0,0	Bagazo	100 %
Ingenio Providencia 2	19,9	Carbón/bagazo	87,09 %
Ingenio Riopaila 1	16,0	Bagazo	100,00 %
Ingenio Risaralda 1	19,9	Bagazo	100,00 %
Ingenio San Carlos 1	2,0	Bagazo	100,00 %
Mayaguez 1	19,9	Carbón/bagazo	78,47 %
Agpe Ingenio de Occidente	1,0	Bagazo	100 %
Agpe Yaguarito	1,6	Bagazo	100 %
Papeles nacionales	0,0	Gas/bagazo	0,00 %

Fuente: elaboración propia con datos de XM-PARATEC (2022) y XM-SINERGOX (2022).

Por las características tecnológicas de las plantas de producción de energía a partir de biomasa, estas están clasificadas en la regulación colombiana como *plantas menores*, definidas como: «plantas con capacidad efectiva menor a 20 MW, operadas por empresas generadoras, productores marginales o productores independientes de electricidad y que comercializan esta energía con terceros, o en el caso de las empresas integradas verticalmente, para abastecer total o parcialmente su mercado» (Resolución CREG 086, 1996). Teniendo en cuenta que en general este tipo de plantas tiene un rango de capacidad menor a 10MW (equivalente a aproximadamente 400 000 t/año de residuos de entrada), no tienen acceso al despacho central y, por tanto, no pueden participar del mercado mayorista de electricidad para comercializar la energía producida. La CREG establece tres opciones de comercialización de la energía a través del SIN:

1. Venta directa a una comercializadora que atienda el mercado regulado, que abarca a todos los usuarios residenciales y comerciales que no hacen uso intensivo de energía<sup>29</sup>. En este caso, el precio de venta corresponde al precio en la bolsa de energía.
2. Venta a una comercializadora que atienda el mercado regulado participando en las convocatorias públicas que abran las empresas. La adjudicación se efectúa por mérito de precio (Resolución CREG 020, 1996).
3. Venta a usuarios no regulados, generadores o comercializadores que destinen dicha energía a la atención exclusiva de usuarios no regulados, los cuales comprenden a

29 Siempre y cuando no exista vinculación económica entre el comprador y el vendedor.

grandes demandantes de energía (como, por ejemplo, empresas siderúrgicas). Precios pactados libremente<sup>30</sup>.

Para conectarse al SIN, la planta debe suscribir un contrato de conexión con un distribuidor regional o local, para lo cual se requiere, entre otros requisitos, un estudio de conexión de la planta y el pago de un cargo de conexión pactado en dicho contrato.

Otro modelo de operación es la producción de energía para autogeneración, en el cual es posible vender los excedentes de autoconsumo al SIN, este está regulado por la Resolución CREG 030 del 2018. Este tipo de proyectos se clasifican en tres tipos:

1. Generador distribuido (GD), que corresponden a generadores cerca a los centros de consumo conectados al sistema de distribución local (SDL) con capacidad menor a 0,1 MW.
2. Autogenerador a pequeña escala (AGPE), con capacidad menor a 1 MW, con condiciones especiales para AGPE con capacidad menor a 0,1 MW.
3. Autogenerador a gran escala (AGGE), con capacidad de entre uno y cinco MW.

De acuerdo con lo establecido en la Resolución CREG 030 de 2018, los GD, AGPE y AGGE deben solicitar la conexión al sistema de distribución de energía con el operador de red (OR) correspondiente. El proceso está sujeto a la disponibilidad de la red de transporte en el punto en el que se solicita la conexión; durante el proceso de solicitud, el OR ofrece la información necesaria sobre la disponibilidad en el sistema. Para GD y AGPE con capacidad menor a 0,1 MW que cumplan con las condiciones técnicas establecidas en la norma para la conexión, el proceso implica únicamente la provisión de la información técnica mediante el «Formulario de solicitud de conexión simplificada» que pone a disposición del interesado el OR correspondiente. Para AGPE con capacidad mayor a 0,1 MW y AGGE, el proceso implica también la presentación de un «estudio de conexión simplificada» como parte de la solicitud de conexión. En cualquier caso, se debe constituir un contrato de conexión y respaldo una vez autorizada la capacidad solicitada en la red.

La energía generada por los AGGE y AGPE que usan fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER) se remunera en dos tramos. El primero corresponde a la cantidad de energía generada, que es menor a la demanda de energía por parte del AGGE o AGPE al SIN, la cual se remunera como un crédito de energía que se acredita contra el consumo de energía en el periodo facturado<sup>31</sup>. El segundo tramo corresponde a los excedentes de energía que superan la demanda de energía por parte del AGGE o AGPE al SIN en el periodo de facturación, los cuales se liquidan al precio horario de bolsa de energía.

Los AGGE y AGPE pueden comercializar sus excedentes de energía de tres formas:

1. Venta directa a una comercializadora que atienda el mercado regulado, siempre y cuando no exista vinculación económica entre el comprador y el vendedor. El precio de venta es el explicado anteriormente.

30 En el caso de venta a usuarios no regulados, la empresa debe contratar respaldo, por el equivalente a la demanda que atiende, con un comercializador o generador inscrito en el mercado mayorista. Las tarifas de servicio de respaldo se pactan libremente.

31 En el caso de AGPE con capacidad instalada menor o igual a 0,1 MW, el precio al cual se calcula esta porción de los excedentes corresponde al costo de comercialización por Kwh establecido en la Resolución CREG 119 de 2007. Para AGPE con capacidad instalada mayor a 0,1 MW, el precio al cual se remunera dicha fracción de la energía generada corresponde al costo de comercialización más el servicio del sistema por kwh.

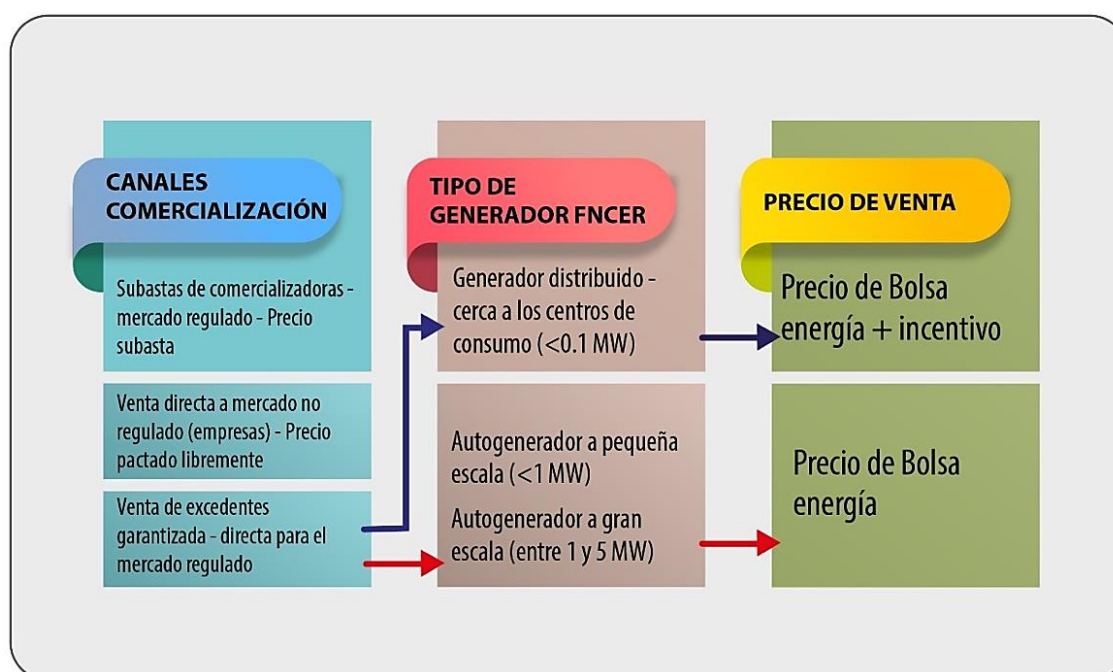


2. Venta a comercializador integrado con el OR, quien está obligado a recibir los excedentes ofrecidos. El precio de venta es el explicado anteriormente.
4. Venta a generadores o comercializadores que destinen dicha energía a la atención exclusiva de usuarios no regulados, con precios pactados libremente.

En el caso de los GD, estos pueden comercializar su producción de energía bajo las mismas condiciones que las plantas menores y, además, pueden vender directamente al comercializador integrado con el OR. En este caso, el comercializador está obligado a comprarle la energía al generador distribuido y la energía se paga al precio horario de bolsa de energía más un factor de beneficio que depende del valor de las pérdidas técnicas en el sistema del OR, y se reconoce la ubicación cercana a los centros de consumo del GD. Este beneficio adicional se otorga solo para proyectos basados en FNCER, como es el caso de la biomasa.

Para los tres modos de comercialización de la energía en los proyectos de plantas menores, GD, AGGE y AGPE, los precios esperados dependen del tipo de mercado al que se vende la energía generada. Estos se refieren al precio de bolsa nacional, para el caso del mercado de energía mayorista de usuarios regulados; el precio de contratos regulados, en el caso de contratos con comercializadoras que atienden usuarios regulados; y al precio de contratos no regulados, en el caso del mercado de usuarios no regulados. En los últimos dos casos el precio se fija libremente dentro del contrato, pero la siguiente figura presenta el precio promedio de los contratos para cada modalidad.

**Figura 46. Mercado de energía eléctrica**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

A partir del 2017 se incorporó en la regulación colombiana un mecanismo de subasta para contratar a largo plazo proyectos de generación con fuentes no convencionales de energía renovable (eólica, fotovoltaica y biomasa). En el caso de la generación a partir de biomasa, este canal es una alternativa que incentiva la creación de nuevos proyectos que superen el mínimo de capacidad necesario para participar en la subasta, que para 2021 fue de 5 MW (en el caso de una planta de digestión anaerobia de ROM, esto correspondería a una capacidad de tratamiento de aproximadamente 200 000 t/año). La creación de la



subasta de energías renovables está en línea con la meta de ampliar la capacidad de generación de energía eléctrica de fuentes no convencionales a 1500 MW a 2022. La primera versión de la subasta se realizó en 2019 y hubo una segunda en 2021. Los oferentes se comprometen a acogerse, por el tiempo de duración del contrato (entre 10 y 20 años), al despacho centralizado, y deberán contar con una fecha de entrada de operación comercial posterior a la de adjudicación de la subasta. En 2021, las nueve empresas ganadoras en la subasta de energías renovables adquirieron obligaciones de cerca de 800 nuevos megavatios (MW).

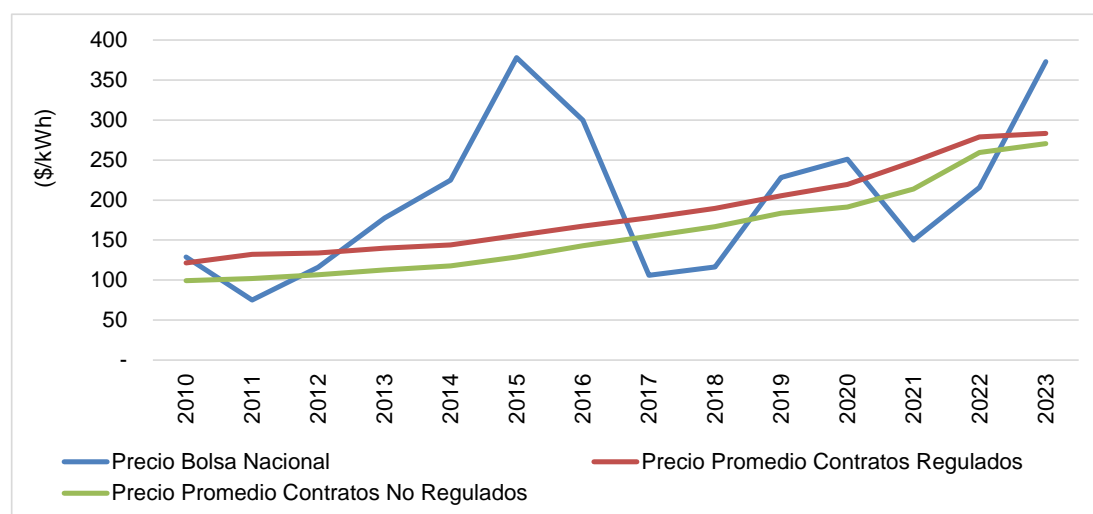
En cada subasta, cada oferente puede presentar ofertas en los distintos bloques horarios establecidos, expresando la cantidad en MW y precio por kW/h. Cada oferente debe cumplir una serie de condiciones técnicas, financieras y legales, así como definir garantías de pago, cumplimiento y puesta en operación de acuerdo con lo establecido en la Resolución 40141 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía.

La creación del mecanismo de subasta para generación con fuentes no convencionales abre la puerta para el montaje de proyectos de mayor escala a partir de este tipo de fuentes de energía. Sin embargo, para el caso de la generación de energía a partir de biomasa, la participación está determinada por la construcción de instalaciones de tratamiento mayores a las existentes actualmente y un flujo de material ROM que pueda garantizar la operación a dicha escala.

#### 6.4.2.2 Precios de venta de la energía eléctrica

Durante los últimos 13 años, el precio promedio de los contratos regulados y no regulados ha aumentado de forma sostenida. Particularmente, se observa un incremento más marcado a partir de 2014 que ha beneficiado a los dos tipos de contrato por igual. En general el precio promedio de los contratos regulados durante el periodo 2010-2023 estuvo alrededor de 13,00 COP/kWh por encima del precio promedio de los contratos no regulados. El precio de bolsa también ha presentado una tendencia creciente, con un precio pico en 2015 de 378,11 COP/kWh. Este precio está sujeto a la dinámica de oferta y demanda de energía en el mercado, por lo que los aumentos están vinculados a las épocas de sequía; y las disminuciones, a las épocas de lluvia en el país.

**Figura 47. Precio de generación de la energía eléctrica en pesos colombianos/kWh por tipo de mercado (2010-2023)\***



\*Promedio a enero de 2023

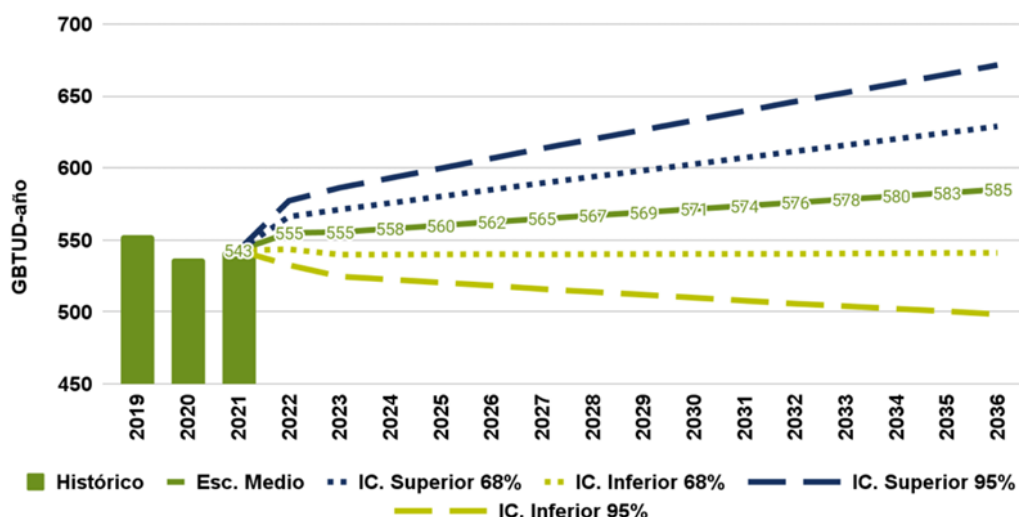
Fuente: elaboración propia a partir de datos de XM, 2023. <https://www.xm.com.co/>

### 6.4.3 Mercado de gas natural

El consumo de energía se alimenta de dos grandes fuentes: la energía eléctrica y las fuentes térmicas. De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía, en 2018 Colombia consumió 28,1 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe) de energía, de los cuales un 19 % (5,3 Mtoe) correspondió a electricidad. El restante 80 % corresponde a energía térmica (22,8 Mtoe), de los cuales, el 18 % (4,1 Mtoe) tuvo como fuente el gas natural (Promigas, 2021).

De acuerdo con las proyecciones de la UPME, se espera que para 2022 la demanda de gas natural crezca un 2,2 % (llegando a 555 GBTUD<sup>32</sup> en el escenario medio) con respecto al promedio del consumo diario observado en 2021. Asimismo, se espera que en 2022 se recupere el nivel de demanda prepandemia, teniendo en cuenta la recuperación económica favorable del país. En las proyecciones de la UPME se estima que el consumo proyectado de gas natural presentará una tendencia creciente moderada, con un crecimiento promedio anual esperado de 0,50 %, que podría variar en un rango de entre 0,11 % y 2,25 %.

**Figura 48. Proyección de la demanda de gas natural en GBTUD-año (2022-2036)**

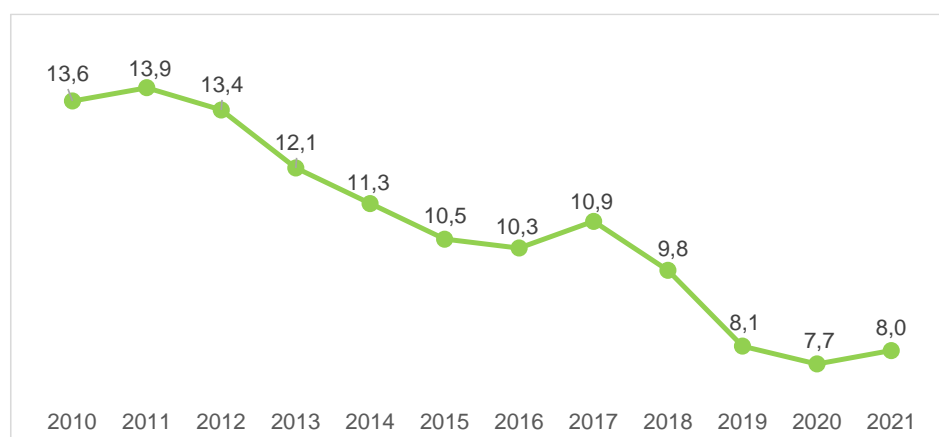


Fuente: Tomado de UPME, 2022.

Las reservas totales de gas natural a diciembre de 2021 (incluidas reservas probadas, probables y posibles) en el país ascienden a 4 493 giga pies cúbicos (Gpc), de las cuales el 71 % son reservas probadas y serían comercialmente recuperables bajo las condiciones actuales. Desde 2012 las reservas probadas de gas natural han ido disminuyendo, pasando de 5 720 Gpc en 2011 a 3 164 Gpc en 2021. Por su lado, la producción comercializada pasó de 381 Gpc en 2020 a 395 Gpc en 2021. Bajo las condiciones actuales de producción comercial, el país tiene reservas probadas de gas natural para ocho años, lo cual presiona la actividad de exploración, que ya se encuentra bastante rezagada para cumplir con las exigencias del mercado de gas natural en el país (Promigas, 2021).

<sup>32</sup> Giga British Thermal Unit Per Day.

**Figura 49. Factor reservas probadas/producción comercializada para el gas natural (2010-2021)**



Fuente: ANH, 2022; Promigas, 2021.

Este escenario implica que, teniendo en cuenta las proyecciones de demanda de gas natural de la UPME y los potenciales de producción del Ministerio de Minas y Energía, podrían existir posibles déficits de gas entre 2021 y 2030 (Promigas, 2021). Estos déficits se cubrirían con gas importado y regasificado y con la construcción de nueva infraestructura. Sin embargo, la actual actividad exploratoria de hidrocarburos podría modificar las actuales proyecciones de encontrarse nuevos yacimientos.

## **6.5 Potencial de demanda y crecimiento de los mercados consumidores de productos procedentes de la valorización de residuos orgánicos**

En este capítulo se analiza el potencial de crecimiento de los tres mercados descritos en el apartado 6.4.

### **6.5.1 Mercado de abonos orgánicos y acondicionadores de suelo**

Se realizó una estimación de la demanda de abonos orgánicos y acondicionadores de suelos por parte de los distintos sectores, tanto a nivel nacional como local. A partir de este punto, y a efectos de simplificar los textos de este capítulo, se denomina «abonos orgánicos» tanto a los abonos como a los acondicionadores de suelo orgánicos.

#### **6.5.1.1 Demanda de abonos orgánicos por parte del sector agrícola**

La capacidad del compost para recuperar los suelos se ha comprobado en experimentos a largo plazo, donde se evidenció que las adiciones progresivas de compost aumentan la biomasa microbiana de carbono (C) (García Gil *et al.*, 2000) y la respiración basal del suelo (Pascual *et al.*, 1999). Además, en un experimento de incubación de un año, la adición de compost al suelo aumentó la biomasa de N, C y azufre (S) después de un mes, y el fósforo (P) de la biomasa después de cinco meses (Perucci, 1990). El compost también aumenta el pH del suelo (Mkhabela & Warman, 2005) y tiene un efecto directo e indirecto en la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Además de servir como fuente de N, P y S a través de su mineralización, la MO tiene propiedades quelantes que ayudan a prevenir la insolubilización de los microelementos (Hargreaves, 2008). Es por esto que tanto la FAO como diversos gremios agrícolas en Colombia recomiendan el uso combinado de material orgánico, o compost, y fertilizantes químicos dentro de un plan de fertilización balanceado de los cultivos (Cenipalma, 2017; Sadeghian, 2010).

La demanda total de fertilizantes está determinada por varios factores, como el área sembrada, la intensidad de uso de fertilizantes y el tipo de cultivo, entre otros. En 2019, según datos de la ENA, se registraron en Colombia un total de 5 311 977 hectáreas sembradas, incluyendo cultivos agroindustriales, cereales, plantaciones forestales, tubérculos y plátano, frutales, hortalizas verduras y legumbres, árboles frutales dispersos y otros cultivos, pertenecientes a 2 085 423 unidades productivas agropecuarias. En total, en 2019 se produjeron 63 247 863 toneladas de productos agrícolas.

Dentro de la información recopilada por la ENA se encuentran los datos de porcentajes de fertilización de cultivos por tipo de fertilización (química, orgánica y mixta) usada por los agricultores en los distintos cultivos, para los cuales se recoge información en 2019 abarcando cultivos permanentes, transitorios y frutales. Usando esta información es posible estimar el potencial de demanda en toneladas de fertilizantes y acondicionadores orgánicos, en relación con la cantidad de hectáreas fertilizadas en el país que demandan este tipo de productos.

Excluyendo los cultivos forestales y otros no agrícolas, el área sembrada de interés para nuestros cálculos es 4 539 393 hectáreas. En total, la ENA reporta información sobre planes de fertilización para 3 187 524 hectáreas, teniendo en cuenta el área plantada, para cultivos permanentes y frutales, y el área sembrada sin pérdida de cosecha, para cultivos transitorios. Esto corresponde a un 70,2 % del área de interés y es la mejor aproximación posible con los datos oficiales de cultivos a la demanda de fertilizantes.

**Tabla 30. Área fertilizada y porcentaje del área por tipo de fertilizante aplicado según cultivo en Colombia (2019)**

Cultivo	Área	Fertilización química		Fertilización orgánica		Fertilización química y orgánica	
	(ha)	(%)	IC95 %±	(%)	IC95 %±	(%)	IC95 %±
<b>Cultivos transitorios</b>							
Algodón	21.167	96,00	6,10	0,00	0,00	4,00	6,10
Arveja	38.141	78,50	4,70	1,70	0,70	19,80	4,70
Cebada	3.762	77,60	31,70	15,40	23,80	7,00	8,20
Cebolla bulbo	17.048	74,80	11,20	0,70	0,60	24,50	11,20
Cebolla rama	17.901	39,70	12,30	8,20	4,20	52,10	10,40
Frijol	108.665	75,30	6,20	4,10	1,50	20,60	6,50
Maíz amarillo	318.812	83,90	8,90	10,50	9,40	5,50	1,30
Maíz blanco	88.817	95,50	1,70	1,40	1,20	3,10	1,00
Papa total	140.984	71,20	5,80	1,30	0,70	27,50	5,80
Soya	37.972	93,70	2,50	0,00	0,10	6,30	2,50
Tomate	9.586	68,50	6,80	5,10	4,40	26,50	7,00
Trigo	4.266	86,30	6,50	4,10	2,90	9,60	5,20
Yuca	107.099	68,60	12,70	26,00	13,20	5,30	2,70
Zanahoria	12.383	75,70	8,10	0,90	0,90	23,40	7,50
<b>Cultivos permanentes</b>							
Cacao	142.037	59,10	18,90	11,50	5,00	29,40	22,10
Café	839.661	85,90	2,40	5,00	1,60	9,10	2,00

Cultivo	Área	Fertilización química		Fertilización orgánica		Fertilización química y orgánica	
	(ha)	(%)	IC95 %±	(%)	IC95 %±	(%)	IC95 %±
Plátano	304.600	85,30	3,00	8,20	2,30	6,50	1,70
<b>Frutales</b>							
Aguacate	108.819	82,27	5,44	3,27	1,63	14,47	4,80
Banano	111.250	57,19	17,59	12,54	10,23	30,27	16,16
Durazno	3.223	79,39	14,60	3,81	5,61	16,80	13,45
Feijoa	1.420	72,77	14,34	0,76	1,25	26,47	13,37
Fresa	2.810	71,63	17,04	2,26	2,84	26,11	17,92
Guayaba	13.366	73,20	10,98	5,86	6,23	20,94	9,09
Limón	41.680	77,26	7,29	6,75	3,60	15,99	6,03
Lulo	10.216	84,36	7,29	1,61	1,42	14,04	7,14
Mandarina	23.439	62,49	13,03	18,09	9,80	19,42	7,76
Mango	51.616	66,40	21,57	7,44	6,94	26,15	20,75
Manzana	720	75,76	18,78	1,25	2,51	22,99	18,89
Maracuyá	11.082	87,36	7,96	5,25	4,45	7,39	5,01
Mora	7.717	70,61	13,93	2,11	1,37	27,28	13,78
Naranja	43.871	70,79	8,70	9,59	4,80	19,61	6,74
Pera	1.821	68,95	16,37	0,08	0,15	30,98	16,36
Pitahaya	2.055	77,86	14,12	3,81	5,66	18,33	13,21
Uchuva	1.499	79,15	15,16	8,08	12,16	12,76	9,41
Uva	4.094	48,29	32,50	1,13	2,26	50,58	32,79

Fuente: Encuesta Nacional Agropecuaria 2019, fertilización de cultivos (DANE).

Para estimar el consumo de fertilizantes orgánicos, y en particular el consumo de compost, se excluyeron las hectáreas plantadas de caña de azúcar y caña de panela, pues los representantes de los gremios asociados manifestaron que no tienen interés en comprar compost por fuera del uso que ya hacen a partir de la producción propia del abono orgánico. En total se tiene en cuenta un total de 2 243 937 hectáreas fertilizadas en el país, obtenidas con los porcentajes de fertilización promedio de la ENA para cada tipo de cultivo; se registran valores entre el 95 % y 99 % para la mayoría de los cultivos para los que se presentan resultados.

La ENA también especifica para cada tipo de cultivo los porcentajes de área en la que se aplica fertilización química, orgánica y mixta (química y orgánica). Para cada plan de fertilización, la ENA provee el valor promedio por cultivo y el valor del intervalo de confianza al 95 % (IC95 %±). Usando el valor medio y el IC95 %±, se calculó el promedio y el máximo de hectáreas fertilizadas para cada plan de fertilización y tipo de cultivo. La suma del total de hectáreas fertilizadas por tipo de plan de fertilización arroja los totales nacionales de hectáreas fertilizadas por plan de fertilización (química, orgánica o mixta).

Para convertir las hectáreas fertilizadas a nivel nacional a toneladas de fertilizantes químicos, orgánicos y compost, se usaron los siguientes supuestos:

- El consumo promedio de fertilizantes químicos en Colombia, según datos del Banco Mundial, fue de 606,144 kg/ha en 2016.

- La tasa promedio de aplicación de abono orgánico sugerida es de 10 t/ha, de acuerdo con cálculos de la International Solid Waste Association (ISWA) (Ricci-Jurgensen, 2020).
- En el plan de fertilización mixta, los abonos orgánicos y químicos se aplican en proporción 25 % orgánicos y 75 % químicos, de acuerdo con lo sugerido por varios gremios agrícolas en Colombia (Cenipalma, 2017; Sadeghian, 2010).
- La participación actual del mercado de compost dentro del total de fertilizantes y acondicionadores orgánicos en Colombia es del 3,89 %, de acuerdo con cálculos propios con datos del ICA (ver sección 6.4.1).

Con esta información se calcula la demanda en toneladas/año de fertilizantes químicos, orgánicos y compost en dos escenarios:

- **Escenario base:** toma como base el promedio de hectáreas fertilizadas con plan químico, orgánico y mixto. Se convierte a toneladas considerando un consumo promedio de fertilizantes químicos de 606,144 kg/ha y de abonos orgánicos de 10 t/ha. La cantidad de compost se calcula con la participación en el mercado de fertilizantes y acondicionadores orgánicos en Colombia.
- **Escenario medio:** toma como base el máximo de hectáreas fertilizadas con plan orgánico y mixto que corresponden a fertilización orgánica. Se convierte a toneladas considerando un consumo promedio de abonos orgánicos de 10 t/ha. La cantidad de compost se calcula con la participación en el mercado de fertilizantes y acondicionadores orgánicos en Colombia.

**Tabla 31. Demanda de fertilizantes, abonos orgánicos y compost (total nacional)**

	Escenario base (tpa)	Escenario medio (tpa)
Fertilizantes químicos	1 224 704	
Abonos orgánicos	2 231 664	3 335 877
Compost	86 812	129 766
Toneladas anuales de residuos orgánicos necesarias para generar el compost demandado (tasa de conversión del 20 %)	434 060	648 828

Fuente: cálculos propios con información de Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2019).

La tabla anterior presenta los resultados de la demanda estimada por la totalidad del mercado agrícola nacional en los dos escenarios planteados. La demanda actual de abonos orgánicos en el país se calcula entre 2,23 millones de tpa en el escenario base y 3,33 millones de tpa en el escenario medio. Por su parte, la demanda de compost se calcula entre 86 800 de tpa en el escenario base y 129 800 de tpa en el escenario medio.

Adicionalmente, se calculó la demanda en tpa de fertilizantes químicos, orgánicos y compost en los dos escenarios planteados, considerando únicamente las hectáreas fertilizadas en el departamento del Tolima. Esto se hizo para tener una idea del mercado más cercano al que acceden los gestores en Ibagué y su área metropolitana. Para hacer un cálculo más exacto, se utilizan valores de uso de fertilizante orgánico por cultivo en tpa/ha, en lugar de las 10 tpa/ha promedio que se usaron para el cálculo nacional. Los valores de referencia se calcularon con base en información proporcionada por productores de abono orgánico, y corresponden a toneladas anuales por hectárea (ver siguiente tabla).



Teniendo en cuenta que la estructura de la producción agrícola en el Tolima es distinta al promedio nacional, los valores de intensidad de uso de abono orgánico por cultivo ofrecen una mejor aproximación al tamaño del mercado inmediato para Ibagué y su área metropolitana. Los demás supuestos de la estimación permanecen iguales a los usados para el total nacional.

**Tabla 32. Intensidad de uso de fertilizantes orgánicos por hectárea según tipo de cultivo**

Tipo de cultivo	Tpa por hectárea-año
Arroz	5,5
Café	41,9
Maíz	9,8
Papa criolla	9,0
Cebolla y ajo	16,0
Fresa	3,0
Tomate	5,4
Papa	25,0
Pasifloras	3,7
Leguminosas	11,3
Hortalizas	15,0
Frutales y cítricos	16,5
Cacao	14,9
Banano	18,5
Aguacate	2,5

Fuente: cálculos propios con datos de Eko Bojacá.

La demanda actual de abonos orgánicos en Tolima se calcula entre 273 800 de tpa en el escenario base y 336 900 de tpa en el escenario medio. La demanda de compost se calcula entre 10 600 de tpa en el escenario base y 13 100 de tpa en el escenario medio.

**Tabla 33. Demanda de fertilizantes, abonos orgánicos y compost en Tolima**

	Escenario base (tpa)	Escenario medio (tpa)
Fertilizantes químicos	105 536	
Abonos orgánicos	273 857	336 991
Compost	10 653	13 109
Toneladas anuales de residuos orgánicos necesarias para generar el compost demandado (tasa de conversión del 20 %)	53 265	65 545

Fuente: cálculos propios con información de Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2019).

Con respecto al potencial de crecimiento, actualmente se observa una tendencia internacional hacia el consumo de alimentos orgánicos y, como consecuencia, una transición paulatina hacia la agricultura orgánica y ecológica. Específicamente en Colombia, al respecto se encuentra en el Senado el Proyecto de Ley 07/22 «Por medio del cual se promueve la agroecología en Colombia, se conforma la mesa técnica para la formulación de un Plan Nacional de Agroecología - PNA, se plantean estrategias e incentivos para la producción, comercialización, transformación y consumo de productos agroecológicos en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones».

Esto, sumado al hecho de que el precio de los fertilizantes de síntesis química ha sufrido un fuerte incremento desde 2020, sugiere que algunas hectáreas fertilizadas actualmente con productos químicos podrían pasar a ser fertilizadas con abonos orgánicos. Con base en esto, se hizo una proyección de la demanda a 2030 en tres escenarios posibles, de acuerdo con los siguientes supuestos:

- **Escenario base a 2030:** se asume que un 5 % de las hectáreas que se fertilizan actualmente con fertilizantes químicos migrarían a fertilizantes orgánicos. Esto incluye hectáreas en fertilización química y mixta. Toma como base el promedio de hectáreas fertilizadas con plan químico, orgánico y mixto.
- **Escenario medio a 2030:** se asume que un 5 % de las hectáreas que se fertilizan actualmente con fertilizantes químicos migrarían a fertilizantes orgánicos. Esto incluye hectáreas en fertilización química y mixta. Toma como base el máximo de hectáreas fertilizadas con plan orgánico y mixto que corresponden a fertilización orgánica.
- **Escenario alto a 2030:** se asume que un 10 % de las hectáreas que se fertilizan actualmente con fertilizantes químicos migrarían a fertilizantes orgánicos. Esto incluye hectáreas en fertilización química y mixta. Toma como base el máximo de hectáreas fertilizadas con plan orgánico y mixto que corresponden a fertilización orgánica.

**Tabla 34. Demanda proyectada a 2030 a nivel nacional de fertilizantes, abonos orgánicos y compost (total nacional)**

	<b>Escenario base (tpa)</b>	<b>Escenario medio (tpa)</b>	<b>Escenario alto (tpa)</b>
Fertilizantes químicos	1 161 175		
Abonos orgánicos	3 279 743	4 440 084	5 544 291
Compost	127 582	172 719	215 673
Toneladas anuales de residuos orgánicos necesarias para generar el compost demandado (tasa de conversión del 20 %)	637 910	863 595	1 078 365

Fuente: cálculos propios con información de Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2019).

De acuerdo con los escenarios de conversión de hectáreas fertilizadas con químicos a abonos orgánicos planteados, se calcula que la demanda a 2030 por parte del sector agrícola a nivel nacional estará entre 3,27 millones de tpa en el escenario base y 5,54 millones de tpa en el escenario alto. Con respecto al compost, la demanda en 2030 a nivel nacional se calcula entre 127 600 de tpa en el escenario base y 215 700 de tpa en el escenario alto.

Específicamente para el, la demanda proyectada a 2030 se muestra en la siguiente tabla. De acuerdo con los escenarios planteados de conversión de hectáreas fertilizadas con químicos a abonos orgánicos, se calcula que la demanda a 2030 por parte del sector agrícola en el Tolima estará entre 565 300 de tpa en el escenario base y 919 900 de tpa en el escenario alto. Con respecto al compost, la demanda en 2030 en el Tolima se calcula entre 21 900 de tpa en el escenario base y 35 700 de tpa en el escenario alto.

**Tabla 35. Demanda proyectada a 2030 de fertilizantes, abonos orgánicos y compost en Tolima**

	Escenario base (tpa)	Escenario medio (tpa)	Escenario alto (tpa)
Fertilizantes químicos	101 694		
Abonos orgánicos	565 334	628 468	919 946
Compost	21 992	24 447	35 786
Toneladas anuales de residuos orgánicos necesarias para generar el compost demandado (tasa de conversión del 20 %)	109 958	122 237	178 929

Fuente: cálculos propios con información de ENA (DANE, 2019).

Está claro que esta migración tendría que ir de la mano con un plan de mercadeo del compost, así como con sensibilización, capacitación y acompañamiento técnico a los consumidores potenciales sobre sus beneficios.

#### 6.5.1.2 Potencial de uso de abonos orgánicos para los pastizales de ganadería

De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), cerca de 34,8 millones de hectáreas en Colombia tienen algún desarrollo ganadero (ganadería neta y usos agroforestales y silvopastoriles). Catorce (14) millones de estas hectáreas están destinadas a la ganadería neta; es decir, aquella destinada únicamente para el pastoreo intensivo, semi-intensivo o extensivo. Esto implica que el 30,6 % del país está destinado a la ganadería (IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), 2017).

**Figura 50. Territorios ganaderos en Colombia (resaltados en color rosado)**



Fuente: Semana, 2017.

Junto con la erosión y la deforestación, la ganadería es una de las principales causas de enfermedad del suelo. El constante pisoteo del ganado causa serios problemas de compactación en los terrenos, que tardarían cientos de años en recuperarse. Más aún, la compactación causada por el exceso de ganado genera también una pérdida de la estructura del suelo y de la materia orgánica.

En el caso del Tolima, son 1,12 millones de hectáreas dedicadas a usos pecuarios (DANE, 2020). Es por este motivo que se identificó que los pastos, como cualquier otra planta, requieren de insumos para mejorar su fertilidad y, por tanto, algunos demandan abonos orgánicos. Esto fue corroborado en el presente estudio por medio de las entrevistas dirigidas a los gestores que valorizan los residuos orgánicos, que tienen dentro de sus clientes a ganaderos y dueños de pastizales.

De acuerdo con cifras de una empresa gestora de ROM, se requieren alrededor de diez toneladas de abono orgánico por hectárea por año en los pastizales. No obstante, se requiere una indagación más profunda para conocer qué proporción de cultivos ganaderos estarían efectivamente demandando abonos orgánicos, y de estos cuántos estarían demandando puntualmente compost/vermicompost.

### 6.5.1.3 Potencial de uso de abonos orgánicos para restauración de suelos

En Colombia, el estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia (IDEAM & UDCA, 2015) identificó que el 40 % de los suelos —equivalente a 45 379 058 ha de la superficie continental e insular de Colombia— presenta algún grado de degradación de suelos por erosión. De esta parte del territorio afectado, el 20 % (22 821 889 ha) presenta erosión ligera; el 17 % (19 222 575 ha), erosión moderada; el 3 % (3 063 204 ha), erosión severa; y el 0,2 % (271 390 ha), erosión muy severa.

Los principales focos de erosión se ubican en las zonas secas del país, en particular en las vertientes de la cordillera oriental, en las serranías del Caribe y en los cañones del área hidrográfica Magdalena-Cauca. No obstante, también aparecieron recientemente en el piedemonte de Caquetá-Putumayo, en la zona minera del Pacífico y en la isla de Providencia, donde se identificó un foco de erosión.

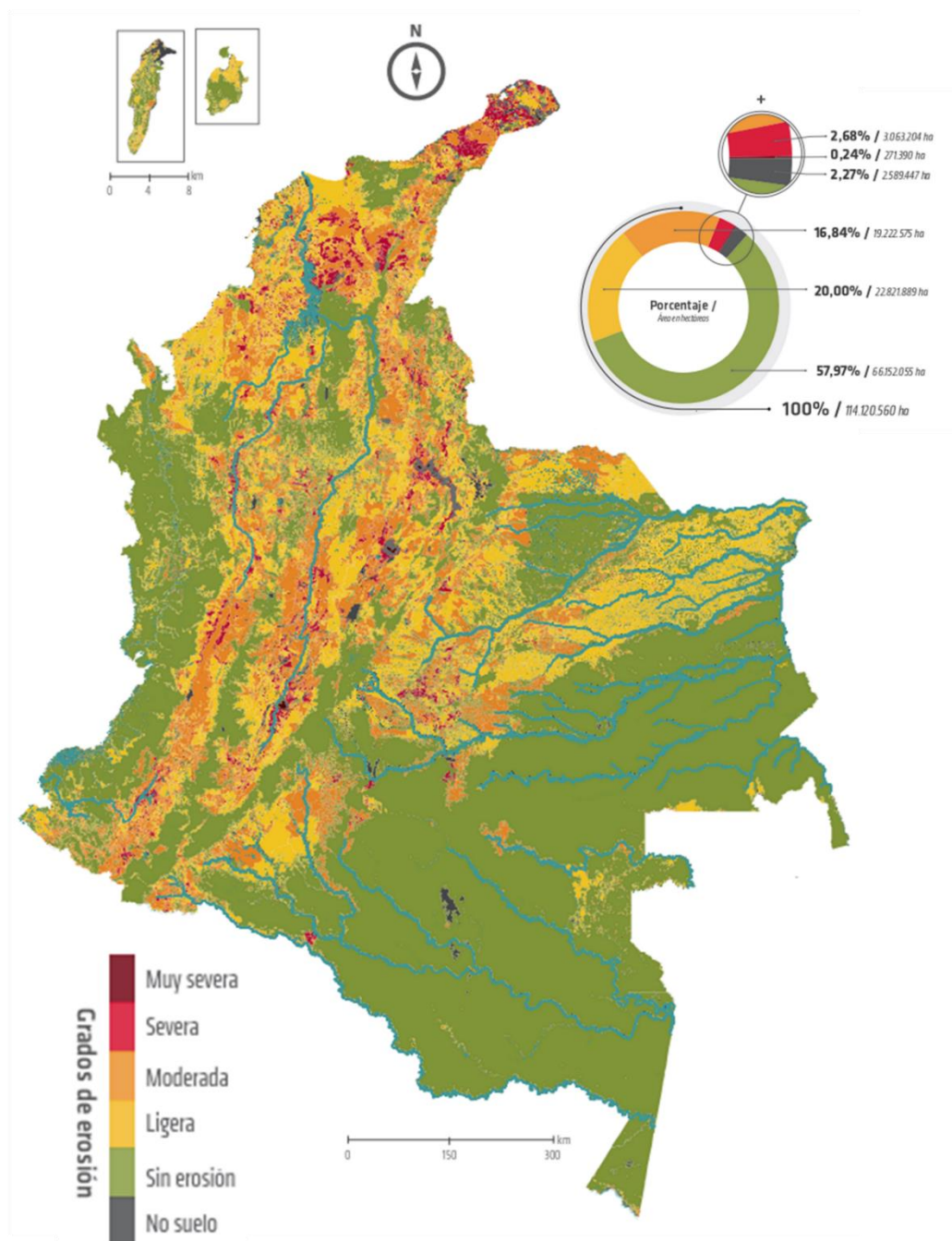
De acuerdo con los resultados, los departamentos con magnitud de erosión superior al 70 % respecto a su área son: Cesar (81,9 %), Caldas (81,9 %), Córdoba (80,9 %), Cundinamarca (80,3 %), Santander (79,4 %), La Guajira (79,3 %), Atlántico (77,9 %), Magdalena (76,9 %), Sucre (75,1 %), Tolima (73,7 %), Quindío (72,7 %), Huila (72,5 %) y Boyacá (72,1 %). Por otra parte, los departamentos con mayor proporción de su área afectada por grados de erosión severo y muy severo son: La Guajira (28,1 %), Magdalena (16,5 %), Cesar (12 %), Huila (8,4 %), Sucre (7,6 %), Santander (7,6 %), Tolima (7,5 %), Boyacá (6,8 %), Atlántico (6,4 %), Norte de Santander (5,7 %) y Valle del Cauca (5,4 %).

Al comparar las tierras de clima seco con las de clima húmedo respecto a la magnitud de la erosión, se evidenció que hay más áreas erosionadas en clima seco. En cuanto a las presiones de los usos del suelo sobre su degradación por erosión, se identificó que el 60 % del área de los suelos con vocación agrícola del país están afectados por erosión, 4,6 % con erosión en grados severos, lo que significa que se han perdido cerca de un millón de hectáreas en suelos con esta vocación.

En Colombia, cerca de 2,1 m de hectáreas son territorios exclusivamente agrícolas, y de toda esta área, solamente el 7 % no presenta degradación de suelo por erosión, por lo cual se puede asumir que donde hay agricultura, hay algún grado de erosión. Para el caso de

la ganadería, que ocupa cerca del 30 % del territorio nacional (34 millones de hectáreas), se identificó que el 77,3 % de los territorios ganaderos presentan algún grado de erosión.

**Figura 51. Zonificación de la degradación de suelos por erosión en Colombia**



Fuente: Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental - IDEAM, Grupos de Suelos y Tierras, 2015. Cartografía Básica - IGAC, 2012.

Para hacer frente a lo anterior, el Ministerio de Ambiente cuenta con el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas (PNR), que tiene como objetivo a 20 años orientar y promover procesos integrales de restauración ecológica dirigidos a recuperar las condiciones de los ecosistemas (como su estructura, su composición o sus funciones) y garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en áreas degradadas de especial importancia ecológica para el país. En tanto las zonas



degradadas requieren recuperar la estructura del suelo, el compost se perfila en este escenario como una alternativa importante.

#### **6.5.1.4 Potencial de uso de abonos orgánicos para jardinería**

El mercado de la jardinería, aunque es incipiente, se ha ido desarrollando gradualmente y hay gran expectativa con respecto a las posibilidades de exportación. Para ello, los gestores están obteniendo certificaciones que les permitan entrar en este mercado, en el que esperan aumentar hasta tres o cuatro veces el precio de venta del producto.

#### **6.5.2 Mercado de energía eléctrica**

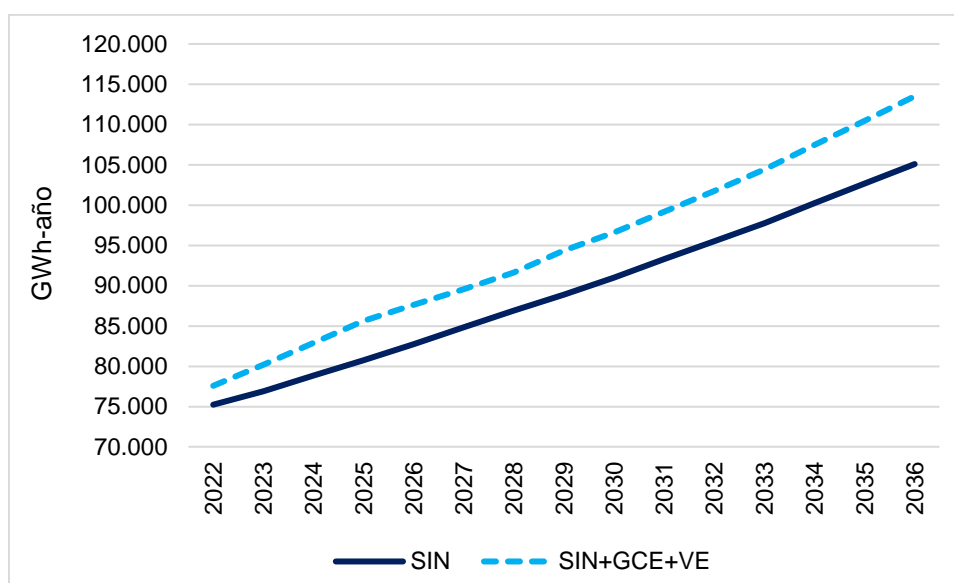
Teniendo en cuenta las disposiciones especiales para la generación de energía a partir de FNCER descritas previamente y las perspectivas de crecimiento del mercado energético para los próximos años, existe una oportunidad para la generación de energía a partir de ROM. En 2021 el crecimiento anual de la demanda fue del 5,24 % (en contraste con el crecimiento de 2,0 % en 2020), el cual se explica por la recuperación económica después del primer año de pandemia.

A mediano plazo, se pronostica que entre 2022 y 2036 la demanda de energía eléctrica del SIN podría tener un crecimiento promedio al año entre 2,22 % y 3,33 %. Adicionalmente, si se tiene en cuenta el efecto de la demanda en los consumidores especiales (GCE)<sup>33</sup> y de la demanda de energía proveniente de los vehículos eléctricos (VE)<sup>34</sup>, se estima que la demanda de energía eléctrica del SIN+GCE+VE en el periodo 2022-2036 tendría un crecimiento promedio anual de entre 2,2 % y 3,4 % (UPME, 2022b, <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia>).

33 Los proyectos que se incluyeron en las proyecciones de los GCE fueron: entrada de Sociedades Portuarias para el año 2022 (47 MV); entrada de la conexión de Drummond «La Loma» para 2022 (inicia con 400 GWh-año); entrada de la conexión de Ternium Sabanalarga para 2022 (inicia con 15 MW y posteriormente pasa a 90 MW); entrada de la conexión de Minesa (Santander) para 2022 (32 MW); entrada de la conexión de Quebradona (Jericó-Antioquia) para 2025 (58 MW); y entrada del Metro de Bogotá para 2025 (UPME, 2022b).

34 Se espera que la flota eléctrica corresponda al 24 % del total de vehículos para 2036.



**Figura 52. Proyección de demanda de energía (GW/h-año) 2022-2036**

GCE: demanda de consumidores especiales y VE: demanda de vehículos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia con datos de UPME, 2022c.

Se espera que en particular la GD contribuirá a disminuir la demanda de energía eléctrica en los próximos años. Igualmente, se prevé que la GD reste al crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica entre -0,19 % y -1,45 %. Lo anterior estaría asociado a un aumento en la capacidad instalada futura mediante GD que pasaría de 103 MW en 2022 a 1132 MW en 2036, con un crecimiento promedio anual del 23 % (UPME, 2022b).

### 6.5.3 Mercado de biogás y biometano

El panorama actual ofrece condiciones de demanda garantizadas a mediano plazo para la producción de gas natural proveniente de fuentes renovables (gases verdes), como el biometano, el gas natural sintético y el hidrógeno. De estas tres fuentes, el biometano es de interés para este estudio ya que se obtiene mediante la digestión anaerobia de materiales orgánicos biodegradables. El producto que se obtiene es el biogás, que corresponde a un gas combustible de bajo poder calórico con un contenido de metano entre 40 % y 60 %.

Si bien este primer producto puede usarse para producir electricidad o calor en sitio, no es apto para inyectarse a las redes de gas natural. Por lo tanto, se debe hacer un proceso de limpieza (*upgrading*) para alcanzar contenidos de metano superiores al 95 % y que así pueda ingresar a una red de gas natural. La capacidad de producción de biometano instalada crece a pasos agigantados, y en 2017 alcanzó 450 000 m<sup>3</sup>/h, siendo Europa el líder en la materia (Promigas, 2021). Se estima que en 2019 habían ya más de 1000 plantas instaladas en el mundo, con algunas plantas instaladas en Brasil y Chile. El principal reto actual a nivel mundial para la producción a escala de biometano son los altos costos de producción en unidades de digestión anaerobia, por lo cual generalmente se debe subsidiar su producción para hacerla viable.

En Colombia aún no se tiene contemplado un esquema de subsidios para esta actividad. Además, un reto en el país es la inexistencia de reglamentación para las condiciones especiales de conexión a la red de distribución de los proyectos de generación de gas verde, así como la falta de incentivos para desarrollar la generación de gas a partir de fuentes renovables en general. La creación de mecanismos que incentiven la instalación

de proyectos de biometano en Colombia y la introducción de reglas claras para la conexión a la red de distribución son aspectos clave para aprovechar el potencial de demanda existente para este tipo de fuente de energía en el escenario energético nacional actual.

Algunos de los proyectos de biogás y biometano que se conocen en el país son: (i) la planta de biogás Doña Juana S.A.S. E.S.P., ubicada en Bogotá, que genera energía eléctrica a partir de los residuos orgánicos del relleno sanitario desde el 2010. Para 2022 se aumentará la capacidad de instalada de generación a 25 MWh (Biogás Doña Juana, 2022); (ii) la planta de La Fazenda, empresa procesadora y comercializadora de carne de cerdo que inauguró a comienzos de 2021 una planta de generación de energía a partir de biogás en el departamento del Meta; (iii) en 2023 entrará en operaciones el proyecto de la empresa EPM en el Valle de Aburrá (Antioquia), con el cual se espera utilizar el biogás generado con los lodos residuales del proceso de tratamiento de aguas en la Planta San Fernando como recurso renovable para el proceso de generación energía eléctrica; (iv) el proyecto piloto de una planta de biogás desarrollada por la Universidad Nacional de Colombia en la sede de Tumaco (Nariño) a partir de los residuos de pesca, la cual comenzó operaciones en 2022.

## 6.6 Análisis FODA de las fases de la cadena de valor

A continuación se describen las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas del mercado de los residuos orgánicos para la ciudad de Ibagué.

### 6.6.1 Fortalezas

- La cobertura de recolección del servicio público de aseo en el área urbana de Ibagué es del 100 %, lo que ofrece una base logística atractiva para la implementación de una recolección selectiva eficiente.
- A nivel nacional se cuenta con información confiable sobre las toneladas de residuos sólidos que son dispuestos en los rellenos sanitarios, a través de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), que publica anualmente el «Informe nacional de disposición final de residuos sólidos».
- A partir del año 2020 se consolidó la Mesa de Biomasa Residual a nivel nacional, liderada por el Ministerio de Ambiente. En esta mesa se está logrando articular a todos los actores de orden nacional y local, público y privado en torno a la gestión de los residuos orgánicos, también denominados «biomasa residual».
- La Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) le da prioridad a la utilización de la biomasa y a incentivar las tecnologías verdes, integrando la planificación regional.

### 6.6.2 Oportunidades

- La tendencia internacional está enfocada en la valorización de los residuos orgánicos. Esto puede ayudar a impulsar la transición de un modelo lineal hacia uno circular en el país. Asimismo, esto implica que hay más información disponible para la toma de decisiones en torno a los mejores modelos de gestión y tratamiento de ROM.
- Valorización de los residuos de corte de césped y poda de árboles, que son recolectados de forma diferenciada.

- Existe en Ibagué un proyecto piloto, aunque de tamaño muy pequeño, para valorizar una parte de los residuos orgánicos de la plaza de mercado El Jardín, desarrollado por una asociación de recicladores. Este proyecto piloto puede ser el punto de partida para la valorización de los residuos orgánicos de plazas de mercado en Ibagué, considerando que la asociación de recicladores tiene pensado incrementar la capacidad del proyecto piloto e incluir más plazas.
- Interés por parte de INFIbagué (empresa administradora de las plazas de mercado de Ibagué) en desarrollar un plan piloto para el tratamiento de una parte de los residuos orgánicos generados en las plazas de mercado.
- Considerando que la fracción orgánica de los residuos sólidos tiene una contribución importante en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (se estima que en Colombia el 7% de las emisiones de GEI corresponden a los rellenos sanitarios<sup>35</sup>), hay una línea de inversión relacionada con la venta de bonos de carbono que puede ayudar a viabilizar económicamente la actividad. Para este caso, en el marco de las NAMA<sup>36</sup> y también de la NDC actualizada de Colombia, se ha impulsado la investigación relacionada con la fracción orgánica.
- Las tendencias internacionales y nacionales hacia el cuidado del medio ambiente y el consumo responsable generan presiones al mercado de los alimentos. Esto incluye una mayor demanda de alimentos orgánicos y, en consecuencia, un aumento proporcional en la demanda de abonos orgánicos.
- El sustancial aumento en los costos de los fertilizantes químicos está impulsando la transición hacia cultivos libres de químicos, lo que a su vez se traduce en una progresiva recuperación del suelo. Es vital que el país reduzca su dependencia en las importaciones de fertilizantes de síntesis química.
- Existe una gran oportunidad para difundir buenas prácticas agrícolas que incentiven el uso de abonos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos, con el fin de disminuir la contaminación de suelos, aumentar la productividad del cultivo a largo plazo y disminuir los costos de producción.
- El compost repone los nutrientes y la materia orgánica, mantiene la humedad y el crecimiento de las plantas, aumenta la absorción de los fertilizantes por parte de las plantas, evita la erosión del suelo y reduce las necesidades de riego (Kaza *et al.*, 2016). De hecho, el 45 % de los suelos del mundo se enfrenta a un agotamiento de nutrientes en determinadas zonas, que se ve agravado por los fertilizantes sintéticos (Kaza *et al.*, 2016). A su vez, en Colombia el 40 % de los suelos presenta algún grado de degradación de suelos por erosión; en el Tolima, el 7,5 % de los suelos presentan grados de erosión severos y muy severos (IDEAM & UDCA, 2015).
- La demanda de energías renovables y limpias está aumentando (Antonini *et al.*, 2020), lo que trae oportunidades para la apertura de nuevos mercados de

---

35 Comunicación personal con el MinAmbiente.

36 La Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia (CONPES 3700 de 2011) tiene dentro de sus metas «desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país con impacto en emisiones GEI, así como de NAMAs (Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional) y de proyectos emblemáticos de mitigación en cada sector».

generación eléctrica basados en fuentes renovables no convencionales, dentro de las que puede insertarse la biodigestión.

- Colombia también tiene una gran demanda de gas natural, ya que sus reservas nacionales se están agotando (Antonini *et al.*, 2020). La variación de precios (al alza) provocada por una oferta cada vez más limitada a mediano y largo plazo puede ir dando mayores grados de competitividad a fuentes de generación como el biogás a partir de biodigestión.

### 6.6.3 Debilidades

- No hay cultura de segregación en la fuente de ROM en el país. Por lo tanto, la implementación de un sistema de segregación en la fuente y recolección selectiva de ROM eficiente necesitará tiempo de aprendizaje, lo que implica que en un inicio se van a presentar impurezas (como vidrio y plásticos) en la fracción orgánica. Esto se debe tener en cuenta en el diseño de los sistemas de tratamiento de ROM, ya que estos materiales pueden tener impactos negativos en el correcto funcionamiento de los procesos y en la obtención de productos de alta calidad.
- Aún no se han desarrollado obligaciones concretas para que los ciudadanos separen en la fuente sus residuos orgánicos una vez que exista capacidad instalada para valorizarlos.
- La segregación en la fuente, la recolección selectiva y la valorización de ROM son prácticamente nulas en Ibagué. No existe infraestructura pública ni privada para la valorización de ROM.
- La producción de compost de baja calidad por parte de algunos gestores a nivel nacional ha afectado la imagen del compost ante los consumidores potenciales.
- Los costos de disposición final son inferiores a los costos de tratamiento de residuos orgánicos, lo cual es un desincentivo para su valorización, a menos que se establezcan condiciones legales o económicas que la fomenten.
- En los últimos años el apoyo gubernamental para impulsar y promover la agricultura orgánica ha sido escaso. De hecho, varios programas que se encontraban vigentes en el 2011 actualmente están desatendidos. Este impulso es necesario si se tiene en cuenta que los requerimientos para comercializar los productos orgánicos son altos, las certificaciones son costosas y es posible que se requieran subsidios, ya que la transición hacia la agricultura orgánica implica un proceso de ajuste.
- A pesar de que la normatividad sobre residuos es amplia, esta se encuentra dispersa, lo que genera confusión y problemas asociados con el liderazgo institucional para la transición hacia un modelo circular. Esto trae problemas de coordinación entre diferentes ministerios a nivel nacional y municipal, entre diferentes departamentos y niveles de gobierno, e inconsistencia política entre administraciones (Antonini *et al.*, 2020; CONPES 3874, 2016; UAESP, 2020).

### 6.6.4 Amenazas

- La existencia de un mercado energético (energía eléctrica) cada vez más competitivo, sobre todo en tecnologías para energías renovables (eólica, solar, etc.) con costos de producción que pueden ir a la baja en el tiempo, puede impactar la sostenibilidad financiera de la generación a través del tratamiento de orgánicos. Los

precios de la energía residencial e industrial en Colombia están por debajo de la media de América Latina, aunque siguen siendo altos en comparación con otras economías importantes de la región como Chile, Perú y Brasil (Bachra *et al.*, 2015). Esto dificulta la viabilidad de los proyectos que buscan generar energía a partir de fuentes no convencionales.

- La optimización en la estructura de costos en la producción de fertilizantes sintéticos, así como subvenciones a estos, puede impactar la sostenibilidad financiera de la producción de estos insumos a partir del tratamiento de residuos orgánicos.
- Tratados de libre comercio o acuerdos comerciales para la exportación de materias primas para alimentos provenientes de la agricultura pueden imponer estándares de calidad difíciles de alcanzar por un compost producido a partir del tratamiento de residuos orgánicos municipales.

## 7 Tasa de aprovechamiento/valorización

### 7.1 Tasa de aprovechamiento/valorización de residuos reciclables

De acuerdo con los cálculos realizados en el ítem 5.3.3 («Datos de cantidades de residuos reciclables gestionados en las estaciones de clasificación y aprovechamiento»), se pudo establecer que en el año 2021 se aprovecharon 5866 toneladas de residuos reciclables en Ibagué, considerando como residuos reciclables plásticos, papel/cartón, metales y vidrio.

Ese mismo año, de acuerdo con los cálculos realizados en el ítem 5.2.1 («Generación de residuos sólidos»), se estima que se generaron un total de 175 069 toneladas de residuos sólidos municipales, de las cuales 49 863 toneladas (28,5 %) corresponden a los residuos reciclables objeto del presente estudio.

Con base en estos números, se estima la siguiente tasa de aprovechamiento/valorización para los residuos reciclables:

5866 ton/49 863 ton = **11,8 % sobre la generación de residuos reciclables**

5866 ton/175 069 t = **3,4 % sobre la generación total de residuos sólidos municipales**

La tasa de aprovechamiento/valorización por tipo de material se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 36. Tasa de aprovechamiento/valorización por tipo de material (2021)**

Tipo de material	Generación (t/año)	Aprovechamiento (t/año)	Tasa de aprovechamiento/valorización
Papel y cartón	16 118	3420	21,2 %
Plásticos	24 141	1376	5,7 %
Metales	4090	550	13,4 %
Vidrio	5513	520	9,4 %
<b>Total</b>	<b>49 863</b>	<b>5866</b>	<b>Promedio 11,8 %</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede observar en la tabla previa, el material reciclable con la mayor tasa de aprovechamiento es el papel/cartón, y luego se encuentran los metales, el vidrio y por último los plásticos.

### 7.2 Tasa de aprovechamiento/valorización de residuos orgánicos

De acuerdo con lo descrito en el ítem 6.3.1 («Infraestructura pública y privada existente para el tratamiento y valorización de ROM»), la única iniciativa de valorización de residuos orgánicos es un proyecto piloto desarrollado por una asociación de recicladores, que declara haber tratado aproximadamente dos toneladas de estos residuos. Esta iniciativa inició en el año 2022, por lo tanto, en el cálculo de la tasa de aprovechamiento/valorización de ROM para el año 2021, la valorización de ROM se considera nula, con una tasa del 0 %.

### 7.3 Tasa total de aprovechamiento/valorización

En la siguiente tabla se presenta un consolidado de los datos mostrados en los ítems previos, así como la tasa total de aprovechamiento/valorización para Ibagué.



Tabla 37. Tasa de aprovechamiento/valorización por tipo de material (2021)

Tipo de material	Generación (t/año)	Aprovechamiento (t/año)	Tasa de aprovechamiento/v valorización
Orgánico	93 043	0	0 %
Papel y cartón	16 118	3420	21,2 %
Plásticos	24 141	1376	5,7 %
Metales	4090	550	13,4 %
Vidrio	5513	520	9,4 %
Otros	32 163	66	0,2 %
<b>Total</b>	<b>175 069</b>	<b>5932</b>	<b>Promedio 3,4 %</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

La tasa total de aprovechamiento/valorización en Ibagué para el año 2021 se estima en 3,4 %.

## 8 Definición de escenarios futuros para el análisis del potencial de valorización de los RSM en Ibagué

De acuerdo con lo indicado en el capítulo anterior, la tasa actual de aprovechamiento/valorización de los residuos sólidos orgánicos y reciclables generados en Ibagué se estima en 3,4 %. Para analizar el potencial de valorización de estos residuos, es decir, hasta cuánto se podría incrementar ese 3,4 % en los próximos años, en los siguientes capítulos se evalúan tres escenarios futuros con distintos niveles de segregación en la fuente y recolección selectiva (escenario 0, escenario 1 y escenario 2). A continuación se define cada uno de ellos.

### 8.1 Definición del escenario 0

El escenario 0 corresponde a la proyección de la situación actual de segregación en la fuente y recolección selectiva. Adicionalmente, se incluyen las dos siguientes iniciativas:

- **Ampliación de la capacidad del Proyecto Piloto de Compostaje desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos**

De acuerdo con lo mencionado en el ítem 6.3.2 («Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento»), para efectos del presente escenario se considera que mediante esta iniciativa se tratan 1,8 t/mes de residuos orgánicos procedentes de la plaza de mercado El Jardín. Esta cantidad de residuos orgánicos se incrementa anualmente en el mismo porcentaje que aumenta la generación de residuos.

- **Resolución 1407 de 2018 (REP de envases y empaques)**

En el ámbito regulatorio, y siguiendo la tendencia de países exitosos en el avance y la consolidación de altas tasas de valorización de sus residuos, la principal apuesta en torno al avance en esfuerzos de economía circular parece ser la inyección de recursos, el diseño de planes y la articulación de proyectos específicos para la maximización de la valorización de residuos de envases y empaques, concentrada en el concepto REP (responsabilidad extendida del productor) regulado por la Resolución 1407 de 2018.

Dicha resolución establece que entre 2021 y 2030 la meta de aprovechamiento para residuos de envases y empaques evolucionará desde un 10 % en 2021 hasta un 30 % en 2030. Si bien estas metas se consideran de una ambición moderada, su cumplimiento asegura una gestión sostenible de volúmenes relevantes.

En línea con lo dispuesto en la Resolución, se puede suponer que los productores de envases y empaques van a implementar planes concretos en Ibagué que contribuyan a cumplir la meta establecida para 2030 a nivel nacional. Por lo tanto, para el escenario 0 se considera que al año 2030 se alcanzaría un 30 % de valorización de residuos de envases y empaques en Ibagué, asumiendo que los envases y empaques corresponden a los materiales celulosas, plásticos, vidrio y algunos metales.

### 8.2 Definición del escenario 1

En el escenario 1 se propone la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir a un 50 % de la población en el 2030.

**Figura 53. Propuesta de segregación en la fuente y recolección selectiva para el año 2030 - escenario 1**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Se plantea que la población segregue sus residuos en cuatro flujos: reciclables (celulosas, plásticos y metales), vidrio, orgánicos y rechazo. El vidrio debe contar con un sistema de recolección diferenciado debido a lo siguiente:

- Salud y seguridad operacional del personal de recolección, pues los vidrios se pueden romper generando riesgo de cortes en el personal, y además tienen un alto peso.
- Los residuos de vidrios pueden dañar la maquinaria de las plantas de clasificación, por lo cual se debe evitar que ingresen a estas.
- Los residuos de vidrio tienen un canal de reciclaje diferenciado, y existen empresas interesadas exclusivamente en estos residuos, como por ejemplo O-I Peldar.

Para la clasificación de los residuos reciclables recogidos selectivamente, se analiza tanto la continuación de un sistema como el actual (mediante ECA) como la implementación de una planta de clasificación y pretratamiento a escala industrial centralizada, que podría ser manejada por las mismas ORO.

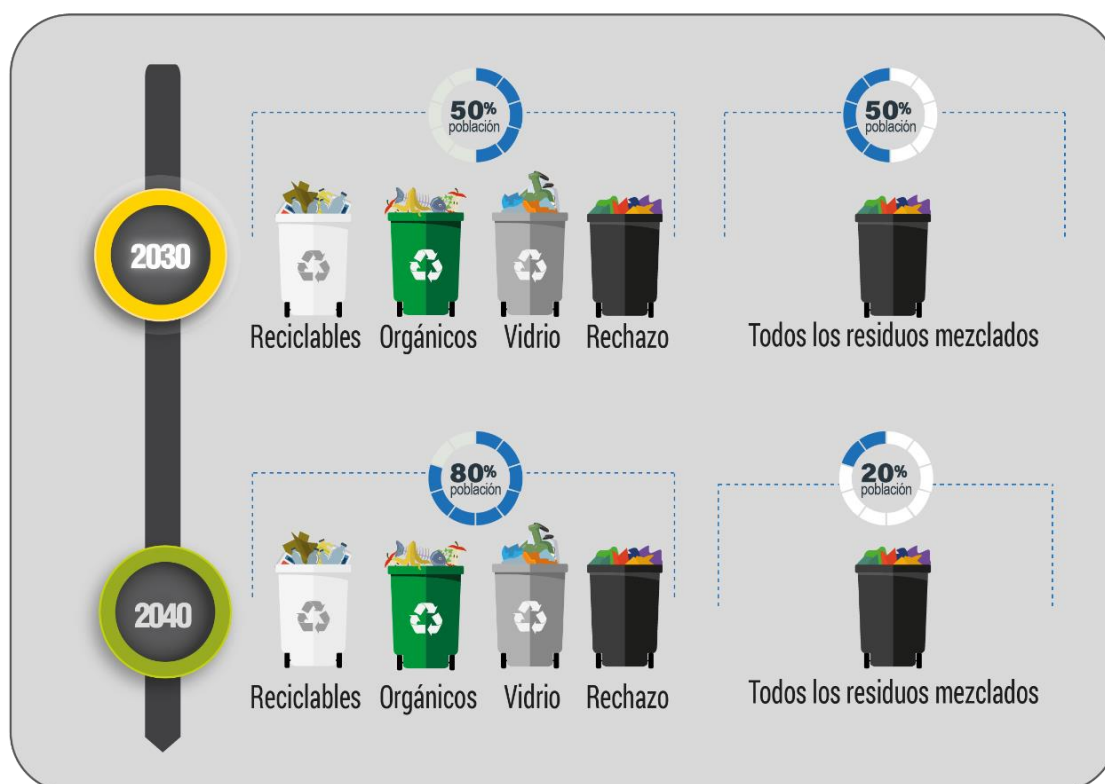
La valorización de la totalidad de los residuos orgánicos recogidos selectivamente se plantea mediante compostaje, debido al horizonte de tiempo evaluado (hasta 2030). Esta tecnología es más simple y robusta, pues soporta mejor las impurezas, por lo que se considera más adecuada mientras se consolida la segregación en la fuente y la recolección selectiva.

Para calcular las proyecciones de cantidades de residuos destinados a valorización y disposición final en este escenario, se utilizaron como punto de partida las proyecciones de las cantidades de generación de RSM que se presentan en el ítem 8.5. A estas cantidades se les aplica el porcentaje de la población con segregación en la fuente y recolección selectiva (50 % en el año 2030), así como un porcentaje de eficiencia, que se estima en 70 % para el año 2030 como resultado de la implementación de medidas de sensibilización y participación de la población.

### 8.3 Definición del escenario 2

El escenario 2 se plantea como la continuación del escenario 1, por lo que empieza en el año 2031 y va hasta el 2040. En este escenario se propone la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir un 80 % de la población en el año 2040.

**Figura 54. Propuesta de segregación en la fuente y recolección selectiva - escenario 2**



Fuente: GOPA Infra, 2022.

Al igual que para el escenario 1, en este se plantea que la población segregue sus residuos en cuatro flujos: reciclables (celulosas, plásticos y metales), vidrio, orgánicos y rechazo.

Para la valorización de los residuos reciclables recogidos selectivamente, se plantea un sistema de clasificación y pretratamiento a escala industrial. La valorización de los residuos orgánicos recogidos selectivamente se plantea mayoritariamente mediante compostaje, aunque se propone también la implementación de una planta de digestión anaerobia de carácter demostrativo para la posterior implementación de futuras plantas similares.

Para calcular las proyecciones de cantidades de residuos destinadas a valorización y disposición final en este escenario, se utilizaron como punto de partida las proyecciones de cantidades de generación de RSM que se presentan en el ítem 8.5. A estas cantidades se les aplica el porcentaje de la población con segregación en la fuente y recolección selectiva (80 % en el año 2040), así como un porcentaje de eficiencia, que se estima en 80 % para el año 2040, como resultado de la implementación de medidas de sensibilización y participación de la población.

## 8.4 Consideraciones generales para todos los escenarios

A continuación se describen las consideraciones principales que se tuvieron en cuenta para el análisis de los tres escenarios definidos previamente.

### 8.4.1 Implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico

En todos los escenarios se plantea la implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico (TMB) como alternativa para el tratamiento de los residuos no recogidos de forma selectiva (también conocidos como rechazo), que tienen un contenido significativo de materia orgánica.

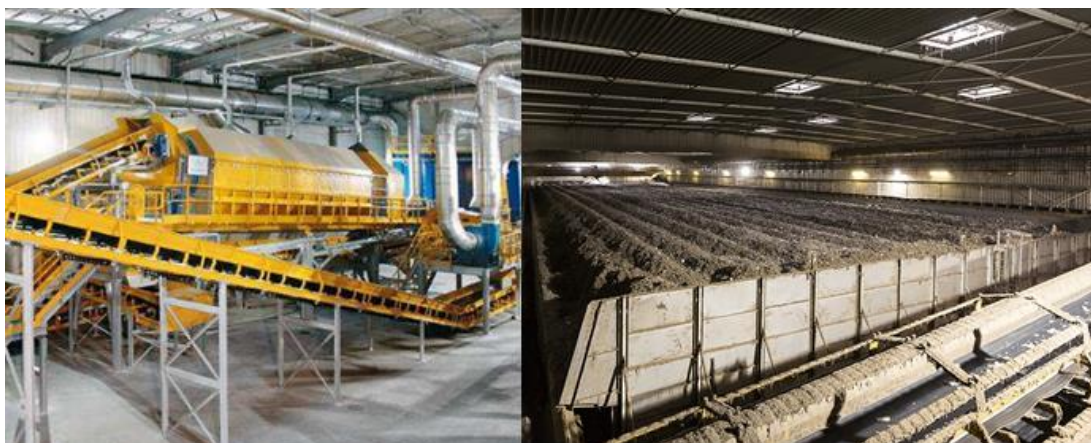
Este sistema de tratamiento forma parte integral de la infraestructura de tratamiento de residuos en diversos países como Alemania y España, y se menciona también como alternativa para la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) en el documento de actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Colombia para el periodo 2020-2030.

El tratamiento mecánico-biológico es una combinación de procesos físicos (clasificación de residuos) y biológicos para el tratamiento de residuos con contenido significativo de materia orgánica. Una ventaja clave de los sistemas TMB es que pueden ser configurados para alcanzar distintos objetivos. Algunos de los más comunes de las instalaciones TMB son:

- Pretratamiento de los residuos antes de su disposición final.
- Desvío de residuos sólidos municipales no biodegradables que van a rellenos sanitarios mediante su clasificación mecánica en materiales para reciclaje y/o recuperación de energía como combustible derivado de residuos (CDR).
- Desvío de residuos sólidos municipales biodegradables que van a rellenos sanitarios mediante:
  - Reducción de masa antes de su disposición en el relleno sanitario.
  - Reducción de la biodegradabilidad antes de su disposición en el relleno sanitario.
  - Estabilización en un producto similar al compost para su uso en la tierra.
  - Conversión en biogás para recuperación de energía.
  - Secado de los residuos para producir una fracción orgánica con alto poder calorífico para uso como CDR.

Las instalaciones TMB pueden funcionar con diferentes líneas y tecnologías en función de las necesidades y objetivos. En las más comunes, la primera etapa es el tratamiento mecánico (aunque algunas instalaciones pueden invertir los procesos), que incluye, además de la recuperación de materiales valorizables, la separación de la materia orgánica contenida en los residuos de entrada. Los procesos biológicos que siguen pueden utilizar las distintas tecnologías existentes, como compostaje y/o digestión anaerobia. Entre las distintas alternativas de TMB, el tratamiento mecánico seguido por el compostaje aeróbico es la tecnología más probada y económica. Esta es la alternativa que se propone en el presente análisis.

**Imagen 20. Imágenes de una planta de tratamiento mecánico-biológico**



Fuente: [www.paprec.com](http://www.paprec.com)

#### **8.4.2 Clasificación y pretratamiento a escala industrial**

A medida que se implementan estrategias de segregación en la fuente y recolección selectiva, naturalmente surgen necesidades de optimización en la operación de clasificación por tipo de materialidad. Es necesario considerar que para ser eficiente en términos logísticos, en la recolección selectiva los materiales reciclables se recolectan en un mismo contenedor o bolsa, como los envases livianos, por ejemplo, que en algunos modelos incluyen incluso las celulosas. Esto permite que, buscando una optimización logística, se maximice la recolección selectiva de estos materiales, que es necesario posteriormente clasificar por tipo de material en instalaciones especialmente diseñadas para dicho propósito.

Las plantas de clasificación y pretratamiento se convierten de esta forma en un eslabón fundamental de la cadena de valor, ya que en ellas es posible generar volúmenes y calidad adecuados para los posteriores procesos de transformación de los diferentes materiales involucrados. Esto se ratifica al observar la experiencia de países con avances significativos en gestión integral de residuos y altas tasas de valorización, donde este tipo de instalaciones son un elemento fundamental del sistema.

Mientras en Europa abundan las instalaciones de clasificación y pretratamiento, que, como se indicó, constituyen un eslabón clave en la cadena de valor, en América Latina comienzan a aparecer de la mano con avances regulatorios en torno a residuos sólidos y, en particular, a envases y empaques. Es aquí donde la implementación de regulaciones sobre la responsabilidad extendida del productor (REP) para envases y empaques, con base a la cual se establecen metas de recolección y valorización crecientes en el tiempo, implica la necesidad de avanzar en la construcción y operación de esta infraestructura. Es así como proyectos de este tipo ya se van convirtiendo en una realidad en países como Chile, Brasil y México principalmente.

En cuanto al tamaño y la capacidad de procesamiento, las plantas de clasificación y pretratamiento pueden diseñarse según las necesidades específicas que tenga la gestión local. Sin perjuicio de lo anterior, la experiencia internacional muestra que grandes plantas con capacidades superiores a las 100 000 t/año solamente se justifican para grandes ciudades donde los flujos de materiales y las condiciones económicas de la gestión están garantizados. En general, y tomando como referencia la experiencia europea, se observa



que las instalaciones de mediano tamaño, entre 50 000 y 70 000 t/año de capacidad, resultan más flexibles y tienen menos riesgos de inversión, por lo que este es precisamente el rango de tamaño que más se observa en la actualidad. En el caso particular de Ibagué, como se explica más adelante, se ha definido un tamaño que podría calificarse como pequeño, con una capacidad de 28 000 t/año trabajando a dos turnos.

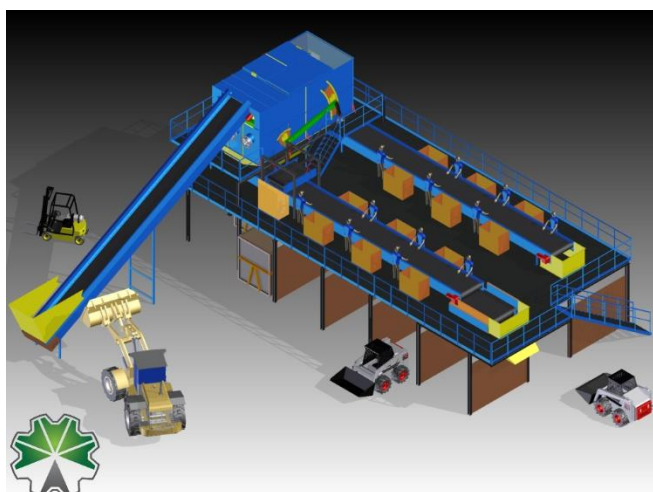
Una planta de clasificación cuenta con diversos procesos mecánicos, que podrán estar más o menos automatizados según la disponibilidad de recursos y el costo de mano de obra. Revisando la experiencia internacional, es posible observar plantas que operan al 100 % a partir de clasificación manual, mientras que existen otras con altos grados de automatización utilizando lectores ópticos (tecnología de lectura infrarroja) que seleccionan diferentes materiales, aumentando los niveles de calidad en la clasificación. Considerando las necesidades proyectadas en Ibagué, se proponen precisamente plantas de tamaño pequeño con una alta incidencia de clasificación manual.

**Imagen 21. Línea de clasificación manual**

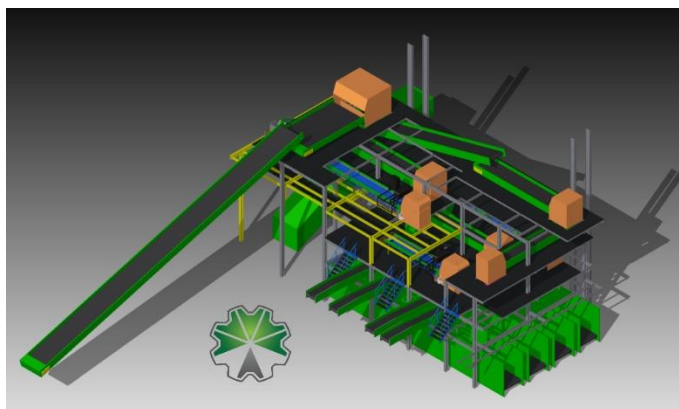


Fuente: Deysa.com.ar

**Imagen 22. Esquema de línea de clasificación semiautomatizada**



Fuente: parinisrl.it

**Imagen 23. Esquema de línea de clasificación automatizada**

Fuente: parinisrl.it

Una planta de clasificación consta, en general, con las siguientes instalaciones y equipamiento:

- Área de recepción de residuos reciclables separados en la fuente.
- Equipo de trituración primaria o abertura de bolsas.
- Sector de separación de voluminosos e impropios.
- Equipo de clasificación por forma y/o tamaño (trómel o separador balístico).
- Equipo separador de metales.
- Cintas de clasificación para materiales 2D y 3D, con puestos de clasificación manual.
- Eventual (deseado): automatización con separadores ópticos para fracciones de mayor valor (PET, PEAD y PP por ejemplo).
- Contenedores para cada tipo de material clasificado.
- Compactadora/embaladora.
- Área de acumulación de rechazo (fracción no reciclable).
- Sector de almacenamiento.
- Área de despacho.
- Otros equipos e infraestructura específica.

#### **8.4.3 Uso del rechazo de clasificación y TMB para preparación de CDR**

En sus operaciones de clasificación, las plantas de clasificación de envases y empaques generan, en promedio, aproximadamente un 30 % de rechazo, que corresponde a la fracción no reciclable de los residuos inorgánicos. Esta condición de «fracción no reciclable» puede deberse a los grados de contaminación con que llegue el material o a la presencia de materiales que no cuentan con alternativas disponibles para su reciclaje, como podrán ser envases multicapas, tipos específicos de plásticos, etc.

Esta fracción no reciclable cuenta, en general, con un interesante potencial calorífico. Su poder calorífico neto gira en torno a las 4000 kcal/kg, lo que la convierte en un material atractivo para ser utilizado como combustible en ciertos procesos industriales, dentro de los cuales la industria cementera es la que cuenta con mayor experiencia a nivel internacional.

En esta industria, el proceso de producción de clínker (materia prima principal del cemento) demanda altos volúmenes de combustible fósil, que en el caso de la industria cementera colombiana corresponde principalmente a carbón (una alternativa al carbón es el coque de petróleo, también conocido como *petcoke*). Esta alta demanda de energía térmica a partir

de combustibles fósiles ha llevado a la industria cementera a plantear estrategias de sostenibilidad basadas en la búsqueda de combustibles alternativos. Así, el denominado combustible derivado de residuos (CDR) se ha convertido en una alternativa real de esa industria para disminuir su consumo de combustibles fósiles, con importantes impactos positivos en la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las características del proceso productivo del clínker lo hacen una opción ideal para reemplazar combustibles fósiles por CDR, disminuyendo las emisiones, dando una gestión eficiente y sostenible a importantes volúmenes de residuos, y controlando sus costos operativos. Esta actividad, en conjunto con el reemplazo de materias primas vírgenes por corrientes específicas de ciertos residuos, es conocida como coprocesamiento, y se ha consolidado como una de las principales estrategias de sostenibilidad en la industria cementera a nivel mundial.

En Europa, por ejemplo, la industria cementera satisface más del 50 % de su demanda de combustibles a través del coprocesamiento de combustibles derivados de residuos, mientras que en América Latina ese indicador no supera el 15 %, lo que demuestra el gran potencial por aprovechar. Adicionalmente, es importante destacar que Colombia cuenta con plantas cementeras de la mejor tecnología disponibles, que hacen que ese potencial sea aún más evidente.

También resulta relevante que la industria cementera colombiana ha asumido el compromiso de avanzar en coprocesamiento, poniéndose como meta reemplazar al menos el 30 % de los combustibles fósiles que demanda para el año 2030, lo que implica una real oportunidad de dar un destino sostenible, basado en la valorización, a la fracción no reciclable de los residuos inorgánicos.

Para su materialización, el coprocesamiento de CDR requiere la implementación de tecnologías de pretratamiento que permitan producir un CDR de calidad a partir de la fracción no reciclable de residuos sólidos, y también necesita inversiones en las plantas cementeras para la recepción y alimentación del CDR a sus procesos.

**Imagen 24. Línea de producción de CDR**



Fuente: Untha.com



Imagen 25. CDR y horno cementero



Fuente: coactiva.cl

Según lo mencionado en ítem 5.4.6, la empresa CEMEX, presente en la ciudad de Ibagué a través de su planta Caracolito, se encuentra actualmente desarrollando el proyecto de ampliación de capacidades para el consumo de CDR en su proceso productivo, con la meta de alcanzar hasta el 80 % de sustitución de carbón hacia el año 2030, lo que implicaría una demanda superior a las 30 000 t/mes de CDR. En la medida que CEMEX materialice su proyecto (el cual ya viene avanzando en cuanto a inversiones), la fracción no reciclable tendrá una opción cierta de ser valorizada localmente como combustible derivado de residuos.

#### 8.4.4 Tecnologías para el tratamiento/valorización de residuos orgánicos

Tal como se mencionó previamente, las tecnologías más utilizadas en el mundo para el tratamiento de los ROM son el compostaje y la biodigestión anaerobia (Ricci-Jürgensen, 2020). Por lo tanto, estas son las tecnologías que se consideran para el presente análisis. Estas tecnologías de tratamiento se describen detalladamente en el anexo 3 («Tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos municipales [ROM]»).

#### 8.5 Proyección de la generación de residuos sólidos municipales para todos los escenarios (2023-2040)

El punto de partida para las hacer proyecciones de cantidades de residuos destinados a valorización y disposición final en cada uno de los escenarios definidos previamente son las proyecciones de las cantidades de RSM generados en Ibagué entre los años 2021 y 2040.

De acuerdo con lo indicado en el ítem 5.2.1 («Generación de residuos sólidos»), en el año 2021 se generaron en Ibagué 175 069 toneladas de residuos sólidos municipales, las cuales se distribuyen por tipo de material de la siguiente forma:

**Tabla 38. Composición promedio de los RSM en Ibagué**

Fracción	%	Generación año 2021 en t/año
Orgánico	53,1 %	93 043
Papel/cartón	9,2 %	16 118
Metales	2,3 %	4090
Vidrios	3,1 %	5513
Plásticos	13,8 %	24 141
Otros	18,4 %	32 163
<b>Total</b>	<b>100,0 %</b>	<b>175 069</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

A partir de estos volúmenes se proyecta la generación hasta el año 2040 por tipo de residuo. Para esta proyección se han utilizado las proyecciones de población a nivel municipal del DANE y un incremento anual del 1 % de la PPC (Ministerio de Ambiente de Perú & USAID, 2008).

En la siguiente tabla se presenta la generación de RSM para el año 2021 y su proyección para los años 2022 a 2040.

**Tabla 39. Generación actual y proyección de la generación de RSM en Ibagué en t/año (2021-2030)**

Descripción	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Orgánicos	93 043	94 185	95 348	96 662	98 017	99 377	100 730	102 073	103 390	104 698
Papel/cartón	16 118	16 316	16 517	16 745	16 980	17 215	17 450	17 682	17 910	18 137
Plásticos	24 141	24 438	24 739	25 080	25 432	25 785	26 136	26 484	26 826	27 165
Metales	4090	4141	4192	4250	4309	4369	4428	4487	4545	4603
Vidrios	5513	5581	5650	5728	5808	5889	5969	6048	6126	6204
Otros	32 163	32 558	32 960	33 415	33 883	34 353	34 821	35 285	35 740	36 193
<b>Total</b>	<b>175 069</b>	<b>177 219</b>	<b>179 406</b>	<b>181 879</b>	<b>184 429</b>	<b>186 987</b>	<b>189 534</b>	<b>192 061</b>	<b>194 538</b>	<b>197 000</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.



**Tabla 40. Proyección de la generación de RSM en Ibagué en t/año (2031-2040)**

Descripción	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Orgánicos	105 991	107 265	108 528	109 783	111 019	112 255	113 491	114 726	115 960	117 192
Papel/cartón	18 361	18 582	18 801	19 018	19 232	19 446	19 660	19 874	20 088	20 302
Plásticos	27 501	27 831	28 159	28 485	28 805	29 126	29 447	29 767	30 087	30 407
Metales	4660	4716	4771	4826	4881	4935	4989	5044	5098	5152
Vidrios	6281	6356	6431	6505	6579	6652	6725	6798	6871	6944
Otros	36 639	37 080	37 516	37 950	38 378	38 805	39 232	39 659	40 085	40 511
<b>Total</b>	<b>199 432</b>	<b>201 830</b>	<b>204 206</b>	<b>206 568</b>	<b>208 894</b>	<b>211 219</b>	<b>213 544</b>	<b>215 868</b>	<b>218 189</b>	<b>220 508</b>

Fuente: GOPA Infra, 2023.

## 9 Análisis del escenario 0

### 9.1 Resumen del escenario 0

- Es la proyección de la situación actual de segregación en la fuente y recolección selectiva, incluyendo dos iniciativas puntuales.
- Las iniciativas que se consideran son la ampliación de capacidad del proyecto piloto de compostaje de la Asociación de Recicladores Los Pijaos y la implementación de la Resolución 1407 de 2018 (REP de envases y empaques), hasta alcanzar el objetivo del 30 % de valorización para el año 2030.
- Clasificación de los residuos reciclables en ECA.
- Tratamiento de los residuos orgánicos en las instalaciones de compostaje de la Asociación de Recicladores Los Pijaos.
- Implementación de una instalación TMB de carácter demostrativo.

### 9.2 Proyección de las cantidades de RSM para valorización y disposición final

En este ítem se proyectan las cantidades de RSM destinados a valorización y disposición final en este escenario. Para calcular las proyecciones de cantidades de residuos reciclables y residuos orgánicos valorizadas, el punto de partida son las toneladas valorizadas en el año 2021. A partir de estas cifras se considera lo siguiente:

- Mediante la iniciativa de la Asociación de Recicladores Los Pijaos se valorizan 1,8 t/mes de residuos orgánicos procedentes de la plaza de mercado El Jardín. Esta cantidad de residuos orgánicos se incrementa anualmente en el mismo porcentaje que aumenta la generación de residuos.
- El porcentaje de valorización de los residuos reciclables se incrementa en 4,5 % anual como resultado de la implementación de la REP de envases y empaques en Ibagué.

En los siguientes ítems se analizan a detalle los valores que se presentan en las siguientes tablas; sin embargo, de forma general podemos observar que el porcentaje de residuos sólidos municipales destinados a valorización incrementa en 4,9 puntos porcentuales entre 2022 y 2030, pasando de 3,8 % a 8,7 %.

Tabla 41. Proyección del escenario 0 de la cantidad de RSM destinados a valorización y disposición final en Ibagué en t/año (2022-2030)

Descripción	Destino	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Papel/cartón	Valorización	3847	4328	4869	5478	6163	6933	7800	8775	9872
	Disp. final (DF)	12 469	12 189	11 876	11 502	11 053	10 517	9883	9136	8266
Plásticos	Valorización	1548	1742	1959	2204	2480	2790	3138	3531	3972
	DF	22 889	22 997	23 121	23 228	23 305	23 346	23 346	23 295	23 193
Metales	Valorización	618	696	782	880	990	1114	1253	1410	1586
	DF	3522	3496	3467	3429	3379	3314	3234	3135	3017
Vidrios	Valorización	586	659	741	834	938	1055	1187	1335	1502
	DF	4996	4991	4987	4974	4951	4914	4861	4791	4702
Orgánicos	Valorización	2	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7
	DF	94 183	95 326	96 640	97 995	99 354	100 707	102 050	103 366	104 675
Otros	Valorización	74	83	93	105	118	133	149	168	189
	DF	32 485	32 877	33 321	33 778	34 235	34 688	35 136	35 572	36 004
Total reciclables	Valorización	6599	7424	8352	9396	10 571	11 892	13 379	15 051	16 932
	DF	43 876	43 674	43 450	43 133	42 687	42 091	41 324	40 357	39 177
Total	Valorización	6675	7529	8467	9523	10 711	12 048	13 551	15 242	17 145
	DF	170 544	171 877	173 412	174 906	176 276	177 486	178 510	179 295	179 855

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Tabla 42. Porcentaje de residuos destinados a valorización por tipo de residuo en Ibagué en el escenario 0 (2021-2030)

Descripción	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Orgánicos</b>	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %
<b>Papel/cartón</b>	21,2 %	23,6 %	26,2 %	29,1 %	32,3 %	35,8 %	39,7 %	44,1 %	49,0 %	54,4 %
<b>Plásticos</b>	5,7 %	6,3 %	7,0 %	7,8 %	8,7 %	9,6 %	10,7 %	11,9 %	13,2 %	14,6 %
<b>Metales</b>	13,4 %	14,9 %	16,6 %	18,4 %	20,4 %	22,7 %	25,2 %	27,9 %	31,0 %	34,5 %
<b>Vidrios</b>	9,4 %	10,5 %	11,7 %	12,9 %	14,4 %	15,9 %	17,7 %	19,6 %	21,8 %	24,2 %
<b>Promedio reciclables</b>	11,8 %	13,1 %	14,5 %	16,1 %	17,9 %	19,8 %	22,0 %	24,5 %	27,2 %	30,2 %
<b>Promedio total</b>	3,4 %	3,8 %	4,2 %	4,7 %	5,2 %	5,7 %	6,4 %	7,1 %	7,8 %	8,7 %

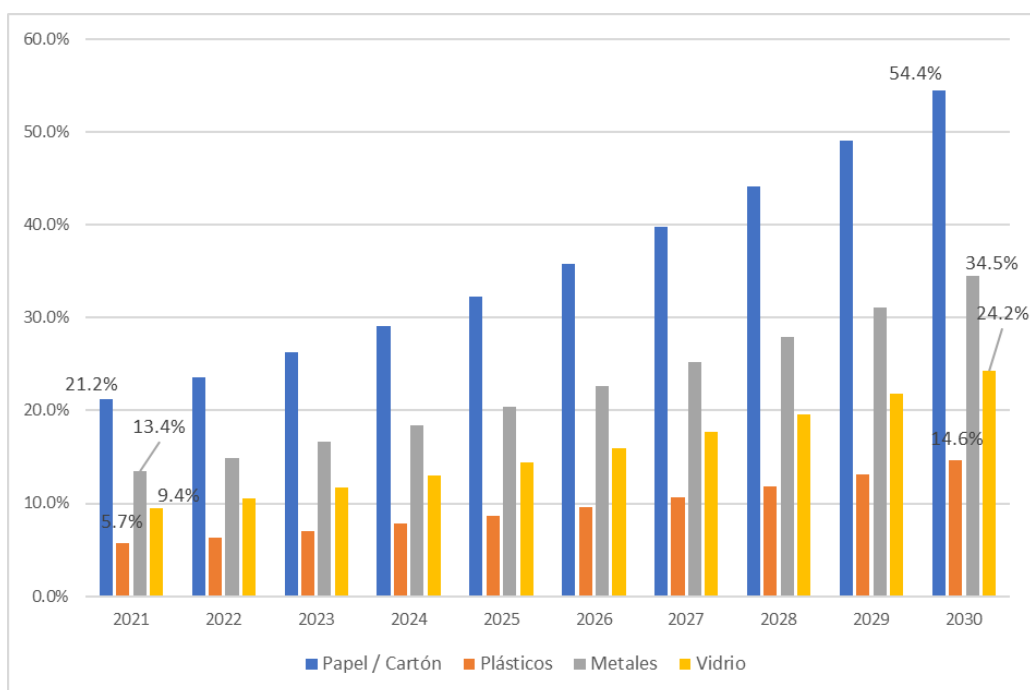
Fuente: GOPA Infra, 2023.

### 9.3 Análisis de las cantidades de residuos reciclables

#### 9.3.1 Cantidades de residuos reciclables destinados a valorización

Tal como se puede ver en las tablas anteriores, en promedio, el porcentaje de residuos reciclables destinados a valorización se estimó en 11,8 % en el año 2021, y se incrementa a 30,2 % en el año 2030. En la siguiente gráfica se muestra la variación en el porcentaje de residuos reciclables destinados a valorización entre los años 2021 y 2030 por tipo de material.

**Figura 55. Porcentaje de valorización por tipo de residuo reciclable en el escenario 0**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede ver en el gráfico anterior:

- El porcentaje de papel/cartón destinado a valorización se estima en 21,2 % para el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 54,4 % en el año 2030.
- El porcentaje de plásticos destinados a valorización se estima en 5,7 % en el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 14,6 % en el año 2030.
- El porcentaje de metales destinados a valorización se estima en 13,4 % en el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 34,5 % en el año 2030.
- El porcentaje de vidrios destinados a valorización se estima en 9,4 % en el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 24,2 % en el año 2030.

### 9.3.2 Clasificación y pretratamiento de residuos reciclables

En total, se estima que en el año 2030 estarían llegando a las estaciones de clasificación y pretratamiento (ECA) un total de 17 000 toneladas de residuos reciclables, cifra que para el año 2021 se estimó en 5866 t/año, de acuerdo con lo calculado en el ítem 5.3.3 («Datos de cantidades de residuos reciclables gestionados en las estaciones de clasificación y aprovechamiento») (sin incluir madera y textiles).

De acuerdo con lo indicado en el ítem 5.3.2 («Estaciones de clasificación y aprovechamiento en Ibagué»), existen en Ibagué 17 ECA, que gestionan un promedio de 345 t/año de residuos reciclables. Con base en este valor, se calcula que para gestionar las 17 000 t/año de residuos reciclables proyectadas para el año 2030, se necesitarían aproximadamente 32 ECA adicionales.

### 9.3.3 Transformación de residuos reciclables

Con base en el análisis de la cadena de valor de los residuos reciclables (ver capítulo 5), se sabe que la industria transformadora está interesada en recibir una mayor cantidad de material posconsumo del que reciben en la actualidad, por lo que muy probablemente las cantidades de residuos reciclables destinadas a valorización en este escenario resultarán aún insuficientes para satisfacer la demanda de esta industria.

Específicamente en el caso de los plásticos, para el año 2022 se proyecta que se destinen para valorización 1548 toneladas; esta cantidad se incrementa a 3972 toneladas para el año 2030, principalmente como consecuencia de la implementación de la REP de envases y empaques en Ibagué.

En entrevistas realizadas en el marco del presente estudio, se tuvo conocimiento de que la industria transformadora de plástico tiene entre sus planes a corto y mediano plazo incrementar su capacidad de procesamiento de plásticos. Específicamente en Ibagué, dos de los actores más representativos de la industria pretransformadora y transformadora de plásticos, QUOS y Recicoop, mencionaron tener intenciones de consolidarse en el futuro, a pesar de las restricciones de recursos que enfrentan.

Asimismo, a nivel nacional Apropet tiene entre sus planes de crecimiento realizar una ampliación de su planta para finales del año 2022, lo cual implicaría triplicar la capacidad de su planta de reciclaje de PET (que actualmente es 700 t/mes). Del mismo modo, ENKA (Acoplásticos, s. f.) aprobó una inversión de seis millones de dólares para la modernización de la línea de producción de fibras a partir de botellas de PET recicladas, para desarrollar nuevos productos que actualmente no se fabrican en el país. Igualmente, la empresa contempla el desarrollo futuro de una nueva planta de procesamiento de PET, que podría ubicarse en Bogotá, Medellín o la Costa Atlántica. Ekored (La República, 2022), por su parte, tiene planeado que su nueva planta ubicada en Girardota entre en operación antes de finalizar 2022, la cual tiene una inversión de aproximadamente 40 millones de dólares, para producir botellas a partir de PET reciclado. Finalmente, Esenttia (s. f.) anunció la construcción de una nueva planta en Tocancipá de resinas plásticas elaboradas de polipropileno y polietileno posconsumo para aumentar la capacidad de su planta de reciclaje, aunque indicó que esta información es aún confidencial. La empresa estima producir 12 000 toneladas de plástico posconsumo transformado en resinas dirigidas a aplicaciones donde actualmente solo se usa plástico virgen, como botellas, empaques, termos y múltiples recipientes, entre otros.



En el caso del papel/cartón, se proyecta que para el 2022 se destinen a valorización 3847 toneladas de celulosas, cantidad que se incrementa a 9872 toneladas para el año 2030, principalmente como consecuencia de la implementación de la REP de envases y empaques en Ibagué.

Actualmente no existe industria transformadora de papel/cartón en Ibagué, pero existen 15 empresas transformadoras a nivel nacional, muchas de las cuales reciben el material proveniente de Ibagué a través de los intermediarios o comercializadoras. De acuerdo con la información de la DIAN y el DANE, en el año 2021 estas empresas realizaron importaciones de papel y cartón posconsumo equivalentes a 140 904 toneladas, lo que significa que la oferta nacional es aún deficitaria al compararla con la capacidad de procesamiento. La Cámara de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI declara que, adicionalmente, existen diversas iniciativas para adaptarse a las nuevas realidades y exigencias de los mercados, incluyendo maximizar la utilización de materias primas recicladas. Esto implica un permanente proceso de adaptación y crecimiento en la capacidad de recepción y valorización de residuos a calidades adecuadas.

Respecto al vidrio, para el año 2022 se proyecta que se destinen a valorización 586 toneladas, cantidad que se incrementa a 1502 toneladas para el año 2030, principalmente como consecuencia de la implementación de la REP de envases y empaques en Ibagué.

En la actualidad no existe industria transformadora de vidrio en Ibagué, y su bajo precio (aprox. 90 pesos/kg) no genera incentivos para su recolección. Sin embargo, el actor principal (O-I Peldar) declara que está en condiciones de recibir y procesar el 100 % del vidrio posconsumo potencialmente generado. Asimismo, esta empresa declara que para potenciar y hacer sostenible la recepción de vidrio posconsumo desde diferentes regiones del país, está trabajando en aumentar su capacidad logística y desarrollar un formato de colaboración con otros actores de la cadena.

En el caso de los metales, para el año 2022 se proyecta una valorización de 618 toneladas, cantidad que se incrementa a 1586 toneladas para el año 2030. Por ahora no existe industria transformadora de metales en Ibagué; el material sale de Ibagué hacia las grandes ciudades a través de los intermediarios o comercializadoras, siendo Recicladora del Tolima uno de los principales comercializadores de metales de la ciudad.

De acuerdo con la información recabada en el presente estudio, la demanda de chatarra a nivel nacional en ocasiones es mayor que la oferta, por lo que las grandes empresas siderúrgicas deben hacer importaciones de chatarra para suplir sus necesidades. Así las cosas, no se ven inconvenientes por parte de la industria transformadora para valorizar las cantidades proyectadas.

Un ejemplo de lo anterior es la empresa Diaco (Gerdau), localizada en Boyacá, que continuamente realiza campañas de recolección de residuos metálicos ferrosos para sus procesos productivos en conjunto con organizaciones de recicladores y recicladoras, capacitando y aportando recursos para fortalecer la cadena de abastecimiento de chatarra. En 2020 Diaco trabajaba de forma directa con más de 4000 personas recicladoras capacitándolas en mejores prácticas, fortalecimiento de capacidades, procesos de formalización, mejoramiento de ECA, aspectos ambientales, salud y seguridad, y calidad de la chatarra, entre otros temas. Todo lo anterior con el objetivo de industrializar la actividad de las y los recicladores y asegurar mayores volúmenes de una forma sostenible.

## **9.4 Análisis de las cantidades de residuos orgánicos**

### **9.4.1 Cantidades de residuos orgánicos destinados a valorización**

Como se puede ver en las tablas previas, el porcentaje de residuos orgánicos destinados a valorización se estima en 0 % en el año 2021, y se proyecta un ligero incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 0,02 % en el año 2030. Esto representa un total de aproximadamente 24 t/año de residuos orgánicos valorizados.

### **9.4.2 Tratamiento de residuos orgánicos**

De acuerdo con lo mencionado en el ítem 6.3.1 («Infraestructura pública y privada existente para el tratamiento y valorización de ROM»), actualmente se está desarrollando en Ibagué un proyecto piloto por parte de la Asociación de Recicladores Los Pijaos para el tratamiento de una parte de los residuos orgánicos de la plaza de mercado El Jardín. Asimismo, en el ítem 6.3.2 («Iniciativas en desarrollo y potencial de crecimiento») se indicó que existen planes para incrementar la capacidad de este proyecto, tratando 1,8 t/mes de residuos orgánicos procedentes de El Jardín. Esta cantidad de residuos orgánicos se incrementa anualmente en el mismo porcentaje que aumenta la generación de residuos.

## **9.5 Tratamiento del rechazo que se destina a disposición final**

De acuerdo con las proyecciones de este escenario, las cantidades de residuos que se destinan a disposición final se incrementan de 170 544 toneladas en el año 2022 a 179 855 toneladas en el año 2030, lo cual representa un incremento del 5,5 %.

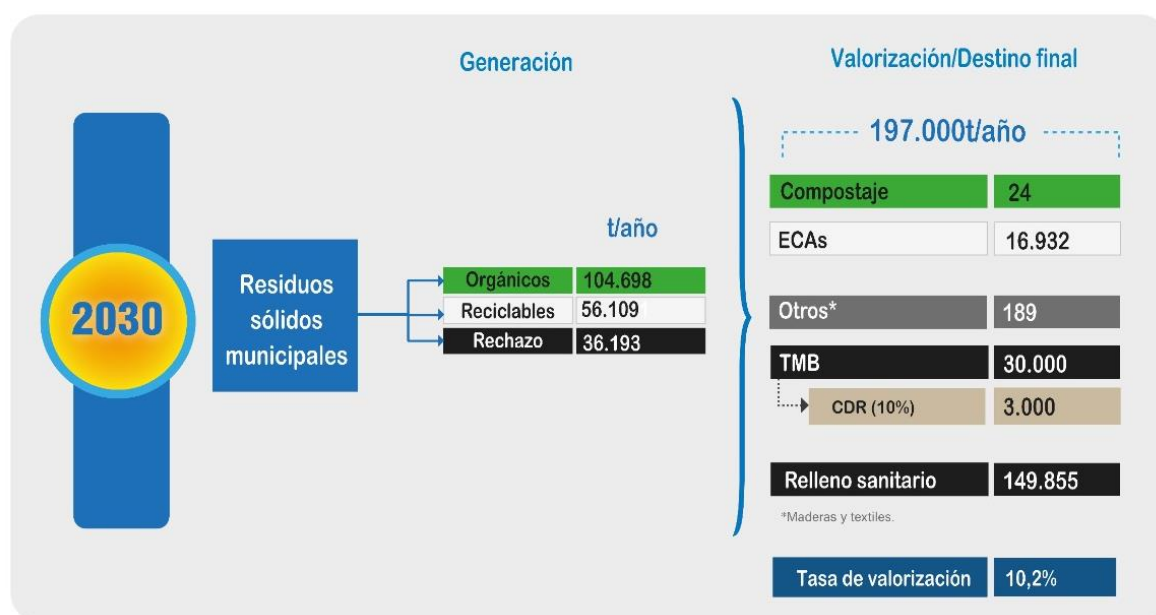
Como se mencionó en el ítem 8.4 («Consideraciones generales para todos los escenarios»), para todos los escenarios se plantea la implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico (TMB) como alternativa para el tratamiento de los residuos no recogidos de forma selectiva (rechazo). En el caso específico de este escenario, se propone la implementación de una instalación TMB de carácter demostrativo para la posterior implementación de futuras plantas similares.

Con base en referencias internacionales y en las cantidades de residuos destinados a disposición final, la capacidad de una instalación TMB podría ser de alrededor de 30 000 t/año, y la inversión se estima en 50 dólares por tonelada tratada al año, lo cual representa una inversión de aproximadamente 1,5 millones de dólares. El costo de operación (OPEX) de estas plantas se estima en 7 dólares/tonelada, lo cual representaría un costo de 210 000 dólares por año. La reducción de masa se estima entre 40 % y 60 %. El material restante se debe disponer en el relleno sanitario.

## **9.6 Análisis de potencial para escenario 0**

En el siguiente gráfico se presentan los flujos de residuos proyectados para el año 2030 en este escenario.

Figura 56. Flujo de residuos sólidos municipales en t/año para el 2030 según el escenario 0



Fuente: GOPA Infra, 2022.

Como se puede observar en el gráfico anterior, se proyecta que para el año 2030 se valoricen un total de 17 145 toneladas de residuos sólidos municipales (24 ton de orgánicos + 16 932 ton de reciclables + 189 toneladas de otros materiales). Esto representa una tasa de valorización del 8,7 %. Si a este porcentaje se agregan las 3000 toneladas procedentes de la instalación TMB para valorizar como CDR, entonces la tasa de valorización se incrementa a 10,2 %. Esta misma tasa se calculó en 3,4 % para el año 2021, lo que significa un incremento de 6,8 puntos porcentuales en nueve años.

Se plantea que los residuos orgánicos se valoricen mediante el proyecto de compostaje de la Asociación de Recicladores Los Pijaos, y que los residuos reciclables se gestionen en las ECA, tal como sucede en la actualidad. Asimismo, se proyecta que en el año 2030 se destinen a disposición final aproximadamente 180 000 toneladas de RSM, de las cuales 30 000 toneladas podrían ser previamente tratadas en una instalación TMB.

En este escenario se tendría una fuente potencial para la generación de CDR: el material con alto poder calorífico separado en la instalación TMB, que se estima en un 10 % (3000 t/año). En Ibagué, CEMEX cuenta con la planta Caracolito, que reúne todas las características para desarrollar un proyecto de co-procesamiento con un potencial muy interesante.

Según la información facilitada por CEMEX, la planta Caracolito presentaba en 2021 un nivel de sustitución por coprocesamiento de 7 %, que ha aumentado sostenidamente al 30 % en la actualidad, siendo la meta a largo plazo avanzar hasta un 80 % hacia el año 2030, un potencial alcanzable según las evaluaciones técnicas de la empresa. Un nivel del 80 % implicaría el consumo de aproximadamente 35 000 t/mes de CDR, lo que puede considerarse como máximo teórico alcanzable. Utilizando una sustitución del 40 %, que es una práctica promedio en plantas cementeras ubicadas en países desarrollados, el volumen demandado alcanzaría las 17 500 t/mes, por lo que no habría limitaciones para valorizar energéticamente las cantidades indicadas previamente.

## 9.7 Medidas recomendadas para lograr la tasa de valorización proyectada para el escenario 0

Tal como se ha visto en los ítems previos, en este escenario la tasa de valorización pasa de 3,4 % a 10,2 % entre los años 2021 y 2030. Si bien esto representa una mejora, no se considera significativa para avanzar hacia una economía circular en el marco de la gestión de los residuos sólidos.

A pesar de esto, para alcanzar el porcentaje de valorización proyectado para el año 2030 (10,2 %), se deben implementar una serie de medidas que permitan contar con la capacidad de tratamiento requerida para valorizar las cantidades de residuos proyectadas (p. ej. instalaciones de tratamiento de residuos orgánicos, ECA, instalación TMB de carácter demostrativo).

A continuación se proponen algunas acciones:

- Exploración de mecanismos para la cooperación internacional que permitan desarrollar un proyecto demostrativo a escala industrial para la implementación de una planta TMB en Ibagué.
- Plan específico de búsqueda, gestión y acompañamiento de proyectos que califiquen para financiamiento por la vía del incentivo al aprovechamiento, considerando diferentes alternativas de valorización.
- Proceso de cooperación público-privada entre la industria cementera, la autoridad municipal y las autoridades nacionales con competencias en la materia, para reconocer e impulsar la tecnología de coprocesamiento como una alternativa preferente para la valorización de la fracción no reciclable de residuos de envases y empaques, permitiendo dar certidumbre y sostenibilidad a las inversiones respectivas.
- Incorporación y reconocimiento de la fracción no reciclable valorizada energéticamente por coprocesamiento en la remuneración por servicio de aprovechamiento.

## 10 Análisis del escenario 1

### 10.1 Resumen del escenario 1

- Implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de los RSM hasta cubrir a un 50 % de la población en el año 2030.
- Segregación en la fuente en cuatro flujos: reciclables (celulosas, plásticos y metales), vidrio, orgánicos y rechazo.



- Clasificación de residuos reciclables en ECA o plantas de clasificación.
- Tratamiento de residuos orgánicos en plantas de compostaje.
- Implementación de una instalación TMB de carácter demostrativo.

### 10.2 Proyección de las cantidades de residuos para valorización y disposición final

Para calcular las proyecciones de cantidades de residuos destinados a valorización y disposición final en este escenario, se utilizaron como punto de partida las proyecciones de las cantidades de generación de RSM que se presentan en el ítem 8.5. A estas cantidades se les aplica el porcentaje de la población con segregación en la fuente y recolección selectiva (50 % en el año 2030), así como un porcentaje de eficiencia, que se estima en 70 % para el año 2030, como resultado de la implementación de medidas de sensibilización y participación de la población.

En los siguientes ítems se analizan a detalle los valores que se presentan en las siguientes tablas; sin embargo, de forma general podemos observar que el porcentaje de residuos sólidos municipales destinados a valorización se incrementa en 31,2 puntos porcentuales entre los años 2022 y 2030, pasando de 3,8 % a 35 %.

Tabla 43. Proyección según el escenario 1 de la cantidad de RSM destinados a valorización y disposición final en Ibagué en t/año (2022-2030)

Descripción	Destino	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Papel/cartón	Valorización	3847	5030	6660	8469	9734	10 725	11 383	11 838	12 165
	Disp. final (DF)	12 469	11 488	10 085	8511	7481	6725	6300	6073	5972
Plásticos	Valorización	1548	2024	2680	3408	4844	6523	8402	10 571	13 148
	DF	22 889	22 715	22 400	22 024	20 941	19 613	18 082	16 254	14 017
Metales	Valorización	618	808	1070	1361	1590	1785	1936	2064	2185
	DF	3522	3384	3179	2948	2779	2643	2552	2481	2418
Vidrios	Valorización	586	765	1014	1289	1592	1895	2188	2494	2835
	DF	4996	4884	4714	4519	4297	4074	3861	3633	3369
Orgánicos	Valorización	2	3337	7129	11 395	16 149	21 090	26 029	31 211	36 644
	DF	94 183	92 010	89 533	86 623	83 228	79 640	76 045	72 179	68 054
Otros	Valorización	74	96	128	162	382	671	1023	1451	1972
	DF	32.485	32 864	33 287	33 721	33 971	34 150	34 262	34 290	34 221
Total reciclables sin vidrio	Valorización	6014	7862	10 410	13 237	16 168	19 032	21 720	24 473	27 499
	DF	38 881	37 587	35 665	33 484	31 200	28 982	26 934	24 808	22 407
Total	Valorización	6675	12 060	18 680	26 083	34 291	42 689	50 960	59 628	68 950
	DF	170 544	167 346	163 200	158 347	152 696	146 845	141 101	134 909	128 050

Fuente: GOPA Infra, 2023.



Tabla 44. Porcentaje de residuos destinados a valorización por tipo de residuo en Ibagué en el escenario 1 (2021-2030)

Descripción	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Orgánicos</b>	0,0 %	0,0 %	3,5 %	7,4 %	11,6 %	16,3 %	20,9 %	25,5 %	30,2 %	35,0 %
<b>Papel/cartón</b>	21,2 %	23,6 %	30,5 %	39,8 %	49,9 %	56,5 %	61,5 %	64,4 %	66,1 %	67,1 %
<b>Plásticos</b>	5,7 %	6,3 %	8,2 %	10,7 %	13,4 %	18,8 %	25,0 %	31,7 %	39,4 %	48,4 %
<b>Metales</b>	13,4 %	14,9 %	19,3 %	25,2 %	31,6 %	36,4 %	40,3 %	43,1 %	45,4 %	47,5 %
<b>Vidrios</b>	9,4 %	10,5 %	13,5 %	17,7 %	22,2 %	27,0 %	31,8 %	36,2 %	40,7 %	45,7 %
<b>Promedio reciclables</b>	<b>11,8 %</b>	<b>13,1 %</b>	<b>16,9 %</b>	<b>22,1 %</b>	<b>27,7 %</b>	<b>33,3 %</b>	<b>38,8 %</b>	<b>43,7 %</b>	<b>48,7 %</b>	<b>54,1 %</b>
<b>Promedio total</b>	<b>3,4 %</b>	<b>3,8 %</b>	<b>6,7 %</b>	<b>10,3 %</b>	<b>14,1 %</b>	<b>18,3 %</b>	<b>22,5 %</b>	<b>26,5 %</b>	<b>30,7 %</b>	<b>35,0 %</b>

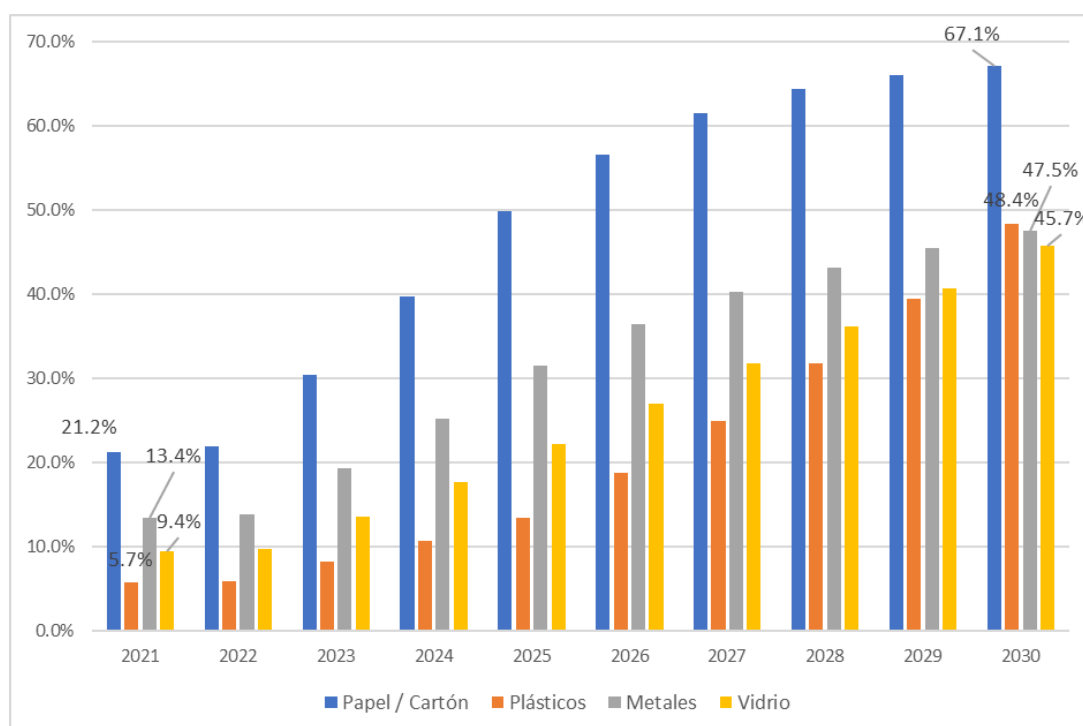
Fuente: GOPA Infra, 2023.

## 10.3 Análisis de las cantidades de residuos reciclables y propuestas para su valorización

### 10.3.1 Cantidades de residuos reciclables destinados a valorización

Como se puede ver en las tablas anteriores, en promedio, el porcentaje de residuos reciclables destinados a valorización se estima en 13,1 % en el año 2022, y se incrementaría a 54,1 % en el 2030. En la siguiente gráfica se muestra la variación en el porcentaje de residuos reciclables destinados a valorización entre 2022-2030 por tipo de material.

**Figura 57. Porcentaje de valorización por tipo de residuo reciclable en el escenario 1**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede ver en el gráfico anterior:

- El porcentaje de papel/cartón destinado a valorización se estima en 21,2 % para el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 67,1 % en el año 2030.
- El porcentaje de plásticos destinados a valorización se estima en 5,7 % en el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 48,4 % en el año 2030.
- El porcentaje de metales destinados a valorización se estima en 13,4 % en el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 47,5 % en el año 2030.
- El porcentaje de vidrios destinados a valorización se estima en 9,4 % en el año 2021 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 45,7 % en el año 2030.

### 10.3.2 Clasificación y pretratamiento de residuos reciclables

Según los datos del escenario 1, al año 2030 se necesitaría una capacidad instalada de pretratamiento y clasificación de aproximadamente 28 000 t/año para gestionar los residuos reciclables recogidos de forma selectiva, sin considerar el vidrio. Este no se incluye ya que se propone que tenga una gestión diferenciada por las razones previamente indicadas.

Si esta actividad se continúa realizando mediante ECA, se necesitaría casi quintuplicar su número, pasando de 17 a aproximadamente 81 (asumiendo que cada ECA gestiona en promedio 345 toneladas de residuos reciclables por año). Este incremento no parece factible por los siguientes motivos:

- Espacio disponible.
- Eficiencia de clasificación.
- Economías de escala para costos y volúmenes.
- Calidad de los materiales clasificados.
- Factibilidad de producir CDR a partir de la fracción no reciclable. Sería poco eficiente desde el punto de vista logístico recoger la fracción no reciclable de más de 80 ECA.

Estos desafíos podrían superarse con la implementación de una planta de clasificación y pretratamiento a escala industrial centralizada, que podría ser manejada por las mismas ORO. Así, para este escenario se plantea realizar esta actividad en una planta de clasificación y pretratamiento, según lo descrito en el ítem 8.4.2.

De acuerdo con las proyecciones de cantidades de residuos reciclables a ser gestionadas, se recomienda implementar una planta de clasificación de 28 000 t/año de capacidad, trabajando a dos turnos. La inversión en infraestructura y equipos para una planta de esta capacidad está en el rango de 3 a 5 millones de dólares si se opta por clasificación 100 % manual, lo cual aumenta a 4 a 6 millones de dólares para plantas semiautomatizadas. La inversión total para la planta requerida en este escenario se estima en 5 millones de dólares. Los costos de operación son aproximadamente 30 a 40 dólares/tonelada de material a clasificar.

De acuerdo con la experiencia internacional, las actividades de clasificación y pretratamiento a escala industrial logran una eficiencia promedio del 70 % en cuanto a material efectivamente valorizable vía reciclaje. Por lo tanto, la cantidad de material reciclable (exceptuando vidrio) que se dirigiría a la industria transformadora se estima en 19 600 ton en el año 2030.

Al mismo tiempo, y de acuerdo con la experiencia internacional, se estima un volumen de rechazo correspondiente al 30 % del material ingresado a pretratamiento y clasificación industrial, lo cual se estima en 8400 ton en el año 2030. Este material estaría disponible para la producción de CDR en la medida que existan las inversiones de carácter privado necesarias para su procesamiento, tanto pretratamiento (tritución y mezcla) como coprocesamiento en las plantas cementeras. Estas inversiones dependerán del volumen a tratar, pero como referencia se puede indicar que una planta de pretratamiento para producción de CDR diseñada para aproximadamente 30 000 t/año implica una inversión de unos 4 a 5 millones de dólares, con un costo operativo de 40-50 dólares por tonelada.

### 10.3.3 Transformación de residuos reciclables

Como se puede observar, tanto en Ibagué como a nivel nacional, en este escenario la industria transformadora contaría con más material posconsumo. De acuerdo con lo mencionado para el escenario 0 en el ítem 9.3.3, la industria transformadora a nivel nacional está interesada en recibir más cantidad de material posconsumo del que recibe en la actualidad, por lo que esto sería una ventaja. Además, la mayor cantidad de material posconsumo disponible en Ibagué podría ser también un incentivo para el crecimiento de la industria transformadora local.

## 10.4 Análisis de las cantidades de residuos orgánicos y propuestas para su valorización

### 10.4.1 Cantidades de residuos orgánicos destinados a valorización

La cantidad de residuos orgánicos municipales (ROM) destinados a valorización se incrementa progresivamente hasta alcanzar las 36 644 t/año en el 2030, lo cual equivale al 35 % de los residuos orgánicos generados.

### 10.4.2 Tratamiento de residuos orgánicos

La capacidad de valorización de residuos orgánicos que existe actualmente en Ibagué es prácticamente nula, por lo que sería necesario implementar una capacidad de aproximadamente 37 000 t/año para el 2030. Para tal fin, se recomienda iniciar esta ampliación de capacidad con plantas de compostaje. Esta tecnología es más simple y robusta (soporta mejor las impurezas), por lo que se considera más adecuada mientras se consolidan la segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos orgánicos.

Con este objetivo, se propone implementar dos plantas de compostaje con aireación forzada, con una capacidad de tratamiento de aproximadamente 20 000 t/año cada una a 2030 (40 000 t/año en total). Estas podrían implementarse en los años 2023 y 2026, de acuerdo con las proyecciones de generación de residuos orgánicos.

El costo de inversión (CAPEX) para una planta de compostaje con aireación forzada de 20 000 t/año de capacidad es en promedio de 120 dólares/t, lo cual representaría una inversión total de aproximadamente 2,4 millones de dólares por planta. La inversión total para las dos plantas requeridas se estima en 4,8 millones de dólares. El costo de operación (OPEX) de estas plantas se estima en 12 dólares/ton, lo cual representaría un costo de 240 000 dólares al año por planta. Estos costos de inversión y operación será posible cubrirlos en la medida que las plantas accedan a la tarifa correspondiente.

### 10.4.3 Demanda potencial de compost

Al mismo tiempo, se debe analizar si existe demanda para el compost que estarían produciendo estas instalaciones. La producción estimada de compost por año se presenta en la siguiente tabla (se asume una tasa de conversión del 20 %).

Tabla 45. Estimación de la producción de compost para el escenario 1

Año	Residuos orgánicos destinados a valorización (t/año)	Compost producido (t/año)
2023	3337	667
2024	7129	1426
2025	11 395	2279
2026	16 149	3230
2027	21 090	4218
2028	26 029	5206
2029	31 211	6242
2030	36 644	7329

Fuente: GOPA Infra, 2023.

La demanda estimada de compost en el departamento del Tolima por parte del sector agrícola para el 2030 se encuentra entre 21 900 (escenario bajo) y 35 700 toneladas (escenario alto), lo cual permite suponer que existe suficiente demanda a nivel local para el compost producido al año 2030. Adicionalmente, también se prevé una demanda de compost por parte del sector ganadero, para restauración de suelos y jardinería, y por parte de entidades distritales y nacionales.

### 10.5 Tratamiento del rechazo que se destina a disposición final

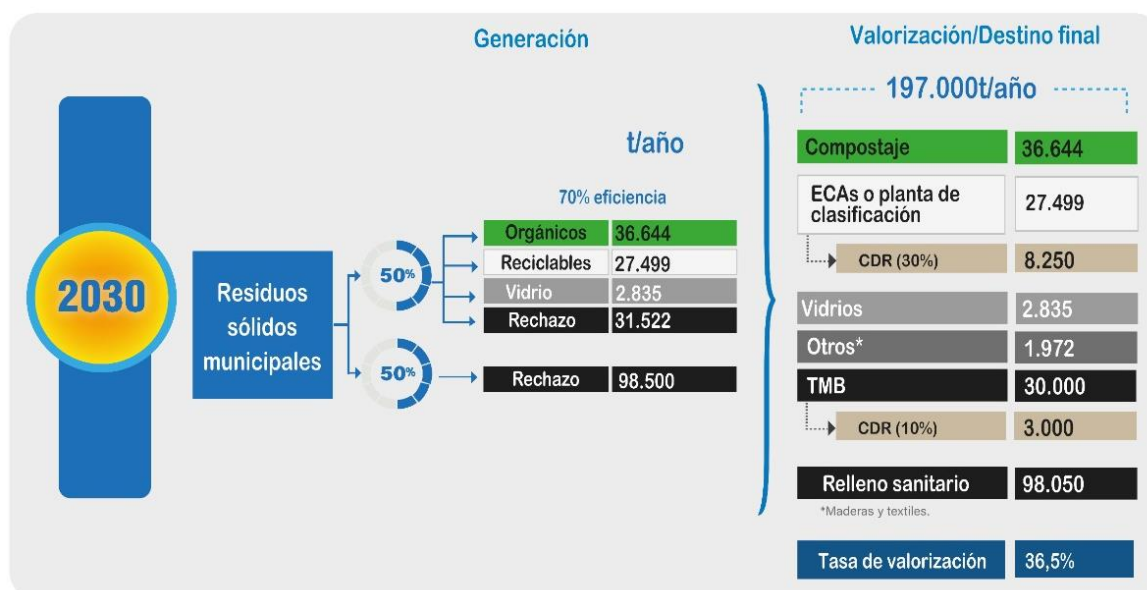
De acuerdo con las proyecciones de este escenario, las cantidades de residuos que se destinan a disposición final se reducen de 170 544 toneladas en el año 2022 a 128 050 toneladas en 2030, lo cual representa una reducción del 24,9 %. Como se mencionó en el ítem 8.4 («Consideraciones generales para todos los escenarios»), para todos los escenarios se plantea la implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico (TMB) como alternativa para el tratamiento de los residuos no recogidos de forma selectiva (rechazo). En el caso específico de este escenario, se propone la implementación de una instalación TMB de carácter demostrativo para la posterior implementación de futuras plantas similares.

Con base en referencias internacionales y en las cantidades de residuos destinados a disposición final, la capacidad de una instalación TMB podría ser de alrededor de 30 000 t/año y la inversión se estima en 50 dólares por tonelada tratada al año, lo cual representa una inversión de aproximadamente 1,5 millones de dólares. El costo de operación (OPEX) de estas plantas se estima en 7 dólares/tonelada, lo cual representaría un costo de 210 000 dólares por año. La reducción de masa se estima entre 40 % y 60 % y el material restante se debe disponer en el relleno sanitario.

### 10.6 Análisis de potencial para el escenario 1

En el siguiente gráfico se presentan los flujos de residuos proyectados para el año 2030 en este escenario.

Figura 58. Flujo de residuos sólidos municipales en t/año para el 2030 en el escenario 1



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede observar en el gráfico anterior, se proyecta que para el año 2030 se destinen para valorización un total de 68 950 toneladas de residuos sólidos municipales (36 644 ton de orgánicos + 30 334 ton de reciclables + 1972 ton de otros materiales). Esto representa una tasa de valorización del 35 %. Si a esta tasa se agregan las 3000 toneladas procedentes de la instalación TMB para valorizar como CDR, la tasa de valorización se incrementa a 36,5 %, 26,3 puntos porcentuales superior a lo proyectado en el escenario 0 para 2030.

Para la valorización de estos residuos se propone la implementación de la siguiente infraestructura:

Tabla 46. Infraestructura a implementar en el escenario 1 para la valorización de los residuos reciclables y orgánicos

Infraestructura	Cantidad	Capacidad por planta (t/año)	Inversión estimada (millones de dólares)	Capacidad total al año 2030 (t/año)
Planta de clasificación y pretratamiento	1	28 000	5,0	28 000
Planta de compostaje	2	20 000	4,8	40 000

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Asimismo, se proyecta que en el año 2030 se destinen a disposición final 128 050 toneladas, de las cuales 30 000 toneladas podrían ser previamente tratadas en una instalación TMB. De acuerdo con lo indicado en los ítems anteriores, en este escenario se tendrían dos potenciales fuentes para la generación de CDR: i) el rechazo de las instalaciones de clasificación y pretratamiento a escala industrial, que se estima en 30 %



(8250 t/año en el año 2030); y ii) el material con alto poder calorífico separado en la instalación TMB, que se estima en un 10 % (3000 t/año).

Tal como se mencionó en el escenario 0, CEMEX cuenta en Ibagué con la planta Caracolito, que reúne todas las características para desarrollar un proyecto de coprocesamiento con un potencial muy interesante. Según la información facilitada por CEMEX, la planta Caracolito presentaba en 2021 un nivel de sustitución por coprocesamiento de 7 %, que ha aumentado sostenidamente al 30 % en la actualidad, siendo la meta a largo plazo avanzar hasta un 80 % hacia el año 2030, un potencial alcanzable según las evaluaciones técnicas de la empresa. Un nivel del 80 % implicaría el consumo de aproximadamente 35 000 t/mes de CDR, lo que puede considerarse como máximo teórico alcanzable. Utilizando una sustitución del 40 %, que es una práctica promedio en plantas cementeras ubicadas en países desarrollados, el volumen demandado alcanzaría las 17 500 t/mes, por lo que no habría limitaciones para valorizar energéticamente las cantidades indicadas previamente.

### 10.7 Medidas recomendadas para concretizar el escenario 1

En este escenario se proponen la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir un 50 % de la población en el año 2030, lo cual es clave para alcanzar el porcentaje de valorización proyectado. Para lograr este porcentaje de cobertura, así como una alta participación de la población y una eficiente segregación en la fuente y posterior clasificación de los materiales, se considera necesario implementar una serie de medidas de sensibilización con diferentes grupos de interés. Estos incluyen hogares que forman parte del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva, población en general, y asociaciones de recicladores y recicladoras. A continuación se proponen algunas medidas:

- Desarrollo de un plan estratégico con base en proyectos piloto que permitan definir estrategias adecuadas de intervención, identificar técnicas eficientes de contenerización, hacer más eficiente la recolección selectiva, y analizar técnicas de clasificación y pretratamiento.
- Sectorización de la ciudad, definiendo los sectores a intervenir para implementar la recolección selectiva de forma sistemática y organizada.
- Desarrollo de campañas orientadas a la ciudadanía, incluyendo:
  - Producción de material de difusión para fomentar una correcta separación en la fuente.
  - Capacitación y visitas domiciliarias a los hogares identificados.
  - Charlas y/o ferias de sensibilización para la población en general.
- Plan de trabajo específico con la población recicladora, incluyendo:
  - Charlas y/o inducciones con los recicladores formalizados.
  - Evaluaciones, reuniones y gestión para recicladores informales .
- Trabajo articulado con programas posconsumo.
- Ordenanzas municipales específicas orientadas a la segregación en la fuente y la recolección selectiva.

En el caso específico de los residuos reciclables, a continuación se plantean algunas recomendaciones de gestión para alcanzar los niveles de valorización definidos en este escenario:

- Estudio de incentivos para la inversión en sistemas modernos y eficientes de clasificación y pretratamiento de residuos que permitan procesar los volúmenes involucrados de forma eficiente respecto a calidad y costo.
- Actualización de la regulación sobre responsabilidad extendida del productor, introduciendo metas más ambiciosas y específicas por tipo de material, con incentivos de cumplimiento de metas que garanticen la instalación de una cadena de valor eficiente y robusta.
- Proceso de cooperación público-privada entre la industria cementera, la autoridad municipal y las autoridades nacionales con competencias en la materia, para reconocer e impulsar la tecnología de co-procesamiento como alternativa preferente para la valorización de la fracción no reciclable de residuos de envases y empaques, permitiendo dar certidumbre y sostenibilidad a las inversiones respectivas.
- Incorporación y reconocimiento de la fracción no reciclable valorizada energéticamente por coprocesamiento en la remuneración por servicio de aprovechamiento.
- Crear y/o fortalecer mecanismos de investigación y desarrollo para la búsqueda y el desarrollo de alternativas de valorización en corrientes como los textiles, que actualmente no cuentan con cadenas de valor claras ni consolidadas.

En el caso específico de los residuos orgánicos, a continuación se plantean algunas recomendaciones de gestión para alcanzar los niveles de valorización definidos en este escenario:

- Iniciar la implementación de la segregación en la fuente y recolección selectiva con usuarios comerciales y grandes productores, tanto por la cantidad recogida como por la calidad de los residuos. Fomentar sistemas de recogida separada para estos residuos, y facilitar y potenciar la gestión diferenciada en los comercios (con recogidas privadas o mediante los servicios municipales, ya sea en circuitos diferenciados o integrados en los circuitos domiciliarios, según sea adecuado en cada caso) permite mejorar sensiblemente los resultados de recogida separada globales.
- Estudio de incentivos para la inversión en sistemas modernos y eficientes de tratamiento de los residuos orgánicos que permitan procesar los volúmenes involucrados de forma eficiente respecto a calidad y costo.
- Sensibilizar a los usuarios sobre la importancia de segregar correctamente los residuos orgánicos. Los residuos orgánicos recogidos de forma selectiva deben tener un bajo nivel de materiales no solicitados o impropios (menos de un 5 % y preferiblemente inferior a un 1-2 %, expresados en peso). Así, si el nivel de impropios es suficientemente bajo (es decir, elevado grado de pureza de los residuos orgánicos), se asegura un proceso adecuado y la obtención de productos de alta calidad. Cuando el nivel de impropios de la fracción orgánica traspasa el 5 %, o incluso supera ampliamente estos valores de referencia (10-20 %), no solo se deteriora la calidad de la fracción orgánica por transferencia de contaminantes

—perceptibles (vidrios, plásticos, etc.) o no (metales pesados)—, sino que surgen dificultades adicionales para su tratamiento, que finalmente se traducen inevitablemente en un deterioro de la calidad de los productos terminados.

- Para la recolección selectiva se debe tener en consideración que la alta densidad y baja compactibilidad de estos residuos hace que deban ser recogidos en vehículos no compactadores y normalmente de menor capacidad (pueden utilizarse vehículos con dispositivo de compactación, pero en modo desactivado). Estos también deben disponer de juntas de estanqueidad para garantizar que no se producen pérdidas de lixiviados.
- Implementar incentivos económicos para las municipalidades, con el fin de modificar la forma en que gestionan sus residuos orgánicos, o para el sector privado, buscando materializar inversiones en infraestructura de valorización. Se pueden crear también incentivos para el uso de los productos generados por la valorización de los residuos orgánicos.
- Desincentivar la disposición final de residuos orgánicos. Esta situación puede ser abordada principalmente de dos formas, tal y como se ha hecho en varios países (principalmente de la Unión Europea): i) implementación gradual de un impuesto a los rellenos sanitarios y ii) prohibición de la disposición final de residuos orgánicos en los rellenos sanitarios.
- Realizar una implementación gradual de las instalaciones de valorización, iniciando con plantas de compostaje mientras se consolidan la segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos orgánicos. El compostaje es una tecnología más robusta y soporta mejor las impurezas, además de ser más económica. A medida que se vayan consolidando la segregación en la fuente y la recolección selectiva se puede pensar en la implementación de otras tecnologías como la digestión anaerobia.
- Desarrollar el mercado del compost a través de planes de mercadeo y educación/sensibilización sobre sus beneficios a los potenciales consumidores del producto, y crear un sello o etiqueta (ecológica) para que el consumidor se pueda orientar mejor.

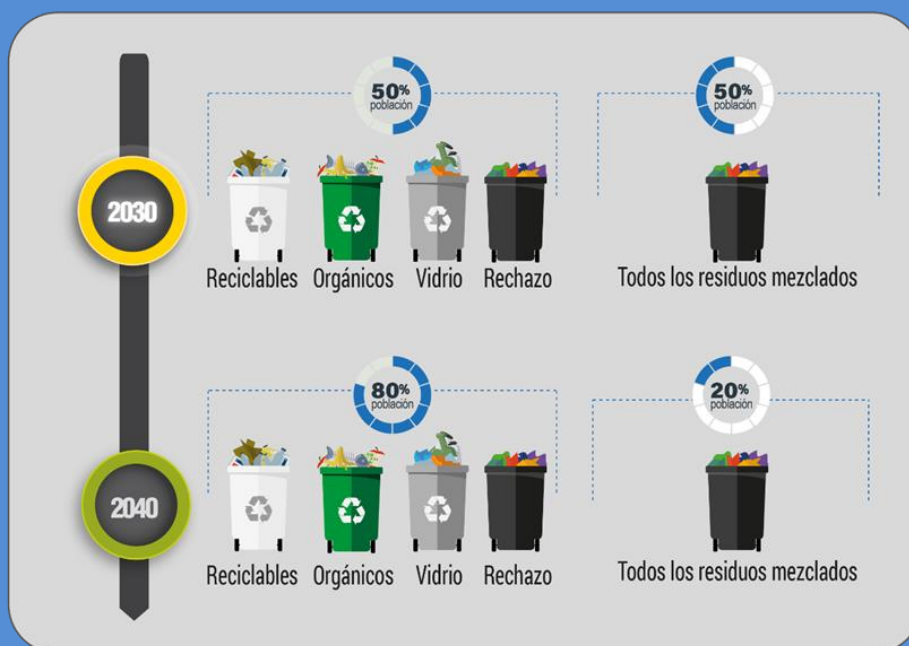
Otras medidas o acciones estratégicas de carácter general serían:

- Explorar mecanismos para la cooperación internacional que permitan desarrollar un proyecto demostrativo a escala industrial para la implementación de una planta TMB en Ibagué.
- Crear un plan específico de búsqueda, gestión y acompañamiento para proyectos que califiquen a financiamiento por la vía del incentivo al aprovechamiento, considerando diferentes alternativas de valorización.

## 11 Análisis del escenario 2

### 11.1 Resumen del escenario 2

- Implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de los RSM hasta cubrir a un 80 % de la población en el año 2040.
- Segregación en la fuente en cuatro flujos: reciclables (celulosas, plásticos y metales), vidrio, orgánicos y rechazo.



- Clasificación de residuos reciclables en plantas de clasificación.
- Tratamiento de residuos orgánicos en plantas de compostaje e implementación de una planta de Biodigestión de carácter demostrativo.
- Implementación de instalaciones TMB.

### 11.2 Proyección de las cantidades de residuos para valorización y disposición final

Para calcular las proyecciones de las cantidades de residuos destinados a valorización y disposición final en este escenario, se utilizaron como punto de partida las proyecciones de cantidades de generación de RSM que se presentan en el ítem 8.5. A estas cantidades se les aplica el porcentaje de la población con segregación en la fuente y recolección selectiva (80 % en el año 2040), así como un porcentaje de eficiencia, que se estima en 80 % para el año 2040, como resultado de la implementación de medidas de sensibilización y participación de la población.

En los siguientes ítems se analizan a detalle los valores que se presentan en las siguientes tablas; sin embargo, de forma general podemos observar que el porcentaje de residuos sólidos municipales destinados a valorización se incrementa en 26,4 puntos porcentuales entre los años 2031 y 2040, pasando de 37,6 % a 64,0 %.

Tabla 47. Proyección en el escenario 2 de la cantidad de RSM destinados a valorización y disposición final en Ibagué en t/año (2031-2040)

Descripción	Destino	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Papel/cartón	Valorización	13 241	14 358	15 518	15 214	15 386	15 557	15 728	15 899	16 070	16 241
	DF	5120	4224	3283	3804	3846	3889	3932	3975	4018	4060
Plásticos	Valorización	14 311	15 518	16 772	19 056	20 781	22 521	23 557	23 814	24 070	24 326
	DF	13 190	12 313	11 387	9428	8024	6605	5889	5953	6017	6081
Metales	Valorización	2379	2579	2788	3167	3289	3422	3554	3687	3819	3952
	DF	2281	2136	1984	1659	1592	1514	1435	1357	1279	1200
Vidrios	Valorización	3085	3346	3616	4109	4227	4408	4589	4770	4951	5132
	DF	3195	3010	2815	2397	2352	2244	2136	2028	1920	1812
Orgánicos	Valorización	39 884	43 249	46 743	50 368	54 122	58 013	62 045	66 220	70 538	75 003
	DF	66 107	64 016	61 785	59 415	56 897	54 242	51 445	48 506	45 421	42 189
Otros	Valorización	2146	2328	2516	2858	4031	5237	7270	10 209	13 276	16 472
	DF	34 493	34 752	35 001	35 092	34 347	33 568	31 962	29 449	26 809	24 040
Total reciclables sin vidrio	Valorización	29 930	32 455	35 077	37 438	39 456	41 499	42 840	43 400	43 960	44 519
	DF	20 591	18 674	16 654	14 891	13 462	12 008	11 257	11 285	11 314	11 342
Total	Valorización	75 046	81 378	87 952	94 773	101 836	109 158	116 745	124 599	132 725	141 125
	DF	124 386	120 452	116 255	111 794	107 058	102 061	96 800	91 269	85 465	79 383

Fuente: GOPA Infra, 2023.



Tabla 48. Porcentaje de residuos destinados a valorización por tipo de residuo en Ibagué en el escenario 2 (2031-2040)

Descripción	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
<b>Orgánicos</b>	37,6 %	40,3 %	43,1 %	45,9 %	48,8 %	51,7 %	54,7 %	57,7 %	60,8 %	64,0 %
<b>Papel/cartón</b>	72,1 %	77,3 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %
<b>Plásticos</b>	52,0 %	55,8 %	59,6 %	66,9 %	72,1 %	77,3 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %	80,0 %
<b>Metales</b>	51,0 %	54,7 %	58,4 %	65,6 %	67,4 %	69,3 %	71,2 %	73,1 %	74,9 %	76,7 %
<b>Vidrios</b>	49,1 %	52,6 %	56,2 %	63,2 %	64,3 %	66,3 %	68,2 %	70,2 %	72,1 %	73,9 %
<b>Promedio reciclables</b>	<b>58,1 %</b>	<b>62,3 %</b>	<b>66,5 %</b>	<b>70,6 %</b>	<b>73,4 %</b>	<b>76,3 %</b>	<b>78,0 %</b>	<b>78,3 %</b>	<b>78,7 %</b>	<b>79,1 %</b>
<b>Promedio total</b>	<b>37,6 %</b>	<b>40,3 %</b>	<b>43,1 %</b>	<b>45,9 %</b>	<b>48,8 %</b>	<b>51,7 %</b>	<b>54,7 %</b>	<b>57,7 %</b>	<b>60,8 %</b>	<b>64,0 %</b>

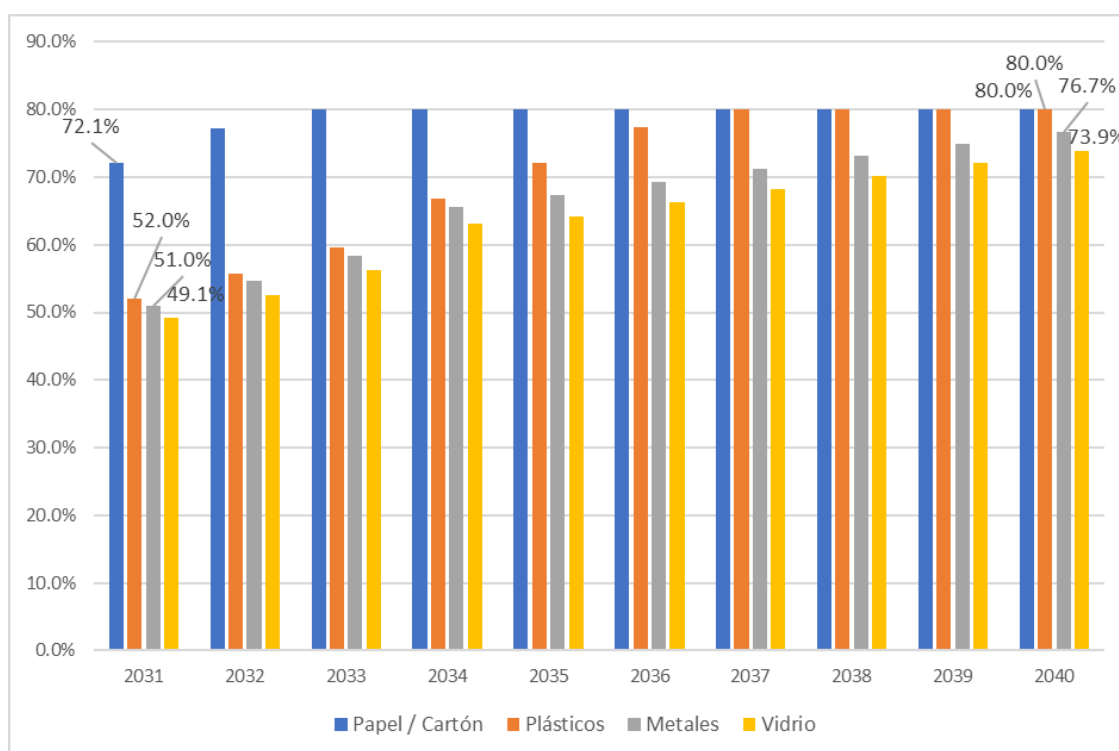
Fuente: GOPA Infra, 2023.

## 11.3 Análisis de las cantidades de residuos reciclables y propuestas para su valorización

### 11.3.1 Cantidades de residuos reciclables destinados a valorización

Como se puede ver en las tablas anteriores, en promedio, el porcentaje de residuos reciclables destinados a valorización se estima en 58,1 % en el año 2031, y se incrementaría a 79,1 % en el año 2040. En la siguiente gráfica se muestra la variación en el porcentaje de residuos reciclables destinados a valorización entre los años 2031 y 2040 por tipo de material.

**Figura 59. Porcentaje de valorización por tipo de residuo reciclable en el escenario 2**



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede ver en el gráfico anterior:

- El porcentaje de papel/cartón destinado a valorización se estima en 72,1 % para el año 2031 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 80,0 % en el año 2040.
- El porcentaje de plásticos destinados a valorización se estima en 52,0 % en el año 2031 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 80,0 % en el año 2040.
- El porcentaje de metales destinados a valorización se estima en 51,0 % en el año 2031 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 76,7 % en el año 2040.
- El porcentaje de vidrios destinados a valorización se estima en 49,1 % en el año 2031 y se proyecta un incremento de este a lo largo del tiempo, llegando a 73,9 % en el año 2040.

### 11.3.2 Clasificación y pretratamiento de residuos reciclables

Con base en estas cantidades, se estima que al año 2040 se necesitaría una capacidad instalada de pretratamiento y clasificación de aproximadamente 45 000 t/año para gestionar los residuos reciclables recogidos de forma selectiva, sin considerar el vidrio.

En este escenario se plantea realizar esta actividad con un sistema de clasificación y pretratamiento a escala industrial. Para esto, se podría realizar una ampliación de la planta de clasificación propuesta para el escenario 1 o se podría implementar una nueva planta de clasificación en otro punto estratégico de la ciudad. La inversión requerida se estima en 3 millones de dólares y los costos de operación están en el rango de 30 a 40 dólares/tonelada de material a clasificar.

De acuerdo con la experiencia internacional, las actividades de clasificación y pretratamiento a escala industrial logran una eficiencia promedio del 70 % en cuanto a material efectivamente valorizable vía reciclaje. Por lo tanto, la cantidad de material reciclable (exceptuando el vidrio) que se dirigiría a la industria transformadora se estima en 31 500 ton en el año 2040. Adicionalmente, en este mismo año también se estarían dirigiendo a la industria transformadora aproximadamente 5100 ton de vidrio. De acuerdo con los resultados del análisis de la cadena de valor, se asume que la industria transformadora está interesada en recibir todo el material reciclable disponible, por lo que debería ampliar su capacidad de tratamiento en caso de ser necesario.

Al mismo tiempo, y de acuerdo con la experiencia internacional, se estima un volumen de rechazo correspondiente al 30 % del material ingresado a pretratamiento y clasificación industrial, lo cual corresponde a 13 500 ton en el año 2040. Este material estaría disponible para la producción de CDR en la medida que existan las inversiones de carácter privado necesarias para su procesamiento, tanto pretratamiento (tritución y mezcla) como co-procesamiento, en las plantas cementeras. Estas inversiones dependerán del volumen a tratar, pero como referencia se puede indicar que una planta de pretratamiento para producción de CDR diseñada para aproximadamente 30 000 t/año implica una inversión de unos 4 a 5 millones de dólares, con un costo operativo de 40-50 dólares por tonelada.

## 11.4 Análisis de las cantidades de residuos orgánicos y propuestas para su valorización

### 11.4.1 Cantidades de residuos orgánicos destinados a valorización

La cantidad de residuos orgánicos municipales (ROM) destinados a valorización se estima en 39 884 t/año para el año 2031, y se incrementa progresivamente hasta alcanzar las 75 000 t/año en el año 2040, lo cual equivale al 64 % de los residuos orgánicos generados.

### 11.4.2 Tratamiento de residuos orgánicos

Considerando lo propuesto para el escenario 1, al año 2030 se tendría una capacidad de valorización de residuos orgánicos de aproximadamente 40 000 t/año, por lo que sería necesario ampliar esta capacidad hasta alcanzar una capacidad de valorización de residuos orgánicos de, como mínimo, 75 000 t/año.

Adicionalmente, se espera que para el año 2031 ya estén consolidadas la segregación en la fuente y la recolección selectiva de residuos orgánicos, por lo que se pueden incluir tecnologías que requieren una mayor y mejor separación de estos. Por lo tanto, se propone

en este escenario la implementación de una planta de digestión anaerobia de carácter demostrativo para la posterior implementación de futuras plantas similares.

En este orden de ideas, se proponen para este escenario la implementación de una planta adicional de compostaje, con una capacidad de 20.000 t/año, y una planta de digestión anaerobia de tipo demostrativo, con una capacidad de 20 000 t/año. Se estima que la producción de biogás de esta planta sería aproximadamente dos millones de m<sup>3</sup> (100 m<sup>3</sup> por tonelada tratada) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022). Con base en el valor energético del biogás, esto significaría una generación de energía eléctrica de 4800 MWh/año o una producción de 1,2 millones de m<sup>3</sup> de biometano.

Estas plantas podrían implementarse progresivamente de la siguiente forma: una en el año 2031 y una en el año 2036, de acuerdo con las proyecciones de generación de residuos orgánicos. La planta de biodigestión podría implementarse en el año 2036. Así, al año 2040 se alcanzaría una capacidad de valorización de 80 000 t/año (40 000 t/año en el escenario 1 más 40 000 t/año en el escenario 2), tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 49. Capacidad total de valorización de residuos orgánicos al año 2040**

Tecnología	Capacidad total al 2040 (t/año)	Observaciones
Compostaje	60 000	40 000 t/año a implementar entre 2023 y 2030; 20 000 t/año a implementar entre 2031 y 2040.
Digestión anaerobia	20 000	20 000 t/año a implementar entre 2031 y 2040.
<b>Total</b>	<b>80 000</b>	

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se mencionó para el escenario 1, el costo de inversión (CAPEX) para una planta de compostaje con aireación forzada de 20 000 t/año de capacidad es en promedio de 120 dólares/t, lo cual representaría una inversión total de aproximadamente 2,4 millones de dólares. El costo de operación (OPEX) de estas plantas se estima en 12 dólares/tonelada, lo cual representaría un costo de 300 000 dólares por año. Sería posible cubrir estos costos de inversión y operación en la medida que las plantas accedan a la tarifa correspondiente.

El costo de inversión (CAPEX) para una planta de digestión anaerobia se encuentra entre 360 y 440 dólares/t, lo cual representaría una inversión total de entre 7,2 y 8,8 millones de dólares para la planta de 20 000 t/año. El costo de operación (OPEX) de estas plantas se estima entre 20 y 60 dólares/tonelada, lo cual representaría un costo aproximado de 800 000 dólares por año.

### 11.4.3 Demanda potencial de compost

Al mismo tiempo, se debe analizar si existe demanda para el compost que estarían produciendo las instalaciones de compostaje. La producción estimada de compost por año se presenta en la siguiente tabla (se asume una tasa de conversión del 20 %). Para estas estimaciones se asume que la planta de biodigestión empieza a operar a partir del año 2036.

Tabla 50. Estimación de la producción de compost para el escenario 2

Año	Residuos orgánicos destinados a valorización mediante compostaje (t/año)	Compost producido (t/año)
2031	39 884	7977
2032	43 249	8650
2033	46 743	9349
2034	50 368	10 074
2035	54 122	10 824
2036	38 013	7603
2037	42 045	8409
2038	46 220	9244
2039	50 538	10 108
2040	55 003	11 001

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Si bien no se ha realizado una proyección de la demanda de compost por parte del sector agrícola al año 2040, para el año 2030 se estima una demanda de compost entre 21 900 toneladas (escenario bajo) y 35 700 toneladas (escenario alto), lo cual permite suponer que existirá aún más demanda a nivel local para el compost producido al año 2040. Adicionalmente, también se prevé una demanda de compost por parte del sector ganadero, para restauración de suelos y jardinería, y por parte de entidades distritales y nacionales.

### 11.5 Tratamiento del rechazo que se destina a disposición final

De acuerdo con las proyecciones de este escenario, las cantidades de residuos que se destinan a disposición final se reducen de 124 386 toneladas en el año 2031 a 79 383 toneladas en el año 2040, lo cual representa una reducción del 36,2 %.

Como se mencionó en el ítem 8.4 («Consideraciones generales para todos los escenarios»), para todos los escenarios se plantea la implementación de sistemas de tratamiento mecánico-biológico (TMB) como alternativa para el tratamiento de los residuos no recogidos de forma selectiva (rechazo). Para el caso específico de este escenario, se plantea la instalación de una planta TMB adicional de 30 000 t/año, alcanzando así dos plantas al año 2040, con una capacidad total de tratamiento de 60 000 t/año.

Como se mencionó previamente, la inversión para una planta de esta capacidad se estima en 50 dólares por tonelada tratada al año, lo cual representa una inversión de aproximadamente 1,5 millones de dólares por planta. El costo de operación (OPEX) de estas plantas se estima en 7 dólares/tonelada, lo cual representaría un costo de 210 000 dólares por año. La reducción de masa se estima entre 40 % y 60 % y el material restante se debe disponer en el relleno sanitario.

Con la implementación de estas plantas se reducirían las cantidades de residuos que van al relleno sanitario. En la siguiente tabla se muestra el número de residuos que van a disposición final en este escenario, luego se restan los volúmenes de residuos que irían a las instalaciones TMB y, finalmente, se suma el rechazo de estas mismas TMB (aprox. 50 %) que se destinaría al relleno sanitario, con lo que se obtienen las cantidades finales de residuos que se estarían destinando al relleno sanitario.

Tabla 51. Cantidades de residuos a relleno sanitario en el escenario 2 (t/año)

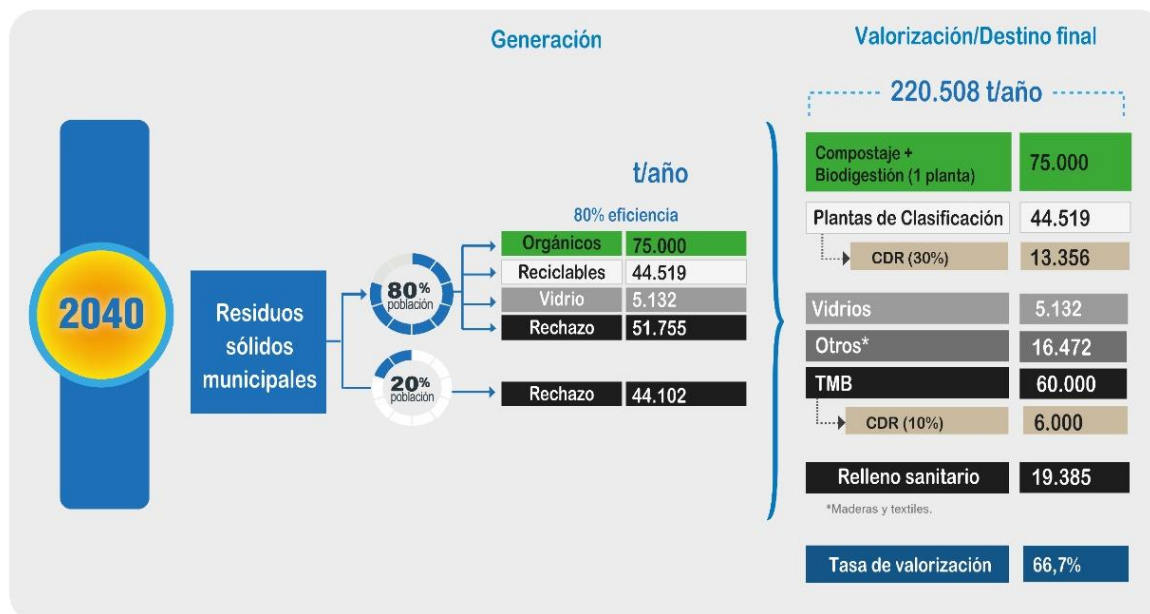
Año	A disposición final (A)	Residuos a TMB (B)	Rechazo TMB (C)	A relleno sanitario (A-B+C)
2031	124 386	60 000	30 000	94 386
2032	120 452	60 000	30 000	90 452
2033	116 255	60 000	30 000	86 255
2034	111 794	60 000	30 000	81 794
2035	107 058	60 000	30 000	77 058
2036	102 061	60 000	30 000	72 061
2037	96 800	60 000	30 000	66 800
2038	91 269	60 000	30 000	61 269
2039	85 465	60 000	30 000	55 465
2040	79 383	60 000	30 000	49 383

Fuente: GOPA Infra, 2023.

### 11.6 Análisis de potencial para escenario 2

En el siguiente gráfico se presentan los flujos de residuos proyectados para el año 2040 en este escenario.

Figura 60. Flujo de residuos sólidos municipales en t/año para el 2040 en el escenario 2



Fuente: GOPA Infra, 2023.

Como se puede observar en el gráfico anterior, se proyecta que para el año 2040 se destinen a valorización un total de 141 200 toneladas de residuos sólidos municipales (75 000 ton de orgánicos + 49 700 ton de reciclables + 16 500 ton de otros materiales). Esto representa un porcentaje de valorización del 64 %. Si a este porcentaje se agregan las 6000 toneladas procedentes de la instalación TMB para valorizar como CDR, entonces el porcentaje de valorización se incrementa a 66,7 %, siendo 30,2 puntos porcentuales superior que lo proyectado para el año 2030 en el escenario 1.



Para la valorización de estos residuos se propone la implementación de la siguiente infraestructura:

**Tabla 52. Infraestructura a implementar en el escenario 2 para la valorización de los residuos reciclables y orgánicos**

Infraestructura	Cantidad	Capacidad por planta (t/año)	Inversión estimada (millones de dólares)	Capacidad total al año 2040 (t/año), incluyendo infraestructura del escenario 1
Ampliación de la capacidad de la planta de clasificación y pretratamiento o nueva planta de clasificación y pretratamiento	1 o 2	17 000	3	45 000
Planta de compostaje	1	20 000	2,4	60 000
Planta de digestión anaerobia	1	20 000	8	20 000

Fuente: GOPA Infra, 2023.

Asimismo, se proyecta que en el año 2040 se destinen a disposición final 79 383 toneladas, de las cuales 60 000 toneladas podrían ser previamente tratadas en dos instalaciones TMB, con una capacidad de 30 000 t/año cada una. De acuerdo con lo indicado en los ítems anteriores, en este escenario se tendrían dos potenciales fuentes para la generación de CDR: i) el rechazo de las instalaciones de clasificación y pretratamiento a escala industrial, que se estima en 30 % (13 500 t/año en el año 2040), y ii) el material con alto poder calorífico separado en las instalaciones TMB, que se estima en un 10 % (6000 t/año).

Tal como se mencionó en los escenarios 0 y 1, CEMEX cuenta en Ibagué con la planta Caracolito, que reúne todas las características para desarrollar un proyecto de coprocesamiento con un potencial muy interesante. Según la información facilitada por CEMEX, la planta Caracolito presentaba en 2021 un nivel de sustitución por coprocesamiento de 7 %, que ha aumentado sostenidamente al 30 % en la actualidad, siendo la meta a largo plazo avanzar hasta un 80 % hacia el año 2030, un potencial alcanzable según las evaluaciones técnicas de la empresa. Un nivel del 80 % implicaría el consumo de aproximadamente 35 000 t/mes de CDR, lo que puede considerarse como máximo teórico alcanzable. Utilizando una sustitución del 40 %, que es una práctica promedio en plantas cementeras ubicadas en países desarrollados, el volumen demandado alcanzaría las 17 500 t/mes, lo cual no sería suficiente para valorizar energéticamente las cantidades indicadas previamente. Por lo tanto, habría que buscar otras empresas productoras de cemento en zonas cercanas que puedan asumir los volúmenes adicionales de CDR.

### 11.7 Medidas recomendadas para concretizar el escenario 2

Adicionalmente a las recomendaciones propuestas en el escenario 1, para la implementación de la planta de digestión anaerobia de carácter demostrativo, se recomienda explorar mecanismos para la cooperación internacional que permitan el desarrollo de un proyecto demostrativo a escala industrial.

## 12 Conclusiones y recomendaciones

### 12.1 Conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones del estudio:

- Para el año 2021 se estimó una generación de 175 069 toneladas de residuos sólidos municipales en Ibagué. De este gran total, el 53,1 % corresponde a residuos orgánicos, con 93 043 toneladas; el 13,8 % a plásticos, con 24 141 toneladas; el 9,2 % a papel y cartón, con 16 118 toneladas; el 3,1 % a vidrios, con 5513 toneladas; el 2,3 % a metales, con 4090 toneladas; y el 18,4 % a otros residuos, con 32 163 toneladas.
- La tasa de aprovechamiento/valorización de estos residuos se estimó en 3,4 % para el 2021. Para los residuos reciclables se estimó en 11,8 % y para los residuos orgánicos, en 0 %.
- La prestación del servicio de recolección y transporte de residuos no aprovechables en la ciudad de Ibagué está a cargo de la empresa Interaseo S.A. E.S.P., con una cobertura del servicio de aseo en el área urbana del 100 %.
- La recolección selectiva de los residuos reciclables es realizada por recicladores y recicladoras de oficio. Según el último censo (2021), la cantidad total de personas recicladoras de oficio en Ibagué es de 620, de las cuales 357 pertenecían formalmente a alguna organización de recicladores y recicladoras. Según lo establecido por la Alcaldía de Ibagué durante el proceso de actualización del PGIRS, no se dispone de información oficial sobre la cobertura de la ciudad con rutas de recolección selectivas, aunque sí se establece que, en general, existe una frecuencia de recolección de seis días por semana.
- Con respecto a la recolección selectiva de residuos orgánicos, estos son recogidos mezclados con el resto de los residuos y transportados al relleno sanitario. Los únicos residuos orgánicos que son recolectados de forma diferenciada, básicamente por cuestiones logísticas, son los residuos de corte de césped y poda de árboles; sin embargo, estos también son transportados al relleno sanitario para su disposición final. Desde mayo de 2022 la Asociación de Recicladores Los Pijaos viene desarrollando un proyecto piloto de recolección selectiva de una pequeña parte de los residuos sólidos generados por la plaza de mercado El Jardín, los cuales son trasladados a un predio ubicado cerca al relleno sanitario La Miel para su valorización mediante compostaje. Entre mayo y setiembre 2022 se han valorizado dos toneladas de residuos orgánicos mediante este proyecto, lo cual representa un volumen de aproximadamente 400 kg/mes.
- La clasificación y el pretratamiento de los residuos reciclables recolectados de forma diferenciada se lleva a cabo mayoritariamente en las estaciones de clasificación y aprovechamiento, conocidas como ECA y gestionadas por las organizaciones de recicladores. De acuerdo con la información levantada durante el presente estudio, existen en Ibagué 17 ECA, de las cuales cinco están oficialmente reconocidas por la Alcaldía de Ibagué.
- Los materiales reciclables que se gestionan en las ECA son plásticos, papel, cartón, metales, vidrio y Tetra Pak. En todas las ECA se realizan los procesos de pesaje, clasificación y comercialización, y de las cuatro ECA entrevistadas, el 50 % cuentan con compactadoras para realizar también el proceso de compactación de los materiales reciclables clasificados.

- De acuerdo con la información reportada en el SUI, los volúmenes de residuos aprovechados por las ECA en Ibagué para el año 2021 fueron 5932 toneladas. De este total, se estima que el 57,7 % corresponde a papel y cartón, el 23,2 % a plásticos, el 9,3 % a metales, el 8,8 % a vidrio y el 1,1 % a otros materiales (madera y textiles).
- Con respecto a la venta del material por parte de las ORO, debido a las limitaciones tecnológicas, de almacenamiento y financieras de la mayoría de ellas, en muchos casos les resulta complejo vincularse directamente con la industria transformadora, lo que ha promovido la aparición de intermediarios que sí tienen las capacidades para cumplir con los requerimientos de esta industria. Durante el desarrollo del presente estudio se identificaron en Ibagué aproximadamente 13 intermediarios o mayoristas, sin perjuicio de que pueden existir otros adicionales.
- La transformación de los residuos reciclables se realiza principalmente fuera de Ibagué, en las grandes ciudades, pues la industria transformadora local está poco desarrollada. Localmente se identificaron alrededor de 20 pequeñas empresas que realizan transformación de plásticos a pequeña escala, aunque la mayoría no están correctamente formalizadas. No existe industria transformadora local para papel/cartón, metales y vidrio. A nivel nacional, la industria transformadora está mucho más desarrollada y consolidada, y esta industria tiene capacidad instalada disponible (o está realizando ampliaciones) para la valorización de los residuos reciclables.
- No se identificaron iniciativas ni públicas ni privadas en funcionamiento para la valorización de residuos orgánicos en la ciudad de Ibagué. Sin embargo, sí se identificó un proyecto piloto de valorización de residuos orgánicos desarrollado por la Asociación de Recicladores Los Pijaos, que desde mayo de 2022 viene realizando el aprovechamiento mediante compostaje de una parte de los residuos sólidos generados por la plaza de mercado El Jardín. En total, la Asociación de Recicladores Los Pijaos reporta haber tratado aproximadamente dos toneladas entre mayo y setiembre 2022, lo que representa un promedio de 400 kg/mes de residuos orgánicos, con una tasa de conversión en compost de alrededor del 30 %.
- En cuanto al mercado de abonos y acondicionadores de suelos orgánicos, este es pequeño y está poco desarrollado. De acuerdo con las cifras del ICA para el año 2020, el consumo aparente de fertilizantes y acondicionadores de suelos en Colombia fue de 3 289 680 toneladas, de las cuales la producción nacional aportó el 56 %. Dentro del total de la producción, los acondicionadores orgánicos y orgánico-minerales de suelos —dentro de los que se encuentran los productos derivados del tratamiento de ROM— representan solo el 1,27 % del mercado. Específicamente en el caso del compost, en muchos casos es un material poco conocido cuya calidad a veces se ha cuestionado, debido a que algunas plantas no son lo suficientemente rigurosas en el proceso y terminan vendiendo un compost de baja calidad que afecta los cultivos.
- Existe potencial para el consumo de compost de buena calidad en diversos sectores, como agrícola, ganadero, y restauración de suelos y jardinería. Esto es gracias a las tendencias internacionales hacia la agricultura orgánica o ecológica, al incremento de la degradación de suelos y al incremento de los precios de los fertilizantes de síntesis química. El desarrollo del mercado del compost debe realizarse mediante planes de mercadeo y educación/sensibilización sobre sus beneficios a los potenciales consumidores del producto.
- Se está viendo también un aumento en la demanda de energía renovable y limpia, así como un agotamiento de las reservas de gas convencionales (bajo las condiciones

actuales de producción comercial, el país tiene reservas probadas de gas natural para ocho años). Esto se considera una oportunidad para desarrollar plantas de valorización mediante digestión anaerobia con generación de energía o biometano.

- Hay algunos obstáculos que pueden desincentivar la inversión en instalaciones de digestión anaerobia. Por ejemplo, los precios de la energía convencional son aún bajos en comparación con los de la energía renovable generada a partir de fuentes no convencionales, lo cual dificulta la viabilidad de los proyectos que buscan generar energía a partir de fuentes no convencionales.
- Asimismo, los CAPEX y OPEX de las plantas de biodigestión son altos, en comparación con la disposición final y otras tecnologías como el compostaje. El CAPEX para una planta de biodigestión se encuentra entre 300 y 600 USD/tonelada, mientras que para una planta de compostaje está entre 80 y 180 USD/tonelada. Por otra parte, el OPEX de una planta de biodigestión está entre 25 y 60 USD/tonelada, mientras que para una planta de compostaje se encuentra entre 10 y 20 USD/tonelada. Finalmente, en Ibagué el costo de disposición final es de aproximadamente 10 USD/tonelada, siendo menor a los costos de los tratamientos mencionados previamente para la valorización de ROM.
- Luego de analizar las cadenas de valor de los residuos reciclables y orgánicos generados en Ibagué, se procedió a analizar el potencial de valorización de estos residuos; es decir, hasta cuánto se podría incrementar la tasa de aprovechamiento/valorización (estimada en 3,4 % para el año 2021) en los próximos años. Para esto se evaluaron tres escenarios futuros con distintos niveles de segregación en la fuente y recolección selectiva: escenario 0, escenario 1 y escenario 2).
- El escenario 0 corresponde a la proyección de la situación actual de segregación en la fuente y recolección selectiva, incluyendo una ampliación de la capacidad del proyecto piloto de compostaje de la Asociación de Recicladores Los Pijaos y la implementación de la Resolución 1407 de 2018 (REP de envases y empaques), hasta alcanzar el objetivo del 30 % de valorización al año 2030. Con esto, la tasa de valorización de residuos sólidos municipales se incrementa a 10,2 % al año 2030, lo cual representa un aumento de 6,8 puntos porcentuales respecto al año 2021. Si bien estos resultados representan una mejora con respecto a la situación actual, se considera que aún son poco significativos para impulsar una economía circular en torno a la gestión de los residuos sólidos en Ibagué.
- En el escenario 1 se propone la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir un 50 % de la población en el año 2030. Asimismo, se incorpora tecnología probada y consolidada a nivel internacional en el sector de residuos, como plantas de clasificación, compostaje y TMB. Con esto se alcanza una tasa de valorización de los residuos sólidos municipales de 36,5 %. Así, se puede concluir que con la incorporación de gestión y tecnología se avanza hacia una gestión integral y se logran mejores resultados.
- En el escenario 2 se propone la implementación progresiva de un programa de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los RSM hasta cubrir un 80 % de la población en el año 2040. Asimismo, se incorpora un mayor número de instalaciones de tratamiento de residuos, así como una instalación de digestión anaerobia de carácter demostrativo. Con esto se alcanza una tasa de valorización de residuos sólidos municipales del 66,7 % al año 2040.

- Para alcanzar estas tasas de valorización, se propone que al año 2040 se hayan implementado en Ibagué: una o dos plantas de clasificación y pretratamiento a escala industrial, de 45 000 t/año en total; tres plantas de compostaje, de 20 000 t/año cada una; una planta de biodigestión de carácter demostrativo, de 20 000 t/año; y dos plantas TMB, de 30 000 t/año cada una.
- Se puede concluir que es necesario incorporar programas de segregación en la fuente y recolección selectiva, así como tecnologías para el tratamiento de los residuos, para avanzar hacia una gestión integral y mejorar de forma relevante las tasas de valorización.

## 12.2 Recomendaciones

Las principales recomendaciones para alcanzar los resultados proyectados serían:

- Implementar medidas de sensibilización con diferentes grupos de interés (como hogares que forman parte del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva, población en general y asociaciones de recicladores y recicladoras) para lograr los porcentajes de cobertura de segregación en la fuente y recolección selectiva propuestos, además de conseguir una alta participación de la población y una eficiente segregación en la fuente.
- Estudiar incentivos para la inversión en sistemas modernos y eficientes de clasificación y pretratamiento de residuos reciclables, así como tratamiento de residuos orgánicos, que permitan procesar los volúmenes involucrados de forma eficiente respecto a calidad y costo.
- Actualizar la regulación sobre la responsabilidad extendida del productor para introducir metas más ambiciosas y específicas por tipo de material, con incentivos de cumplimiento de metas que garanticen la instalación de una cadena de valor eficiente y robusta.
- Implementar incentivos económicos para las municipalidades, con el fin de modificar la forma en que gestionan sus residuos orgánicos, o hacia el sector privado, para materializar inversiones en infraestructura de valorización. Además, crear incentivos para el uso de los productos generados de la valorización de los residuos orgánicos.
- Desincentivar la disposición final de residuos orgánicos. Esta situación puede ser abordada principalmente de dos formas, tal y como se ha hecho en varios países (principalmente de la Unión Europea): i) implementación gradual de un impuesto a los rellenos sanitarios y ii) prohibición de la disposición final de residuos orgánicos en los rellenos sanitarios.
- Desarrollar el mercado del compost a través de planes de mercadeo y educación/sensibilización sobre sus beneficios con los potenciales consumidores del producto, y crear un sello o etiqueta (ecológica) para que el consumidor se pueda orientar mejor.
- Explorar mecanismos para la cooperación internacional que permitan el desarrollo de proyectos demostrativos a escala industrial, para implementar una planta TMB y una planta de biodigestión en Ibagué.
- Llevar a cabo un proceso de cooperación público-privada entre la industria cementera, la autoridad municipal y las autoridades nacionales con competencias en la materia para reconocer e impulsar la tecnología de coprocesamiento como alternativa preferente para la valorización de la fracción no reciclable de residuos de envases y empaques, permitiendo dar certidumbre y sostenibilidad a las inversiones respectivas.

- Incorporar y reconocer la fracción no reciclable valorizada energéticamente por coprocesamiento en la remuneración por servicio de aprovechamiento.
- Crear un plan específico de búsqueda, gestión y acompañamiento para proyectos que califiquen a financiamiento por la vía del incentivo al aprovechamiento, considerando diferentes alternativas de valorización.



### 13 Bibliografía

- Acoplásticos. (s. f.). *Enka gana el trimestre y proyecta nueva planta*. <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-noti/102-ns-170504>
- Acoplásticos. (2022a). *Encuesta de precios del mercado de reciclaje en Colombia*.
- Acoplásticos. (2022b). *Directorio colombiano de reciclaje de residuos plásticos*.
- Antonini, F., Edge & Graberwoger. (2020). *Overcoming Institutional Constraints for Realising Organic Waste Recycling in Bogotá*. Cámara de Comercio de Bogotá, LSE International Development.
- Ahmad, R., Jilani, G., Arshad, M., Zahir, Z. A. & Khalid, A. (2007). Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects. *Annals of Microbiology*, 57(4), 471-479.
- Alcaraz R., J. J., & Jiménez T., J. G. (03 de Octubre de 2018). La aplicación de la agricultura de precisión en el proceso de fertilización: un caso de estudio para el sector bananero del Urabá-Antioqueño. Obtenido de EAFIT: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12581/JuanGonzalo\\_JimenezTrespalacios\\_JohnJames\\_AlcarazRestrepo\\_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12581/JuanGonzalo_JimenezTrespalacios_JohnJames_AlcarazRestrepo_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Aristegui Maquinaria (s. f.). *Identificación de los plásticos por sus códigos*. <https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>
- Bachra, S., Buckley Pearson, M., Da Nobrega García, N. & McQuillan, M. (2015). *Market Information Report: Colombia. Ontario: MaRS Advanced Energy Centre*. <https://bit.ly/3iDsXkt>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Hacia la valorización de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Conceptos básicos, análisis de viabilidad y recomendaciones de políticas públicas*.
- Banco Mundial. Publicación: *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*
- Becerra Elejade, L. L. (2018, 21 de septiembre). "En Colombia exportamos 95% de la producción orgánica": presidente de fedeorgánicos. Agronegocios. <https://bit.ly/2YpnZ3m>
- Biocírculo. (s. f.). *Nosotros*. <https://www.biocirculo.com/nosotros/>
- Bogner, J., Pipatti, R., Hashimoto, S., Diaz, C., Mareckova, K., Diaz, L., Kjeldsen, P., Monni, S., Faaij, A., Gao, Q., Zhang, T., Ahmed, M. A., Sutamihardja, R. T., Gregory, R. & Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group III (Mitigation) (2008). Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association*, 26(1), 11-32. <https://doi.org/10.1177/0734242X07088433>.
- Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, *Informe de sostenibilidad*. ANDI. 2018
- Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, *Informe Estadístico* - ANDI. 2021

Corporación Ambiental Empresarial -CAEM- 2020, *Informe de Validación de Cadenas Seleccionadas*.

CEAMSE. (2013). *Arrancó la nueva planta de separación de residuos en Norte III*. <http://ga.ceamse.gov.ar/arranco-la-nueva-planta-de-separacion-de-residuos-en-norte-iii/>

Celsa Group. (s. f.). *Palanquilla*. <https://www.celsagroup.com/productos/palanquilla/>

CENIPALMA. (2017). *Guía de bolsillo: Mejores prácticas para incrementar la productividad en el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá: CENIPALMA.

Centro de Información Municipal para la Planeación Participativa. (s.f.). *Cartografía rural*. <https://cimpp.ibague.gov.co/cartografia-rural/>

Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica [CIAO]. (2020). *Informe de la Comisión Interamericana de Agricultura 2019-2020*.

[http://apps.iica.int/SReunionesOG/Content/Documents/CE2020/715452bf-ced5-40a0-8124-ffe4fde34bdc\\_di01\\_informe\\_de\\_la\\_ciao\\_rev.2.pdf](http://apps.iica.int/SReunionesOG/Content/Documents/CE2020/715452bf-ced5-40a0-8124-ffe4fde34bdc_di01_informe_de_la_ciao_rev.2.pdf)

City of Toronto. (s. f.). *Turning Waste into Renewable Natural Gas*. <https://www.toronto.ca/services-payments/recycling-organics-garbage/solid-waste-facilities/renewable-natural-gas/>

City of Toronto. (2017). *Solid Waste Management Facilities*. <https://www.toronto.ca/services-%20payments/recycling-organics-garbage/solid-waste-facilities/>

City of Toronto. (2021). *Garbage Bin Sizes & Fees*. <https://www.toronto.ca/services-payments/recycling-organics-garbage/houses/garbage-bin-sizes-fees/>

City of Toronto Act (2006), S. O. 2006, c. 11.

Clemente, A. (2015). *Planta de Biodigestión Atlacomulco, Estado de México*. Presentación en el Foro Internacional 2015. Programa EnRes. GIZ. Ciudad de México, 8 de octubre.

CONPES 3874. *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*.

CRA. (2020). *Bases de los estudios para la revisión de las fórmulas tarifarias para el servicio público de aseo aplicable a municipios y/o distritos de más de 5.000 suscriptores en área urbana*. Ministerio de Vivienda.

Daabon, *Reporte de Sostenibilidad 2012-2018*.

[https://www.daabon.com/es/sustainability\\_reports](https://www.daabon.com/es/sustainability_reports)

DANE. (2020). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Departamento de Tolima*. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/presentacion-ena-tolima-2019.pdf>

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

Earthgreen. (s. f.). *Sistemas de compostaje*. <https://www.earthgreen.com.co/sistemas-de-compostaje/>

- Ecoprog. (2017). *The Market for Mechanical Biological. Waste Treatment in Europe. Locations, plants, backgrounds and market estimations*. Ecoprog, Waste and Bio.
- Ekored. (2022). *Informe de sostenibilidad 2021*. [https://ekored.co/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Ekored2021\\_web-V5.pdf](https://ekored.co/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Ekored2021_web-V5.pdf)
- El-Hage Scialabba, N. & Hattam, C. (eds.) (2003). *Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria*. FAO.
- Elzakker, B. v. & Eyhorn, F. (2010). *La guía de negocios orgánicos. Alemania: Ifoam y organizaciones colaboradoras* Helvetas, Agro Eco Louis Bolk Institute, ICCO, UNEP.
- Enka. (2020). *Presentación corporativa*. <https://www.enka.com.co/wp-content/uploads/2020/08/PresentacionCorporativa.pdf>
- Enka. (2021). *Informe de sostenibilidad 2020*. [https://www.enka.com.co/wp-content/uploads/2021/03/3\\_IS\\_2020\\_juntostransformamos\\_baja.pdf](https://www.enka.com.co/wp-content/uploads/2021/03/3_IS_2020_juntostransformamos_baja.pdf)
- Esenttia. (s. f.). *Esenttia anuncia construcción de nueva planta de resinas plásticas reciclada, un hito en reciclaje y solución frente a gestión de residuos en Colombia*. <https://www.esenttia.co/noticias/esenttia-anuncia-construccion-de-nueva-planta-de-resinas-plasticas-reciclada-un-hito-en-reciclaje-y-solucion-frente-a-gestion-de-residuos-en-colombia/>
- European Compost Network. (2019). *European Bio-Waste Management. Overview of Bio-Waste Collection, Treatment & Markets Across Europe*.
- FAO. (s. f.). *Organic Agriculture*. <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
- Friedrich, E. & Trois, C. (2011). Quantification of greenhouse gas emissions from waste management processes for municipalities - A comparative review focusing on Africa. *Waste Management*, 31(7), 1585-1596. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.02.028>
- Hargreaves, J. C., Adl, M. S. & Warman, P. R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123, 1-14.
- García Gil, J. C., Plaza, C., Soler Rovira, P. & Polo, A. (2000). Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1907-1913.
- Ghiselli, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gima, A., Masanas, M., Nohales, G., Vila, M. & Amlinger, A., (2012). *Gestión de biorresiduos de competencia municipal – Guía para la implantación de la recogida separada y tratamiento de la fracción orgánica*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- González, H., Solís, D., Esteche, G. & Gómez, G. (2008). *Estrategia nacional para el fomento de la producción orgánica y agroecológica en el Paraguay. Alternativa de Crecimiento Socio-económico y Sostenibilidad Ambiental*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Guerrero, L.A., Maas, G. & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220-232.
- IDEAM & UDCA. (2015). *Síntesis del estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia - 2015*.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (s. f.). *Agricultura ecológica*. <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1.aspx>
- ImplementaSur Climate Action. (2019). *Asesoría sobre el Manejo de residuos orgánicos generados a nivel Municipal en Chile*.
- International Finance Corporation [IFC]. (2021). *Plastics Circularity Market Study in Colombia*.
- Kaza, S., Yao, L. & Stowell, A. (2016). *Sustainable Financing and Policy Models for Municipal Composting*. *Urban Development Series Knowledge Papers*. World Bank & Climate & Clean Air Coalition.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- La República. (2022, 31 de agosto). *En Enka trabajamos con premisa de que transformamos ordinario en extraordinario*. <https://www.larepublica.co/especiales/camino-a-la-sostenibilidad/en-enka-transformamos-lo-ordinario-en-extraordinario-3436317>
- Lou, X. F. & Nair, J. (2009). The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. *Bioresource Technology*, 100(16), 3792-3798. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.006>
- Lohri, C. R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A. & Zurbrugg, C. (2017). Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16, 81-130.
- MADR. (2019). Política Agropecuaria y de Desarrollo Rural 2018 - 2022: *Insumos Agropecuarios*. *Obtenido de SIOC MADR*: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Documentos/5.%20LINEAMIENTOS%20DE%20LA%20POL%20C3%8DTICA%20DE%20INSUMOS%20AGROPECURIOS.pdf>
- MAG Consultoría. (2016). *Estudio de técnicas alternativas de tratamiento, disposición final y/o aprovechamiento de residuos sólidos - Propuesta de ajuste al Decreto 1077 de 2015*. MAG, contratado por el BID.
- Ministerio de Ambiente de Perú & USAID. (2008). *Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil, Perú*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2007). *La agricultura ecológica en Colombia*. [http://www.minagricultura.gov.co/archivos/articulo\\_de\\_agricultura\\_ecologica.\\_madr.\\_2007.pdf](http://www.minagricultura.gov.co/archivos/articulo_de_agricultura_ecologica._madr._2007.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2008). *Estudios de vigilancia tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano*.

- Mkhabela, M. & Warman, P. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106, 57-67.
- Pascual, J., García, C. & Hernandez, T. (1999). Lasting microbiological and biochemical effects of the addition of municipal solid waste to an arid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 30, 1-6.
- Perucci, P. (1990). Effect of the addition of municipal solid-waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 10, 221-226.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva regional de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*.
- PROMIGAS. (2021). Informe del sector gas natural. Bogotá.
- Reddy, P. S. & Nandini, N. (2011). Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. *Nature Environment and Pollution Technology*, 10(3), 415-418.
- Resolución 020 de 1996 (27 de febrero), por la cual se dictan normas con el fin de promover la libre competencia en las compras de energía eléctrica en el mercado mayorista. Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- Resolución 086 de 1996 (15 de octubre), por la cual se reglamenta la actividad de generación con plantas menores de 20 MW que se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- Resolución 030 de 2018 (26 de febrero), por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- Resolución 1407 de 2018 (26 de julio), por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ricci-Jürgensen, M., Gilbert, J. & Ramola, A.(2020). *Global Assessment of Municipal Organic Waste Production and Recycling*. International Solid Waste Association (ISWA).
- Sadeghian K., S. (2010). *La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros*. Chinchiná: CENICAFÉ.
- Sánchez, J. (2017). Mercado de productos agrícolas ecológicos en Colombia. *Suma de negocios*, 8(18), 156-163.
- Scialabba, N. & Hattam, C. (2003). Conceptos y temas generales de la agricultura orgánica. En *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. FAO. <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s00.htm#Contents>
- Semana. (2017, 20 de junio). *¿Por qué es tan grave que la ganadería en Colombia use más tierra de la que debería?* <https://www.semana.com/nacion/articulo/ganaderia-en-colombia-utiliza-mas-tierra-de-la-que-deberia-segun-igac/529191/>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2017). *Caracterización de organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización*.



- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD] - Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Caracterización de Recicladores de Oficio en Proceso de Formalización*. Bogotá:
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2019). *Informe sectorial de la actividad de aprovechamiento 2019*.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2020). *Informe sectorial de la actividad de aprovechamiento 2020*.
- Srivastava, V., Ismail, S. A., Singh, P. & Singh, R. P. (2014) Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(2), 317-337.
- Troschinetz, A. M. & Mihelcic, J. R. (2009). Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Management*, 29(2), 915-923. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016>
- UAESP. (2020). *Problemas en la gestión y aprovechamiento de residuos orgánicos en Bogotá* [document interno].
- UPME. (2021). *Proyección de demanda energía eléctrica y gas natural 2021 - 2035*. Bogotá: UPME.
- Virtualpro. (2022, 9 de marzo). *Industria papelera y su camino hacia la sostenibilidad*. <https://www.virtualpro.co/noticias/industria-papelera-y-su-camino-hacia-la-sostenibilidad#:~:text=2022%2D03%2D09Industria%20papelera,de%209000%20puestos%20de%20trabajo>
- Wilson, D. C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C. A. & Alabaster, G. (2012). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 30(3), 237-254.
- Witjes, S. & Lozano, R. (2016). Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. *Resources, Conservation and Recycling*, 112, 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.015>.



# ANEXOS

# **ANEXO 1.**

## **Listado de actores contactados**

Nombre	Persona de contacto	Medio de contacto	Fecha
<b>1. ACTORES PÚBLICOS DEL ORDEN LOCAL (IBAGÜE)</b>			
Secretaria de Ambiente y Gestión del Riesgo	Flor Sandy Castiblanco Molina	Visita técnica	31/10/2022
<b>2. ACTORES PRIVADOS</b>			
Tetra Pak	Mónica Montes	Entrevista abierta	15/12/2022
INTERASEO S.A.S. E.S.P.	Emerson Villazon, Steve Miranda	Entrevista semi estructurada	03/10/2022
Instituto de financiamiento y promoción y desarrollo de Ibagué (INFIBIAGUE)	Yor Freddy Olaya Pava	Entrevista y Visita	28/11/2022
RECURPLAS	Ginna Paola Muñoz Galeano	Entrevista semi estructurada y Visita	26/10/2022
CHATARREROS	Carlos Zapata	Entrevista abierta	13/09/2022
QUOSS	Camila Contreras	Entrevista semi estructurada	24/10/2022
RECICOOP	Gloria Lizeth Prada, Blanca Lucia Carvajal	Entrevista abierta y Visita	18/09/2022
Recicladora del Tolima	Ángela Alvarado	Entrevista abierta y Visita	18/09/2022
<b>3. POBLACIÓN RECICLADORA</b>			
Asociación de Recicladores Los Pijaos	Gloria Lizeth Prada	Entrevista semi estructurada y Visita	21/09/2022
COORESUNTOL	Carlos Luna, Gloria Teresa Franco	Entrevista semi estructurada y Visita	16/09/2022
ASOREANC	Yined Mendoza Mendoza	Entrevista semi estructurada y Visita	19/09/2022

Nombre	Persona de contacto	Medio de contacto	Fecha
Asociación de Recicladores del Tolima “Opción de Vida”	Wilson Gualteros	Entrevista semi estructurada y Visita	12/09/2022
<b>4. OTROS ACTORES</b>			
CEMEX	Miguel Rocha	Entrevista abierta	Enero 2022

Adicionalmente, en el marco de la elaboración de estudios similares para los municipios de Bogotá y Cúcuta durante el año 2021 y 2022, se contactaron a los siguientes actores del orden nacional:

Nombre	Persona de contacto	Medio de contacto
Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA)	Erika Nieves, María Carolina Perdomo	Entrevista semi estructurada
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	William García	Entrevista semi estructurada
Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud)		Oficio
Icontec	Sandra, Mónica, Martha, Diana, Daniel	Entrevista semi estructurada
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Claudia Bernal, Lady Marcela Mesa, Daniel Fernando Rodriguez	Entrevista semi estructurada
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	María Fernanda Jaramillo	Taller RAS + Estudios de mercado
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Carlos Jairo Ramirez	Entrevista abierta
Corporación Ambiental Empresarial (CAEM) <a href="https://www.caem.org.co/">https://www.caem.org.co/</a>	Diana Aguilar	Entrevista semi estructurada
Darnel Ajoever	Pilar Romero, Katherine Arenas	Entrevista semi estructurada
Empacor	Tatiana Ardila	Entrevista semi estructurada

Nombre	Persona de contacto	Medio de contacto
Cempre – Red Reciclo	Andrea Aragón Kelly Basabe	Entrevista semi estructurada
Acoplásticos <a href="https://www.acoplasticos.org/">https://www.acoplasticos.org/</a>	Paula Ocampo	Entrevista semi estructurada
Visión 30/30	Jennifer Villalba, Nancy Ibarra	Entrevista semi estructurada
Punto Azul	Director Ejecutivo	Entrevista semi estructurada
FENALCO	Katherine Tabares Vásquez	Entrevista semi estructurada
Apropet	Liz Fonseca	Entrevista semi estructurada
Esenttia <a href="https://www.esenttia.co/">https://www.esenttia.co/</a>	Daniel Gomez	Entrevista semi estructurada
Peldar	Mónica Franco, Yenny, Julissa	Entrevista semi estructurada
Tetra Pak	Zania Roa	Entrevista abierta
Cámara de pulpa, papel y cartón	Isabel Riveros	Entrevista abierta

# **ANEXO 2.**

## **Marco legal aplicable**



## **ANEXO 2.1.**

### **Marco legal aplicable para los residuos reciclables**

## Marco legal general

### Convenios Internacionales

- **Convenio de Viena- Convenio de Montreal.** El convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y su protocolo de Montreal, fueron ratificado por Colombia mediante las leyes 30 de 1990 y 29 de 1992 respectivamente. El objetivo de estos acuerdos internacionales es la eliminación del uso de las sustancias agotadoras de la Capa de Ozono (SAO).
- **Convenio de Basilea.** El convenio de Basilea para el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Fue aprobado en 1989, en respuesta a las preocupaciones que suscitaban que los desechos peligrosos fueran movilizados desde los países industrializados para ser dispuestos en los países en desarrollo que no tienen capacidad para realizar estas actividades.
- **Convenio de Estocolmo.** El convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) fue aprobado en mayo de 2001, en respuesta a la urgente necesidad de adoptar medidas de alcance mundial para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- **Convenio de Rotterdam.** El convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional, tiene como objetivo el promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de los países en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, al fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente adecuada, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a los países partes.
- **Convenio Minamata.** El objetivo del convenio de Minamata es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y sus compuestos. La región de América Latina y el Caribe ha participado activamente en todo el proceso de negociación del convenio de Minamata sobre el mercurio.

### Políticas nacionales

- **Documento CONPES 3934 Política de crecimiento verde (10 de julio de 2018), Departamento Nacional de Planeación**

Documento técnico que tiene como objetivo mostrar la política de crecimiento verde con el propósito de: “Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.”<sup>37</sup>

El documento se compone de cinco ejes estratégicos:

---

<sup>37</sup> Ver Estrategia Nacional de Economía Circular Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo 2019.

- El primer eje está orientado a generar nuevas oportunidades económicas que permitan diversificar la economía a partir de la producción de bienes y servicios basados en el uso sostenible del capital natural.
  - El segundo eje busca mejorar el uso de los recursos naturales en los sectores económicos de manera que sean más eficientes y productivos, y se reduzcan y minimicen los impactos ambientales y sociales generados por el desarrollo de las actividades productivas.
  - El tercer eje promueve la generación y el fortalecimiento del capital humano para afrontar los nuevos retos de conocimiento y experiencia que genera el crecimiento verde.
  - El cuarto eje establece acciones estratégicas en materia de ciencia, tecnología e innovación como herramienta necesaria para avanzar hacia cambios en los sectores productivos y encontrar nuevos procesos, insumos y tecnologías más eficientes que generen valor agregado a la economía nacional.
  - El quinto eje expone las acciones para asegurar una coordinación y articulación interinstitucional requeridas para la implementación de la presente Política, al igual que el fortalecimiento de las capacidades para la generación de información necesaria para la toma de decisiones en crecimiento verde y mecanismos para la financiación de proyectos sostenibles.
- **Documento CONPES 3919 Política Nacional de Edificaciones Sostenibles (23 de marzo de 2018), Departamento Nacional de Planeación**

Documento técnico que establece la Misión de Crecimiento Verde<sup>38</sup> se configuró en una iniciativa encaminada a definir insumos y lineamientos de política pública para orientar el desarrollo económico del país hacia el crecimiento verde. Los objetivos de esta misión son la promoción de la competitividad económica, la protección y el aseguramiento de un uso sostenible de capital natural y de los servicios eco sistémicos, el fomento de la legalidad de la oferta y la demanda de productos maderables, la promoción de un crecimiento económico resiliente ante los desastres y el cambio climático y asegurar la inclusión social y el bienestar. En ese sentido, el presente documento CONPES se enmarca en los objetivos del PND 2014-2018 y a su vez se articulará con la Misión de Crecimiento Verde en lo relacionado al uso eficiente de los recursos del agua, la energía, el suelo, la madera y otros materiales hacia una economía circular para el sector de las edificaciones. Esta política se compone de seis ejes estratégicos.

- El primer eje proyecta los objetivos para avanzar hacia el crecimiento verde en el país: (i) avanzar hacia un crecimiento sostenible y bajo en carbono; (ii) proteger y asegurar el uso sostenible del capital natural y mejorar la calidad y gobernanza ambiental; y (iii) lograr un crecimiento resiliente y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres y al cambio climático. Dentro de estos objetivos se destacan acciones específicas para las edificaciones en donde se plantean la inclusión de sistemas de información, la construcción de líneas base para el ahorro de agua y energía, la reducción de la deforestación, la creación de programas de formación técnica y acompañamiento social, la reglamentación de criterios de sostenibilidad ambiental, la construcción de edificaciones públicas con criterios de

<sup>38</sup> Ver "El crecimiento verde es un enfoque que propende por un desarrollo sostenible que garantice el bienestar económico y social de la población en el largo plazo, asegurando que la base de los recursos provea los bienes y servicios eco sistémicos que el país necesita y el ambiente natural sea capaz de recuperarse ante los impactos de las actividades productivas", estrategia de Crecimiento Verde, capítulo X PND 2014-2018.

sostenibilidad y la medición del cumplimiento de las reglamentaciones de edificaciones sostenibles.

- El segundo eje estratégico se presentan los principales antecedentes a nivel nacional relacionados con la política de edificaciones sostenibles, divididos en cinco grupos temáticos: (i) políticas y programas de mitigación al cambio climático; (ii) lineamientos de sostenibilidad en el sector en las edificaciones a nivel nacional y en entidades territoriales; (iii) programas y experiencias de eficiencia energética y uso eficiente del agua; (iv) uso eficiente de materiales y residuos; (v) desarrollo urbano y suelo; e (vi) innovación financiera.
  - El tercer eje abarca una estrategia sobre desarrollo sostenible, por su parte se enmarca en el desarrollo equilibrado y permanente de tres elementos fundamentales conocidos como las dimensiones del desarrollo: (i) sostenibilidad económica; (ii) sostenibilidad ambiental; y (iii) sostenibilidad social.
- **Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE (2017)-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Establece las estrategias encaminadas para lograr la circularidad de los materiales provenientes del tratamiento y gestión de RAEE, así como generar valor agregado a los materiales resultantes a través del aprovechamiento y el reciclaje. Incluye la obligación de desarrollar normas asociadas bajo el principio de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), así como incrementar la infraestructura a nivel nacional para tal fin.

- **Documento CONPES.3874: Política Nacional para la gestión integral de residuos Sólidos (21 de noviembre de 2016)- Departamento Nacional de planeación.**

Documento que desarrolla la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario. Esta política se compone de cuatro ejes estratégicos.

- El primer eje busca adoptar medidas encaminadas hacia (i) la prevención en la generación de residuos; (ii) la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; (iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y (iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero.
  - El segundo eje apunta a mejorar la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos sólidos para incrementar los niveles de separación en la fuente, de aprovechamiento y de tratamiento.
  - El tercer eje propone asignar roles específicos y claros a las entidades participantes para que lideren las actividades correspondientes, como el tratamiento de residuos orgánicos y el fortalecimiento de los sistemas urbanos de reciclaje inclusivo, entre otros.
  - El cuarto eje desarrolla acciones para mejorar el reporte de monitoreo, verificación y divulgación de la información sectorial para el seguimiento de la política pública de gestión integral de residuos sólidos.
- **Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (2010)-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Documento técnico en el cual se actualizan e integran la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del gobierno colombiano para promover el cambio de los patrones de producción y consumo de la

sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población.<sup>39</sup>

- **Documento CONPES 3530 (2008). Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos- Departamento Nacional de Planeación.**

Documento que establece los lineamientos de política y estrategias del Gobierno Nacional para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos. De manera específica el documento identifica los avances recientes y principales problemas para el sector de aseo, define estrategias bajo criterios de optimización financiera, técnica, jurídica, institucional, ambiental y comercial, y establece un plan de acción para su implementación, fomentando entre otros aspectos prácticas responsables sociales de aprovechamiento y reciclaje.

Dentro de los problemas identificados se encuentran:

- A. Incompleto desarrollo e implementación de la normatividad
  - a. Desconocimiento de la normatividad:
  - b. Falta de incentivos en la normatividad para la gestión integral de residuos
  - c. Insuficiencia de la reglamentación técnica o falta de actualización de esta.
  - d. Falta reglamentación de las condiciones mínimas exigidas para el acceso y operación del servicio de aseo
- B. Inadecuadas Condiciones Técnicas
  - a. Insuficiencia de sitios técnicamente adecuados para la disposición final de residuos sólidos
  - b. Baja calidad o no implementación de los PGIRS
  - c. Desarticulación y falta de planeación integral de las inversiones, con perspectiva regional
- C. Bajo desarrollo empresarial
  - a. No aplicación de metodología tarifaria
  - b. Falta de instrumentos económicos que incentiven la gestión integral
  - c. Limitaciones en la actividad de comercialización del servicio por dificultades en la facturación conjunta
- D. Ineficiencia financiera
  - a. Criterios asimétricos en la definición de la asignación de recursos financieros por parte de las administraciones municipales
  - b. Ausencia de esquema de financiación que concentre fuentes de recursos y priorice necesidades
- E. Falta de esquemas organizados de aprovechamiento y reciclaje
  - a. Desconocimiento de los procesos de aprovechamiento y reciclaje
  - b. Falta de estudios previos para establecer la viabilidad de los esquemas

<sup>39</sup> Política de Producción y Consumo Sostenible. MinAmbiente 2010.

- c. Bajo compromiso empresarial para fomentar esquemas de aprovechamiento y reciclaje, así como implementar prácticas de responsabilidad postconsumo por parte de los industriales

Basados en los problemas identificados, se establecieron los siguientes cinco objetivos centrales:

1. Tener un adecuado desarrollo e implementación de la normatividad.
2. Establecer adecuadas condiciones técnicas en el desarrollo de las actividades que componen el servicio de aseo.
3. Obtener un mayor y mejor desarrollo empresarial en municipios que aún no cuentan con prestadores especializados, especialmente aquellos con menos de 10.000 suscriptores.
4. Establecer criterios para alcanzar la eficiencia financiera.
5. Establecer esquemas organizados de aprovechamiento y reciclaje.

- **Política de Gestión Ambiental Urbana (2008)-Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Define principios e instrumentos que se orientan a gestionar y manejar el medio ambiente al interior de las zonas urbanas, de acuerdo con las problemáticas ambientales específicas. Por otra parte, se pretende articular con las políticas existentes, planes y programas sectoriales.

Tiene como objetivo general: Establecer directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, definiendo el papel y alcance e identificando recursos e instrumentos de los diferentes actores involucrados, de acuerdo con sus competencias y funciones, con el fin de armonizar la gestión, las políticas sectoriales y fortalecer los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, para contribuir a la sostenibilidad ambiental urbana y a la calidad de vida de sus pobladores, reconociendo la diversidad regional y los tipos de áreas urbanas en Colombia.

Y como objetivos específicos:

1. Mejorar el conocimiento de la base natural de soporte de las áreas urbanas y diseñar e implementar estrategias de conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables.
2. Identificar, prevenir y mitigar amenazas y vulnerabilidades a través de la gestión integral del riesgo en las áreas urbanas.
3. Contribuir al mejoramiento de la calidad del hábitat urbano, asegurando la sostenibilidad ambiental de las actividades de servicios públicos, la movilidad, y la protección y uso sostenible del paisaje y del espacio público.
4. Gestionar la sostenibilidad ambiental de los procesos productivos desarrollados en las áreas urbanas.
5. Promover, apoyar y orientar estrategias de ocupación del territorio que incidan en los procesos de desarrollo urbano regional desde la perspectiva de sostenibilidad ambiental.
6. Desarrollar procesos de educación y participación que contribuyan a la formación de ciudadanos conscientes de sus derechos y deberes ambientales, promoviendo usos y consumo sostenibles.



- **Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos – RESPEL (diciembre de 2005), Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Base conceptual, técnica y jurídica de la gestión integral de RESPEL a nivel nacional; y de donde se fundamentan normas de gran relevancia nacional como el Decreto 4741 de 2005 y regulación en materia de la REP<sup>40</sup>. Se evidencia la continuidad de las estrategias para prevenir, reducir y promocionar el aprovechamiento y valorización de residuos.

- **Política de Educación Ambiental (2002), Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Busca principalmente promover la concertación, la planeación, la ejecución y la evaluación conjunta a nivel intersectorial e interinstitucional de planes, programas, proyectos y estrategias de Educación Ambiental formales, no formales e informales, a nivel nacional, regional y local.

Tiene como objetivos:

- Promover la concertación, la planeación, la ejecución y la evaluación conjunta a nivel intersectorial e interinstitucional de planes, programas, proyectos y estrategias de Educación Ambiental formales, no formales e informales, a nivel nacional, regional y local.
- Proporcionar un marco conceptual y metodológico básico que oriente las acciones que en materia educativo-ambiental se adelanten en el país, tanto a nivel de educación formal como no formal e informal, buscando el fortalecimiento de los procesos participativos, la instalación de capacidades técnicas y la consolidación de la institucionalización y de la proyección de la Educación Ambiental, hacia horizontes de construcción de una cultura ética y responsable en el manejo sostenible del ambiente.
- Formular estrategias que permitan incorporar la Educación Ambiental como eje transversal en los planes, programas y otros, que se generen tanto en el sector ambiental, como en el sector educativo y en general en la dinámica del SINA, desde el punto de vista no solamente conceptual (visión sistémica del ambiente y formación integral de los ciudadanos y ciudadanas del país) sino también desde las acciones de intervención de los diversos actores sociales, con competencias y responsabilidades en la problemática particular. Esto en el marco del mejoramiento de la calidad del ambiente, tanto local como regional y/o nacional, y por ende de la calidad de vida en el país.
- Proporcionar instrumentos que permitan abrir espacios para la reflexión crítica, a propósito de la necesidad de avanzar hacia modelos de desarrollo, que incorporen un concepto de sostenibilidad, no solamente natural sino también social y que por supuesto, ubiquen como fortaleza nuestra diversidad cultural, para alcanzar uno de los grandes propósitos de la Educación Ambiental en el país, como es la cualificación de las interacciones: sociedad naturaleza-cultura y la transformación adecuada de nuestras realidades ambientales.

<sup>40</sup> Planes de gestión de devolución de productos posconsumo (Principio REP) de medicamentos o fármacos vencidos (Resolución 371 de 2009), baterías usadas plomo ácido del parque vehicular (Resolución 372 de 2009) y envases de plaguicidas (Resolución 1675 de 2013).

- **Política para la Gestión Integral de Residuos (1998), Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Establece unos principios que aún hoy en día se encuentran vigentes como son reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, tratamiento y transformación, así como disposición final controlada.

El documento está conformado por cinco capítulos: Diagnóstico, bases, objetivos, metas, y finalmente, estrategias y plan de acción.

En el primer capítulo, se presenta el resumen de los principales problemas relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el país.

El segundo capítulo contiene las bases de la formulación de política.

El tercer capítulo los objetivos necesarios, en dichos objetivos encontramos como objetivo principal:

- Impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

Y como objetivos específicos:

- Minimización de la cantidad de residuos que se generan
- Aumentar el aprovechamiento racional de residuos generados
- Mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos.
- Conocer y dimensionar la problemática de los residuos peligrosos en el país y establecer los sistemas de gestión de estos, partiendo de la separación en la fuente.

El cuarto capítulo las metas y finalmente en el quinto capítulo, las estrategias y el plan de acción.

### **Leyes, decretos y normas reglamentarias**

- **Resolución 288 (3 de junio de 2020), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**

Modifica los artículos 1° y 3°, y subroga el anexo de la Resolución 1067 de 2015. Tiene por objeto, según la modificación, establecer los lineamientos para la formulación de metas de cobertura, calidad, continuidad y aseguramiento en el acceso a agua potable y saneamiento básico que deberá definirse en los planes de desarrollo municipal, distrital y departamental para el periodo 2020-2024.

En la resolución se establecen los siguientes objetivos estratégicos:

1. Incrementar la cobertura de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
2. Asegurar el acceso al agua potable y saneamiento básico en la zona rural.
3. Mejorar la calidad del agua para consumo humano.
4. Aumentar el porcentaje de tratamiento de aguas residuales.
5. Disponer adecuadamente los residuos sólidos y promover el tratamiento y aprovechamiento, en el marco de la economía circular.

6. Ampliar la continuidad en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
  7. Fortalecer y mejorar la prestación y el aseguramiento de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
  8. Implementar soluciones alternativas para el acceso al agua potable y saneamiento básico en las zonas más apartadas.
  9. Mejorar la calidad y eficiencia de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo e implementar nuevas tecnologías en las zonas rural y urbana.
  10. Adoptar buenas prácticas de Gobierno Corporativo en las personas prestadoras del sector de agua potable y saneamiento básico.
  11. Adoptar medidas para la elaboración de los planes de gestión del riesgo.
  12. Realizar la regionalización de los servicios públicos en el caso de ser posible
- **Resolución 547 (27 de julio de 2022), de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.**

Por la cual se reglamenta el Capítulo 7, del Título 2, de la Parte 3, del Libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, Reglamenta lo relacionado con los criterios de elegibilidad y demás aspectos de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos (IAT).

El documento está conformado por 9 artículos:

- **ARTÍCULO 1.** Requisitos para presentar proyectos de aprovechamiento y tratamiento para acceder a los recursos del incentivo.
- **ARTÍCULO 2.** Proyectos de aprovechamiento susceptibles de ser financiados con recursos del incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos-IAT.
- **ARTÍCULO 3.** Proyectos de tratamiento susceptibles de ser financiados con recursos del incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos-IAT.
- **ARTÍCULO 4.** Criterios de elegibilidad para proyectos de aprovechamiento.
- **ARTÍCULO 5.** Criterios de elegibilidad para proyectos de tratamiento.
- **ARTÍCULO 6.** Lista de proyectos elegibles de aprovechamiento y tratamiento y asignación de recursos.
- **ARTÍCULO 7.** Acta de asignación de recursos.
- **ARTÍCULO 8.** Regionalización.
- **ARTÍCULO 9.** Vigencia.

Así mismo en la resolución se presenta un anexo técnico con los requisitos para la formulación de proyectos de aprovechamiento y tratamiento susceptibles de ser financiados con recursos provenientes de IAT.

- **Resolución 1342 (24 de diciembre 2020), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Por la cual se modifica la resolución 1407 de 2018 “donde se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras disposiciones”

Se modifica el parágrafo 1, donde se establece que se excluyen de aplicación de esta norma:

- Envases y empaques que correspondan a residuos peligrosos.

- Residuos de envases y empaques de maderas y fibras textiles o naturales distintas a papel y cartón
- Empaques y envases de fármacos y medicamentos

Se modifica el artículo 2 adicionando las definiciones de

- Aprovechamiento de residuos, envases y empaques
- Envase multimaterial.
- Envase reutilizable (retornable)
- Reciclaje

Se modifica el artículo 3 relacionadas a la presentación del plan y del informe de avance, el artículo 4 en relación con los proyectos piloto de la gestión de envases y empaques, se modifican literales en el artículo 6 y 7, y se modifica del artículo 8 al 11, en relación con la eficiencia de la retornabilidad, eficiencia de retornabilidad, obligaciones del consumidor final, y finalmente el listado de anexos a presentar.

- **Resolución 2184 de 2019 (26 de diciembre de 2019), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas. Se establecen los colores, para realizar una adecuada separación en la fuente de residuos, de la siguiente forma: bolsas de color verde para depositar residuos orgánicos aprovechables, color blanco para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón, y bolsa de color negro para depositar los residuos no aprovechables.

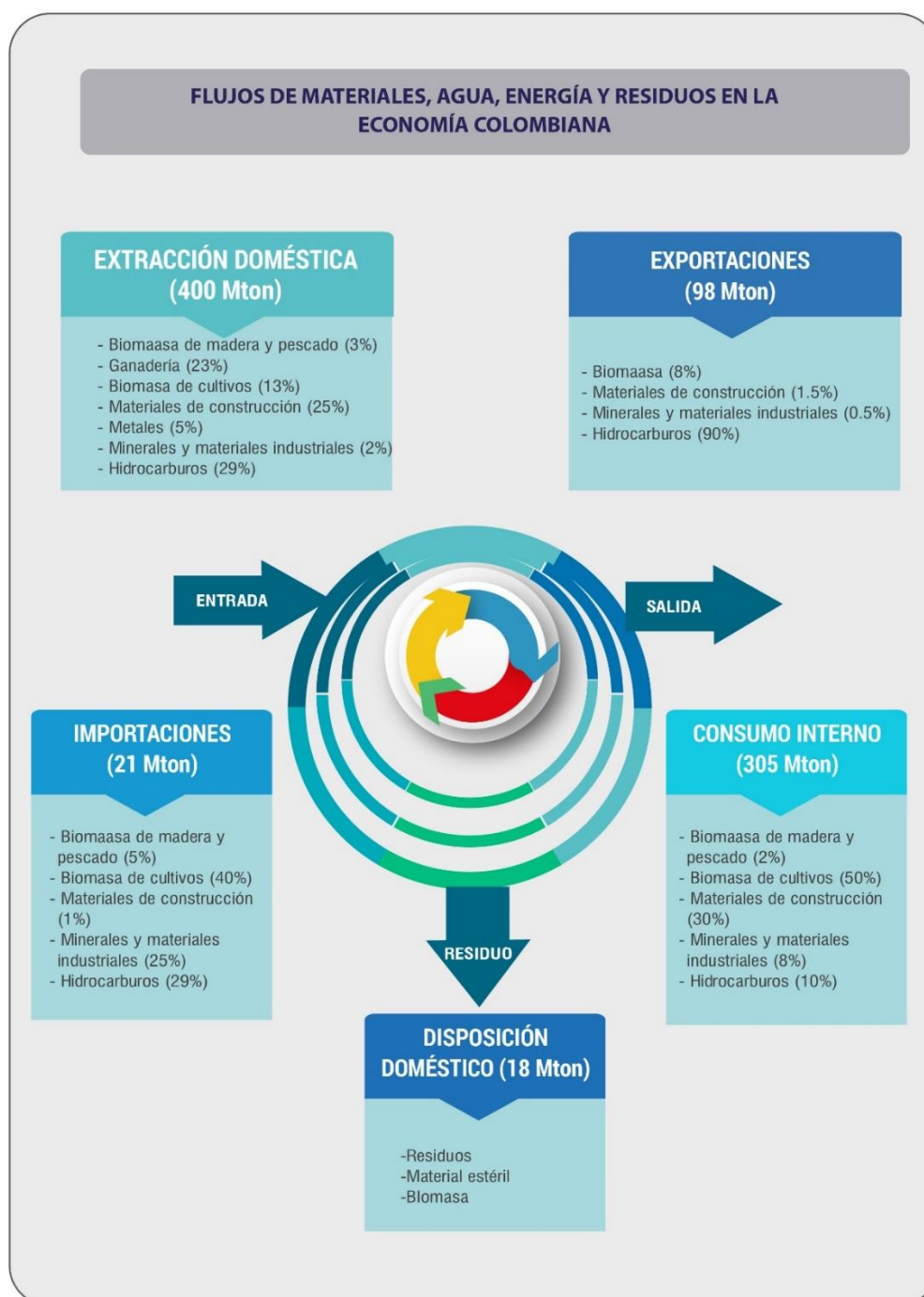
- **Estrategia Nacional de Economía Circular (2019), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.:**

Documento técnico que establece las estrategias y lineamientos para ser desarrollados en el marco de la circularidad de materiales; establece cuatro (4) líneas de acción prioritarias con sus indicadores y metas:

- Flujo de materiales industriales y de consumo masivo.
- Flujo de materiales de envases y empaques.
- Flujos de biomasa.
- Fuentes y flujos de energía.

En la estrategia se establece que las entradas de materiales, agua y energía de la economía colombiana están representadas en la extracción doméstica de 400 millones de toneladas de material, y las importaciones estimadas en 21 millones de toneladas los cuales se distribuyen como se muestra en la gráfica a continuación:

Figura 61. Flujos de materiales, agua, energía y residuos en la economía colombiana



Fuente: Adaptado de (Vallejo, Perez-Rincon, & Martinez-Alier, 2011)

En cuanto a los residuos domésticos, se estima que son desechados cerca de 18 millones de toneladas, que representan un 4.5% de la extracción doméstica. La disposición doméstica de residuos está compuesta por residuos orgánicos (59%), otros (16%), plásticos (13%), papel y cartón (9%), vidrios (2%) y metales (1%) (OCDE, 2017).

Lo anterior da evidencia de que se cuenta con la base para el logro del objetivo general de la economía circular el cual plantea: promover la transformación productiva para maximizar el valor agregado de los sistemas industriales y agropecuarios y las ciudades sostenibles en términos económicos, ambientales y sociales, a partir de la circularidad, innovación tecnológica, colaboración en nuevos modelos de negocio.

- **Resolución 825 de 2017, modificada parcialmente por la Resolución 844 de 2018.**

Establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que atiendan hasta 5.000 suscriptores en el área urbana y aquellas que presten el servicio en el área rural independientemente del número de suscriptores que atiendan.

- **Decreto 284 de 2018-Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

El decreto 284 de 2018 tiene por objeto reglamentar la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), con el fin de prevenir y minimizar los impactos adversos al ambiente.

El decreto se divide en 4 capítulos:

1. Disposiciones generales
2. Alcance de las obligaciones de los actores involucrados
3. Información sobre los AEE y los RAEE
4. Disposiciones finales

- **Resolución 1407 (26 de Julio, 2018), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal bajo el principio de la Responsabilidad Extendida del Productor. A través de esta Resolución, los industriales deben formular un “**Plan de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques**” que fomente el aprovechamiento y reutilización de estos. La resolución establece los lineamientos que cubren toda la cadena productiva, desde el productor e importador hasta el consumidor final, inclusive incluyendo las empresas de aprovechamiento.

- **Decreto 802 (16 de mayo de 2022) , Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.**

Por el cual se sustituye el Capítulo 7, al Título 2 de la parte 3, del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, que Reglamenta parcialmente el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015 , en lo referente al incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; define la metodología para realizar el cálculo, facturación, recaudo, asignación y uso de recursos, así como la vigilancia, control y seguimiento en todo el territorio nacional.

- **Resolución 1326 (6 de julio, 2017), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de llantas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de residuos de llantas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

- **Resolución 330 (junio 8 de 2017), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.**

Adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Tiene por objeto establecer los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.



- **Resolución 472 (28 de febrero, 2017) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Emitida por MinAmbiente en relación con la gestión integral de residuos de demolición y construcción – RCD.

En el artículo 3 establecen el procedimiento a seguir para la gestión integral de los residuos de demolición y construcción, el cual está compuesto por los siguientes pasos:

1. Prevención y reducción.
2. Recolección y transporte.
3. Almacenamiento.
4. Aprovechamiento.
5. Disposición final.

En relación con el aprovechamiento se establece que debe ser realizado en plantas de aprovechamiento fijas o móviles y deben contar con mínimo las siguientes áreas de operación:

- Recepción y pesaje.
- Separación y almacenaje por tipo de RCD aprovechable.
- Aprovechamiento.
- Almacenamiento de productos aprovechables.

- **Decreto 1784 de 2017 (2 de noviembre, 2017), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.**

Decreto por el cual se modifica y adiciona al decreto 1077 de 2015 en relativo con las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo.

- **Decreto 1077 de 2015 (mayo 26 de 2015), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

Minvivienda tiene como objetivo primordial lograr, en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país, la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico el cual está regulado por las comisiones; las cuales tienen la función de regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos, cuando la competencia no sea, de hecho, posible; y, en los demás casos, la de promover la competencia entre quienes presten servicios públicos, para que las operaciones de los monopolistas o de los competidores sean económicamente eficientes, no impliquen abusos de la posición dominante, y produzcan servicios de calidad.

En la parte 3: *RÉGIMEN REGLAMENTARIO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO* establecen las definiciones para la prestación del servicio público de aseo, transporte y recolección de los residuos aprovechables y no aprovechables y establecen que, para la prestación del servicio público de aseo, y en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, se deberán cumplir los siguientes principios:

- Prestación eficiente a toda la población con continuidad, calidad y cobertura.
  - Obtención de economías de escala comprobables.
  - Garantía de la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de la prestación
  - Desarrollo de una cultura de la no basura
  - Fomento del aprovechamiento
  - Minimización y mitigación del impacto en la salud y en el ambiente que se pueda causar por la generación de los residuos sólidos.
- **Resolución 778 (14 de diciembre, 2016), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.**

Por la cual se adopta el modelo de condiciones uniformes del contrato para la prestación del servicio público de aseo y sus actividades complementarias para las personas prestadoras que atiendan en municipios de más de 5.00 suscriptores en el área urbana y de expansión urbana, y todas las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento en dichas áreas.

- **Decreto 596 (11 de abril, 2016), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.**

Reglamenta, entre otros, el esquema de la actividad de aprovechamiento y las etapas de formalización que tienen las organizaciones de recicladores de oficio como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento en el marco de la prestación del servicio público de aseo.

En el decreto se establece el procedimiento que deben seguir las organizaciones de recicladores para su formalización, así como para la formalización de los recicladores de oficio, a continuación, se muestran las fases que deben seguir:

Figura 62. Fases para la formalización progresiva de los recicladores de oficio



Fuente: Decreto 596 del 2016, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

- **Resolución 276 (29 de abril, 2016), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**

Por el cual se da la reglamentación del esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio.

- **Resolución 1067 (24 de diciembre, 2015), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**

Establece los lineamientos para la formulación de metas de cobertura, calidad y continuidad en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo; y se determinan los indicadores específicos y estratégicos para el desarrollo de la actividad de monitoreo al uso y ejecución de los recursos del Sistema General de Participaciones para el sector de agua potable y saneamiento básico.

- **Resolución 720 (9 de julio 2015), Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**

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 y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo, entre otros.

La resolución se divide en los siguientes títulos y capítulos:

- Cálculo del precio máximo y los costos que lo componen
  - Del cálculo del precio máximo
  - De los costos de comercialización
  - De los costos de limpieza urbana
  - De los costos de barrido y limpieza de vías y áreas publicas
  - De los costos de recolección y transporte
  - De los costos de disposición final
  - Del valor base de remuneración del aprovechamiento
  - De la actualización de costos
- De las tarifas y la producción de residuos facturados
- De la definición de descuentos asociados a la calidad del servicio
  - De la periodicidad y responsabilidad del régimen de calidad y descuentos
  - De los indicadores de calidad del servicio público de aseo
  - De los descuentos asociados a los indicadores de calidad del servicio
  - Del total de descuentos aplicables a cada suscriptor
  - De las disposiciones finales del título de la calidad del servicio
- Disposiciones finales

- **Resolución 754 de 2014.**

Se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, allí se establecen las responsabilidades, la adopción, las articulaciones, el aprovechamiento y la estructura que debe tener todo PGIRS que se establezca e implemente en el territorio nacional. A continuación, se muestra la metodología:

**Figura 63. Metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)**



Fuente: Minvivienda, extraído 2021

**- Decreto 2041 (15 de octubre, 2014), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Derogó el Decreto 2820 de 2010; y especifica los proyectos y actividades que requieren de Licencia Ambiental y establece las competencias entre la Autoridades de orden Nacional y Regional. Establece los procedimientos para los diferentes trámites y solicitudes en relación con el licenciamiento ambiental. Define el contenido de los estudios de evaluación de alternativas, del estudio de Impacto Ambiental – EIA y las condiciones para los Planes de Manejo Ambiental – PMA, contingencias, riesgos y de



desmantelamiento. Para el caso específico, este decreto es aplicable a las licencias ambientales que actualmente tienen los rellenos sanitarios donde se realiza disposición final de residuos.

- **Resolución 1675 (2 de diciembre, 2013), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de plaguicidas y herbicidas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de residuos de plaguicidas y herbicidas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

La resolución se divide en los siguientes capítulos:

- Plan de gestión de devolución de productos posconsumo de plaguicidas
  - Presentación del plan
  - Elementos que debe contener el plan de gestión de devolución de productos posconsumo de plaguicidas
  - Actualización y avance del plan
  - Meta de recolección y de cobertura de la población
  - Centros de acopio de residuos posconsumo de plaguicidas
  - Del transporte de residuos posconsumo de plaguicidas
  - Autorizaciones ambientales
- Obligaciones
  - De los fabricantes y/o importadores
  - De los proveedores o expendedores
  - Obligaciones de los consumidores
  - De las autoridades municipales y ambientales
- Disposiciones finales

- **Decreto 2981 (20 de diciembre, 2013), Presidencia de la república de Colombia**

Reglamenta parcialmente la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación de servicios públicos de aseo. Su desarrollo es extenso teniendo en cuenta que contiene: fundamentos jurídicos, reglamentación de los servicios públicos (recolección, barrido y limpieza – RBL), programas de prestación de servicios públicos, programa de la gestión del riesgo, aprovechamiento, corte de césped, poda de árboles en las vías y áreas públicas, transferencia, tratamiento, disposición final, y lavado de áreas públicas, en el marco de los PGIRS; así como la atención al usuario y gestión comercial del servicio público de aseo, y relaciones entre los usuarios y la persona prestadora del servicio.

El decreto se divide como se muestra a continuación:

- Almacenamiento y presentación
- Recolección y transporte
- Barrido y limpieza de áreas publicas
- Lavado de áreas publicas
- Corte de césped y poda de arboles
- Transferencia
- Recolección y transporte selectivo de residuos para aprovechamiento
- Estación de clasificación y aprovechamiento



Finalmente habla acerca de los planes para la gestión integral de residuos sólidos PGIRS, atención al usuario y gestión comercial del servicio público de aseo, relaciones entre los usuarios y la persona prestadora del servicio, obligaciones de las personas prestadoras y disposiciones finales que aplican a todo el decreto.

- **Resolución 0851 de 2022. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

Reglamenta lo concerniente a la clasificación, recolección y gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), con el fin de controlar los impactos ambientales negativos que generan o pueden llegar a generar esta clase de residuos.

- **Resolución 1511 (5 de agosto, 2010), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de bombillas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

- **Resolución 1512 (5 de agosto de 2010), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de computadores y/o periféricos que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de residuos de computadores y/o periféricos, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

- **Resolución 1297 (8 de julio, 2010), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de pilas y/o acumuladores que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de residuos de pilas y/o acumuladores, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

- **Resolución 0371 (26 de febrero de 2009), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de residuos de medicamentos vencidos que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de residuos de medicamentos vencidos, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

- **Resolución 0372 de 2009 (26 de febrero de 2009), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Tiene por objeto establecer a cargo de los productores de residuos de baterías plomo ácido que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de residuos de baterías plomo ácido, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

- **Ley 1333 (21 de julio, 2009), Congreso de la república**

Establece el procedimiento sancionatorio ambiental, cuenta con las herramientas necesarias para garantizar la efectividad de los principios y fines previstos en la Constitución y los tratados internacionales. Además, se contemplan sanciones administrativas y medidas preventivas, cuyo objeto principal es prevenir la prolongación,

realización o recurrencia de acciones que afecten el medio ambiente y los recursos naturales.

- **Resolución 1274 (30 de junio, 2006), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Presenta los Términos de Referencia del Estudio de Impacto Ambiental para proyectos de construcción y operación de rellenos sanitarios. Los términos tienen un carácter genérico y, en consecuencia, de acuerdo con la resolución, deberán ser adaptados a la magnitud y otras particularidades del proyecto, así como a las características ambientales regionales.

- **Resolución 1291 (30 de junio, 2006), Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Establece los términos de referencia para el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), para la construcción y operación de rellenos sanitarios.

- **Decreto 4741 (30 de diciembre, 2005), Presidencia de la república de Colombia**

Decreto por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, tiene como objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

El decreto se divide como se muestra a continuación:

- Clasificación, caracterización, identificación y presentación de los residuos o desechos peligrosos
- De las obligaciones y responsabilidades
- De la gestión y manejo de los empaques, envases, embalajes y residuos de productos o sustancias químicas con propiedad o característica peligrosa
- De las autoridades
- Del registro de generadores de residuos o desechos peligrosos
- De la importación, exportación y tránsito de residuos o desechos peligrosos
- Prohibiciones
- Disposiciones finales

- **Ley 388 (10 de julio, 1997), Congreso de la república de Colombia**

En la presente ley, artículo 24 de establecer que “el alcalde distrital o municipal, a través de las oficinas de planeación o de la dependencia que haga sus veces, será responsable de coordinar la formulación oportuna del proyecto del plan de Ordenamiento Territorial, y de someterlo a consideración del Consejo de Gobierno”<sup>41</sup>

En este marco y con el objeto de obtener las licencias y los permisos necesarios (licencia urbanística, entre otras) para la operación, la selección del emplazamiento del relleno sanitario estará sujeta a la discusión y aprobación del plan de ordenamiento por parte de las entidades competentes y de la comunidad local, que participará en el proceso con relación al uso territorial de su región.

- **Ley 142 (Julio 11 de 1994), Congreso de Colombia**

Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, la ley aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía pública

<sup>41</sup> Ley 388 (1998), artículo 24

básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos.

Establece el marco general en materia de prestación de servicios públicos domiciliarios; y define competencias dirigidas a diferentes entidades para que se ejerzan actividades de vigilancia, control y seguimiento. Es la base jurídica de una cantidad considerable de normas emitidas por las diferentes entidades competentes.

En la ley se define al servicio público de aseo como: el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos el cual también se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.

- **Ley 99 (22 de diciembre de 1993), Congreso de Colombia**

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. La ley garantiza la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla. De acuerdo, con esta ley es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.<sup>42</sup>

- **Decreto 2811 (18 de diciembre, 1974), Presidencia de la república de Colombia**

Define las normas generales de la política ambiental, uso e influencia ambiental de los recursos naturales renovables y demás asuntos de interés dentro de los cuales se encuentran la regulación de residuos, desechos y desperdicios, así como de los incentivos ambientales. Es importante resaltar que varias normas en materia de responsabilidad extendida del productor – REP, incluyendo la Resolución 1407 de 2018 de Envases y Empaques, se fundamentan en este acto administrativo.<sup>43</sup>

- **Plan Nacional de Negocios verdes (2014) estrategia Nacional de economía circular**

En la concepción estratégica del Plan Nacional de Negocios Verdes se contempla como visión para el año 2025 que los Negocios Verdes estarán posicionados y consolidados como un nuevo renglón estratégico de impacto en la Economía Nacional. En este sentido y con el fin de dar cumplimiento a las metas de la Política de Producción y Consumo Sostenible, se plantean ocho (8) líneas estratégicas de intervención: Comunicación, posicionamiento y sensibilización al consumidor y productor sobre los Negocios Verdes; Política y normatividad; Ciencia, Tecnología e innovación; Recursos/ incentivos económicos y financieros; Acceso a mercados; Coordinación y articulación institucional/sectorial; Sistema de información de mercado, monitoreo y evaluación; y Desarrollo y fortalecimiento de la oferta.

### **Nivel local (Ibagué)**

- **Decreto 0065 del 09 de febrero de 2022**, por medio del cual se actualiza la conformación del Grupo Coordinador y el Grupo Técnico de Trabajo para la revisión, actualización, ajustes, implementación, evaluación, seguimiento y control

<sup>42</sup> Guía de Participación ciudadana para el Licenciamiento Ambiental. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA 2018

<sup>43</sup> Resoluciones 1297 (Pilas y acumuladores), 1511 (Bombillos con contenido de mercurio) y 1512 (Computadores y periféricos) de 2010, 1326 de 2017 (Llantas usadas) y 1407 de 2018 (Envases y empaques).

del plan de gestión integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué. Alcaldía Municipal de Ibagué.

- **Acuerdo 015 del 24 de julio de 2009**, por medio del cual se implementa el comparendo ambiental en el municipio de Ibagué y se dictan otras determinaciones, Concejo Municipal de Ibagué.
- **Acuerdo 003 del 08 de enero de 2019**, por medio del cual se establecen lineamientos para implementar las acciones afirmativas que garantizan la inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos en el municipio de Ibagué, Concejo Municipal de Ibagué.
- **Decreto 1000 -0931 18 de diciembre de 2015** Por medio del cual se actualiza el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué – Tolima.
- **Decreto 1000 -0885 del 1 de diciembre de 2015**, la Alcaldía del Municipio de Ibagué, en cumplimiento de las directrices nacionales, conforma el grupo coordinador y el grupo Técnico del Trabajo para la Formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización II Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué – Tolima.
- **Decreto 1000 -0945 del 2 de septiembre de 2016**, la Alcaldía del Municipio de Ibagué, en cumplimiento de las directrices nacionales, conforma el grupo coordinador y el grupo Técnico del Trabajo para la Formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué – Tolima.
- **Decreto 1000 -1182 del 21 de noviembre de 2016**, la Alcaldía del Municipio de Ibagué, adiciona el artículo segundo del Decreto 1000.0945 del 02 de septiembre de 2016, para la conformación del grupo técnico de trabajo para la Formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué – Tolima.
- **Decreto No. 1000-1298 del 29 de diciembre de 2016**, se actualiza el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué Tolima.
- **Decreto No. 1000-0229 del 11 de mayo de 2018**, se actualiza la conformación del Grupo Coordinador y el grupo técnico de trabajo para la revisión, actualización, ajustes, implementación, evaluación, seguimiento y control del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Ibagué Tolima. De acuerdo al artículo Cuarto del Decreto 1000-0299 del 11 de mayo de 2018, los miembros del Grupo coordinador del PGIRS tendrá un periodo de (1) un año a partir de su instalación, por lo que se requiere realizar actualización.
- A través del Acuerdo 034 de 2018 del 27 de diciembre de 2018, expedido por el Concejo Municipal de Ibagué, “por el cual se modifica la estructura organizacional de la Alcaldía Municipal de Ibagué, se definen las funciones de sus dependencias y se dictan otras disposiciones” y según el decreto 1000-0004 del 03 de enero de 2019: “Por el cual se adopta la estructura organizacional de la Alcaldía de Ibagué, se definen las funciones de sus dependencias y se dictan otras disposiciones” en su artículo primero crea la nueva estructura de la administración central municipal y en el numeral 11 crea la SECRETARIA DE AMBIENTE Y GESTIÓN DEL

RIESGO, siendo la Dirección de Ambiente, agua y cambio climático quien asume como función, la actualización, implementación, seguimiento o evaluación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).

### **Marco legal específico de fomento y/o regulación del reciclaje**

- **Resolución 547 del 26 de julio de 2022. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.**

Por la cual se reglamenta el Capítulo 7, del Título 2, de la Parte 3, del Libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, en lo relacionado con los criterios de elegibilidad y demás aspectos de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos', publicada en el Diario Oficial No. 52.107 de 26 de julio de 2022.

- **Ley 1454 (29 de junio, 2011), Congreso de Colombia**

Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones", fomenta la conformación de asociaciones de entidades territoriales para, entre otras acciones prestar conjuntamente servicios públicos, funciones administrativas, ejecutar obras de interés común o cumplir funciones de planificación, así como, procurar el desarrollo integral de sus territorios.

- **Ley 689 (28 de agosto, 2001), Congreso de Colombia**

Por la cual se modifican los numerales 15 y 24 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994, en cuanto a definiciones, así como el artículo 20 en relación régimen de las empresas de servicios públicos en municipios menores y zonas rurales.

### **Normativa técnica aplicable**

Normas de calidad para materiales reciclados.

- **CALIDADES DE MATERIALES PARA RECICLAJE-COMITÉ DE RECICLAJE (S:F), CAMARA DE LA INDUSTRIA DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN, ANDI**

Documento elaborado por la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) dividido en cinco secciones, en las que se detallan en su orden las características que por categorías deben cumplir las diferentes clases de papel y cartón, chatarra, vidrio, plástico y envases de Tetra Pak. Al interior de cada sección se presenta el ciclo de vida de cada producto, algunas recomendaciones para su conservación y clasificación, e identificación de los materiales nocivos para el proceso y cuerpos extraños.

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6352 (2019)-GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE). REQUISITOS PARA LA LOGÍSTICA Y EL TRATAMIENTO DE LOS RAEE.**

Esta norma establece requisitos que deben seguir los gestores que realizan operaciones de almacenamiento, tratamiento y descontaminación de todos los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Esta norma se aplica al tratamiento de RAEE hasta que alcance el fin de la condición de residuo; es decir, después de la preparación para la reutilización, reacondicionamiento, reciclaje, valorización o eliminación. Los requisitos para la eliminación o disposición final de los RAEE se encuentran fuera del alcance de la presente norma. Esta norma está dirigida a todos los gestores que intervienen en el tratamiento, incluyendo lo correspondiente a manipulación y almacenamiento de RAEE.

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6352: 2 (2019) GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE). REQUISITOS PARA LA LOGÍSTICA Y EL TRATAMIENTO DE LOS RAEE. PARTE 2: TRATAMIENTO**
- **GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA (2014), UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS**

Documento técnico elaborado por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) en asociación con la Universidad Nacional de Colombia como guía para el manejo de residuos orgánicos, a pequeña y mediana escala en zona rural, urbana y periurbana de Bogotá. Se presenta como una iniciativa pedagógica que ofrece información sobre el manejo de residuos orgánicos y su utilización en la elaboración de abonos orgánicos, mediante metodologías de fácil aplicación y bajo costo -como el compostaje y lombricultura, que pueden ser implementadas a nivel domiciliario, multifamiliar y por pequeños productores.

El documento técnico se divide en:

1. Beneficios del aprovechamiento de residuos orgánicos
  2. Abonos orgánicos
  3. Beneficios de la materia orgánica en el suelo
  4. Materiales aprovechables para elaboración de abonos orgánicos
  5. Tecnologías para producción de abonos orgánicos
  6. Parámetros a tener en cuenta en el proceso de compostaje
  7. Técnicas para realizar compostaje
  8. Lombricultura
  9. Manejo del lombricultivo
  10. Sistemas de producción
  11. Dosis y métodos de aplicación
  12. Uso de microorganismos, benéficos para la producción de abonos orgánicos
  13. Sistemas para el aprovechamiento de residuos orgánicos
  14. Consideraciones adicionales zona urbana y zona rural
- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6038 (2013)-SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO (SAC) CRITERIOS AMBIENTALES PARA LOS MATERIALES IMPRESOS**

Criterios para las industrias que fabriquen materiales impresos (Tecnologías, procesos, papeles, tintas y demás agentes que se encuentran involucrados en el proceso) para acceder al sello ambiental colombiano, cubriendo las siguientes etapas.

- Extracción de materias primas
- Fabricación de sustratos para impresión (Papel, Cartón, Material de empaque, entre otros)
- Fabricación de productos químicos para la impresión
- Impresión y procesos de acabado
- Embalaje, transporte y almacenamiento de materiales impresos
- Reutilización y reciclaje de materiales de desecho como papel
- Tratamiento y disposición de desechos



- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 24 (2009)-GESTIÓN AMBIENTAL. RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA LA SEPARACIÓN EN LA FUENTE.**

Guía Técnica que brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios. Igualmente da orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente.

En la guía se incluye:

- Criterios para la separación en la fuente
- Instrumentos para facilitar la separación en la fuente
- Recipientes e infraestructura urbanística
- Identificación de materiales y residuos
- Manejo de los residuos, transporte interno, almacenamiento temporal y entrega de los residuos al prestador

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 24 (2009)-GESTIÓN AMBIENTAL. RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA LA SEPARACIÓN EN LA FUENTE.**

Guía Técnica que brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios. Igualmente da orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente.

En la guía se incluye:

- Criterios para la separación en la fuente
- Instrumentos para facilitar la separación en la fuente
- Recipientes e infraestructura urbanística
- Identificación de materiales y residuos
- Manejo de los residuos, transporte interno, almacenamiento temporal y entrega de los residuos al prestador

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-8 (2007) GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE ENVASES Y EMBALAJES.**

Guía técnica que presenta directrices para reducir el impacto ambiental de los residuos de envases y del embalaje, de cualquier material, mediante la consideración de los aspectos relacionados con su minimización, identificación con propósitos ambientales, reutilización y procesos.

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-7: (2006) GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS NO PELIGROSOS.**

Suministra información sobre métodos de aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos.

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-2: (2004) GESTIÓN AMBIENTAL. RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS.**

Esta guía provee información que permite realizar una gestión integral de los residuos plásticos provenientes de la posindustria o del posconsumo, incluyendo lo relacionado con las etapas de separación en la fuente y la recolección selectiva.

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-4: (2003) GESTIÓN AMBIENTAL. RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA EL RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN.**

Guía técnica que establece las directrices para el aprovechamiento de los residuos de papel y cartón producto de los desperdicios de procesos industriales y de la recuperación posconsumo, para ser utilizada como materia prima en la industria papelera.

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 86: (2003) GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS -GIR-**

Guía técnica que presenta directrices para realizar la gestión integral de residuos, considera las siguientes etapas:

- Generación
- Separación en la fuente
- Presentación diferenciada
- Almacenamiento
- Aprovechamiento
- Transporte
- Tratamiento y disposición de los residuos

Todas las actividades de las etapas se encuentran enmarcadas dentro de un ciclo de mejoramiento continuo.

La guía está orientada para ser aplicada por generadores de residuos de tipo doméstico, industrial, comercial e institucional o de servicios.

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-5: (1999) GESTIÓN AMBIENTAL. RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS METÁLICOS.**

Guía técnica que suministra una herramienta para el adecuado manejo de los residuos metálicos no peligrosos, indicando los procesos de acondicionamiento para su aprovechamiento en las etapas de separación en la fuente, recolección, reciclaje y reutilización.

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-6 (1999)-RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PAPEL Y CARTÓN COMPUESTOS CON OTROS MATERIALES**

Tiene como objeto el brindar pautas que permitan a través de los diferentes métodos de aprovechamiento, realizar un manejo adecuado de los residuos de los papeles y cartones compuestos. Pretende aportar herramientas para realizar un manejo integral de los residuos de papel y cartón compuestos, tanto al nivel industrial como al de posconsumo. Comprende las etapas de:

- Separación en la fuente
- Recolección selectiva
- Metodologías de aprovechamiento

- **GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA 53-3: (1998) GESTIÓN AMBIENTAL. RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENVASES DE VIDRIO.**

Guía técnica que describe el proceso de reciclaje del vidrio proveniente de envases posconsumo para su aprovechamiento, con el fin de reincorporarlo al ciclo económico y productivo.

***Normas para evaluar las competencias laborales en reciclaje***

- **NORMA SECTORIAL DE COMPETENCIA LABORAL (NSCL) (20 de febrero, 2019) -NÚMERO 220201080**

El objeto de la Norma 220201080 es: **Recolectar residuos sólidos según procedimiento de aprovechamiento y normativa ambiental.** (Aplica al reciclador/a de oficio); evalúa actividades clave como manipular residuos y movilizar material. En desempeño evalúa gestión de riesgos, seguridad y salud en el trabajo, gestión ambiental, gestión de la información y otros.

A nivel de conocimiento evalúa:

- Aprovechamiento de residuos: concepto, técnicas de clasificación.
  - Aseo y limpieza: concepto, características, técnicas y métodos, tipos de productos, métodos de aplicación, protocolos. Carga: características, tipos, métodos de consolidación de carga.
  - Embalaje: concepto, tipos, técnicas de manejo.
  - Empaques: tipos, características, métodos de adecuación.
  - Equipos: tipos, características, métodos de conducción.
  - Herramientas: clases, métodos de uso, características.
  - Inspección: concepto, características, técnicas de manejo.
  - Normativa ambiental: conceptos, principios de manejo de residuos, tipos de residuos, métodos de clasificación.
  - Plan de recolección: características, contenidos, cronograma.
  - Residuos: concepto, características y tipos.
  - Primeros auxilios: protocolo de atención básica, contenidos del botiquín, tipos de lesiones menores.
  - Normativa salud y seguridad en el trabajo: tipos de elementos de protección personal, tipos de riesgos, enfermedades profesionales, posturas ergonómicas.
- **NORMA SECTORIAL DE COMPETENCIA LABORAL (NSCL) (20 de febrero, 2019) NÚMERO 220201081**

El objeto de la norma es **Recuperar residuos sólidos según procedimiento de aprovechamiento y normativa ambiental.** (Aplica al reciclador/a de oficio); la norma evalúa actividades clave como alistar materiales y aforar residuos. En desempeño evalúa gestión de riesgos, seguridad y salud en el trabajo, gestión ambiental, gestión de la información y otros.

A nivel de conocimiento evalúa:

- Aseo y limpieza: concepto, características, técnicas y métodos, tipos de productos, métodos de aplicación.
- Elementos de protección personal: tipos y técnicas de usos, condiciones de trabajo seguro, tipos materiales peligrosos.
- Embalaje: tipos y técnicas de manejo.
- Herramientas: clases, características, técnicas de uso.
- Material recuperable: tipos, características de conformidad y no conformidad, procedimientos de selección y de separación.
- Normativa ambiental: técnicas de manejo, características de disposición.
- Planillas: características, tipos.
- Riesgos: concepto, clases, características y técnicas de manejo.
- Rotulado: tipos, características.
- Unidades de medida: concepto, tipos, características, instrumentos.

- **NORMA SECTORIAL DE COMPETENCIA LABORAL (NSCL) (11 de diciembre, 2017)-NÚMERO 280201225**

El objeto de la Norma es **Supervisar actividades de servicio de aseo de acuerdo con planeación y normativa**, esta norma evalúa actividades clave como asignar recursos y controlar calidad del servicio. En desempeño general evalúa gestión de contingencias, seguridad y salud en el trabajo, gestión ambiental y gestión de la información.

A nivel de conocimiento evalúa:

- Rutas: tipos y características de macro y micro rutas.
- Normativa: Reglamento técnico de agua y saneamiento básico: Servicio de aseo, seguridad y salud en el trabajo, normas ambientales en el manejo de residuos sólidos, debido proceso, código nacional de tránsito y código de policía.
- Planos: Interpretación de información y esquemas de rutas.
- Matemáticas: regla de tres simple y compuesta, porcentajes, promedios, conversión de unidades, cálculos de velocidad, longitud, área y volumen.
- Programación de actividades: asignación de recursos, programación de personal, asignación de actividades del servicio de aseo.
- Manejo de información: técnicas de registro de datos, análisis de información y presentación de informes, manejo del conducto regular organizacional.
- Impactos ambientales: medidas de mitigación y control de aspecto e impactos.
- Insumos: Materiales para limpieza de vías, herramientas de recolección de residuos. Método de manejo de inventarios.
- Gestión de la información: El reporte de información corresponde con protocolo técnico.

## **ANEXO 2.2.**

### **Marco legal aplicable para los residuos orgánicos**

## **Marco legal general**

El marco normativo relacionado con la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) y la prestación del Servicio Público de Aseo (SPA) en Colombia es bastante amplio y tiene su origen principalmente en el Código Nacional de Recursos Naturales reglamentado mediante el Decreto Ley 2811 de 1974, la Constitución Política de Colombia emitida en el año 1991 y la Ley de Servicios Públicos No. 142 de 1994<sup>44</sup>.

El Artículo 311 de la Constitución Política Nacional de Colombia<sup>45</sup>, se señala que es responsabilidad de los municipios y distritos velar porque la prestación del servicio público de aseo se de en el marco de una adecuada planeación y gestión integral de los residuos sólidos en todo su territorio. La planeación debe estar orientada a disminuir o prevenir la generación de residuos, promoviendo el aprovechamiento, la valorización, el tratamiento y la disposición final<sup>46</sup>.

En este sentido el Consejo de Estado de Colombia, ha indicado que a los municipios les compete velar por la efectiva prestación del servicio público y el manejo de los residuos sólidos domésticos, directamente o a través de terceros; de ahí que corresponda principalmente a los municipios promover, financiar o cofinanciar proyectos de interés municipal, particularmente en lo relacionado con la construcción, ampliación, rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura de los servicios públicos domiciliarios.

La GIRS ha sido analizada sistemáticamente en Colombia, durante los últimos años, estableciéndose reglamentaciones sectoriales y multisectoriales. Se ha convertido en uno de los ejes importantes tratados mediante la promulgación de políticas y legislaciones, que han venido a desarrollar planes y programas cuyos objetivos se enlazan en el logro de mejores resultados en las diferentes fases del manejo integral de residuos sólidos. Este avance se proyecta desde un modelo económico tradicional de producción y de consumo lineal, hasta la promoción y el desarrollo del avance gradual hacia una economía circular, a través del diseño de instrumentos y estrategias en el marco de la GIRS.

Por otra parte, la normatividad se ha ampliado a la promoción de la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos como bases para fomentar la prevención, reutilización y adecuada separación en la fuente.

A partir de políticas nacionales, se quiere lograr que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo, que los residuos y el uso de recursos se reduzcan al mínimo, y que los recursos se conserven dentro de la economía cuando un producto ha llegado al final de su vida útil; esto con el objeto de volverlos a utilizar repetidamente y seguir creando valor, dentro de la filosofía de la “cadena de valor” de la economía circular.

Estas leyes, políticas y sus normas reglamentarias son promulgadas, según la competencia, por diferentes entidades gubernamentales del orden nacional, regional y local; principalmente y para el caso del servicio público de aseo por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda); la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA<sup>47</sup>, y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios –

44 “Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones”

45 Artículo 311. Al municipio como entidad fundamental de la división político – administrativa del Estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y las leyes.

46 Ver Marco de Gestión Ambiental y Social. Banco Mundial República de Colombia. Co-programa Nacional MRS

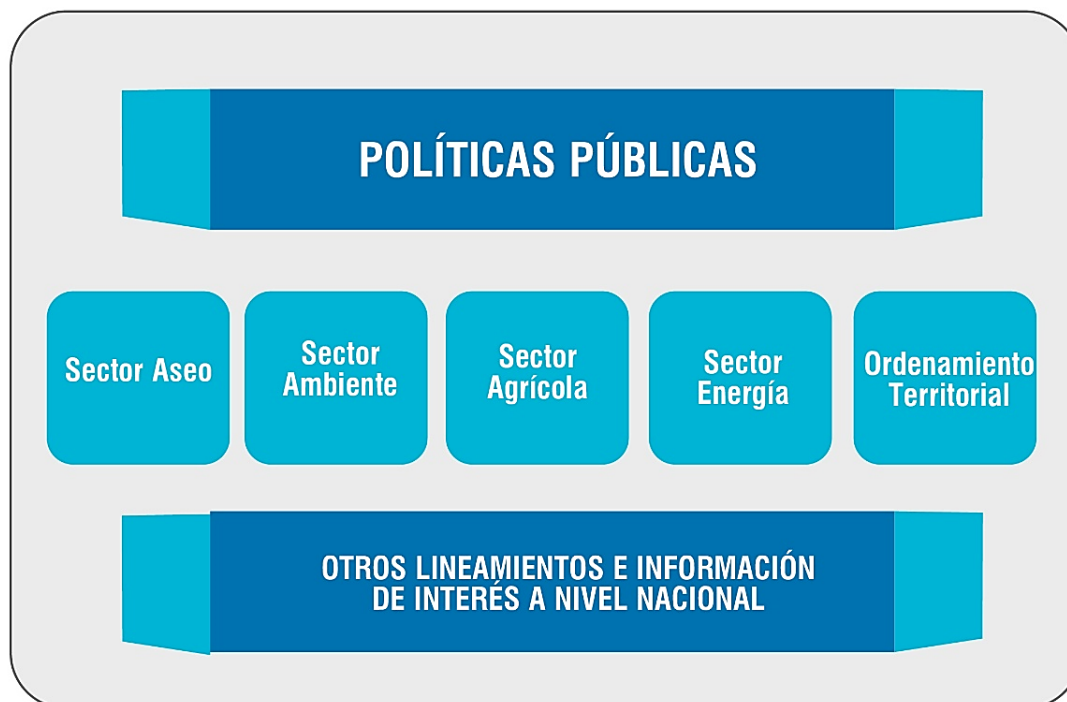
47 Entidad adscrita al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio



SSPD<sup>48</sup>; y para el caso de la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente).

Como ya se mencionó, el marco normativo de la GIRS es muy amplio y variado. Por lo tanto, se priorizan las normas relacionadas con la gestión de los residuos orgánicos y aquellas que se relacionan con su potencial mercado.

**Figura 64. Marco normativo relacionado con la gestión de los ROM**



Fuente: GOPA Infra, 2023

### Políticas Públicas

- Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos (1998)

Desde el año 1998 esta política establece unos principios que aún hoy en día se encuentran vigentes como son reducción en el origen, el aprovechamiento y valorización, tratamiento y transformación, así como disposición final controlada.

Es la primera política en donde se reconoce de manera explícita para el país la jerarquía de los residuos y la posibilidad de valorización de estos; en este sentido, se trazaron tres objetivos fundamentales: i) minimizar la cantidad de residuos que se generan, ii) aumentar el aprovechamiento y valorización de los residuos y iii) mejorar los sistemas de tratamiento y eliminación de los mismos.

- Documento CONPES<sup>49</sup> 3530 de 2008: Lineamientos y estrategias para fortalecer el Servicio Público de Aseo (SPA) en el marco de la GIRS

Establece entre otros la necesidad de: (1) Elaborar e implementar desarrollos normativos, realizando una divulgación adecuada, (2) Desarrollar conocimiento de los requerimientos técnicos reglamentados para la ubicación, construcción y autorizaciones requeridas en la implementación de infraestructuras necesarias para

<sup>48</sup> Entidad adscrita al Departamento Nacional de Planeación – DNP

<sup>49</sup> Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional De Planeación (DNP)

optimizar la gestión de los residuos sólidos. (3) Establecer los mecanismos para evaluar y ajustar la calidad, viabilidad y seguimiento de los esquemas de planeación integral del servicio público de aseo, mejorando la articulación de las inversiones (4) Priorizar los recursos de inversión para esquemas regionales que beneficien la mayor parte de la población y generen economías de escala, cuando esto sea posible, enfocados en la implementación de los PGIRS. Así, en lo posible generar la sinergia requerida para una inversión más eficiente. (5) Definir un esquema de aprovechamiento y reciclaje organizado que permita establecer las acciones necesarias para abrir mercados y llevar a que los esquemas sean sostenibles en el mediano y largo plazo.

- Documento CONPES No. 3700 de 2011: Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia

La estrategia, cuyo objetivo es facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, logrando la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo, mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial.

En este CONPES se consigna la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) cuyos objetivos consisten en (1) Identificar y valorar acciones que estarán encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores crecen; (2) Empoderar y motivar a los sectores para tomar decisiones que reduzcan sus emisiones a futuro, alcanzando al mismo tiempo las metas de crecimiento que tienen y generando beneficios sociales, económicos y ambientales; (3) Desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país con impacto en emisiones GEI, así como de NAMAs (Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional) y de proyectos emblemáticos de mitigación en cada sector; (4) Establecer metas de reducción de emisiones en el largo plazo acordes con el contexto y la realidad nacional y concordantes con las decisiones y estándares internacionales; entre otros.

En tanto es sabido que la fracción orgánica de los residuos sólidos tiene una contribución importante en la emisión de GEI, esta Política resulta relevante en la gestión de dichos residuos. Es en el marco de las NAMAs que se ha impulsado la investigación relacionada con la fracción orgánica.

- Documento CONPES No. 3874 de 2016: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos

A través de esta política se incorporaron los diversos instrumentos de la agenda internacional, tales como: (1) el cumplimiento de las metas establecidas por el país en el acuerdo COP 21, - en particular reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030-; (2) el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con el logro de cuatro metas en los objetivos relacionados con ciudades y comunidades sostenibles (11.6)<sup>50</sup> y con producción y consumos responsables (12.3<sup>51</sup> y 12.5<sup>52</sup>) y iii) los requerimientos del Comité de Política Ambiental de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico OCDE, para el ingreso de Colombia a dicha organización.

<sup>50</sup> ODS11, meta 6: Minimizar el impacto ambiental de las ciudades.

<sup>51</sup> ODS12, meta 3: Reducir a la mitad los residuos mundiales de alimentos per cápita.

<sup>52</sup> ODS12, meta 5: Reducir sustancialmente la generación de residuos.

Con esta política se plantea la transición hacia una economía circular, la cual tiene como objetivo lograr que el uso de los productos y materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo. A su vez la política establece un orden de preferencia de medidas conducentes a reducir y gestionar los residuos, lo que se conoce como jerarquía en la gestión de los residuos: prevención, reutilización, aprovechamiento (reciclaje), tratamiento de residuos no aprovechables para: (i) la reincorporación de los materiales a procesos productivos (p. ej. el compostaje o la digestión anaeróbica); (ii) la valorización a través de generación de energía antes de ser dispuestos; o (iii) la reducción del volumen o tamaño antes de su disposición final. La última medida en términos de prioridad es la disposición final, ya sea en rellenos sanitarios o mediante incineración sin valorización energética. Esta medida es el último recurso para los residuos sólidos que no se han podido evitar, desviar o recuperar en los pasos anteriores.

**Figura 65. Jerarquía de los residuos**



Fuente: CONPES 3874 de 2016

Para implementar la gestión integral en este sentido, la Política fijó los siguientes objetivos específicos: (1) Promover la economía circular, a través del diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos, (2) Promover la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos, con el fin de prevenir la generación de residuos, promover la reutilización e incrementar los niveles de separación en la fuente y de aprovechamiento (3) Generar un entorno institucional propicio para la coordinación entre actores que promueva la eficiencia en la gestión integral de residuos sólidos (4) Mejorar el reporte, monitoreo, verificación y divulgación de la información sectorial para el seguimiento de la política pública.

Las acciones relacionadas a la Política están encaminadas a alcanzar las metas establecidas en un horizonte de 14 años (2016-2030), y se propone implementar esquemas de tratamiento de residuos sólidos, principalmente orgánicos, que optimicen la operación de los rellenos sanitarios y permitan la incorporación paulatina de tecnologías complementarias para la valorización de los residuos sólidos.

Asimismo, el CONPES se enmarca en el capítulo de Crecimiento Verde del Plan Nacional de Desarrollo, en el que se incluye un componente de "Producción y Consumo Sostenible, y Posconsumo", en el marco de la estrategia para "Mejorar la calidad

ambiental a partir del fortalecimiento del desempeño ambiental de los sectores productivos, buscando mejorar su competitividad”.

El CONPES indica como recomendación: *“7. Solicitar al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrollar los estudios y ajustes normativos señalados en la definición de la política: internalización de costos ambientales y a la salud, responsabilidad extendida del productor en envases y empaques, tratamiento de residuos, entre otros”.*

- CONPES 3918 de 2018: Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia

Esta política define la estrategia de implementación de los ODS en Colombia, estableciendo el esquema de seguimiento, reporte y rendición de cuentas, el plan de fortalecimiento estadístico, la estrategia de implementación territorial y el mecanismo de interlocución con actores no gubernamentales.

- CONPES 3934 de 2018: Política de Crecimiento Verde

La política en su segundo eje busca mejorar el uso de los recursos naturales en los sectores económicos de manera que sean más eficientes y productivos, y se reduzcan y minimicen los impactos ambientales y sociales generados por el desarrollo de las actividades productivas.

Específicamente para el caso del tratamiento de residuos orgánicos, en la política se establece que en el país existe poca infraestructura para el tratamiento de residuos y hay ausencia de criterios y lineamientos para identificar las zonas idóneas para la ubicación de la infraestructura para el tratamiento de residuos y los recursos de financiación para dicha infraestructura se destinan principalmente a rellenos sanitarios. Por lo tanto, se solicita a Minvivienda la realización de (1) un documento técnico que contenga las directrices y criterios para la ubicación de la infraestructura de acopio y tratamiento de residuos (2) un documento técnico con el estudio de tipos de infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos.

El CONPES también solicita a Minagricultura incorporar en los instrumentos financieros existentes un componente que permita apalancar las actividades agropecuarias que incluyan criterios de crecimiento verde como el uso eficiente del agua y del suelo, el uso de fertilizantes orgánicos, el desarrollo de la agroecología, entre otros.

- Política de Gestión Ambiental Urbana (2008).

Esta política emitida por Minambiente está dirigida a definir principios e instrumentos que orienten a gestionar y manejar el medio ambiente al interior de las zonas urbanas, de acuerdo con problemáticas ambientales específicas. Para el caso de los residuos sólidos exige la definición de estrategias e implementación de programas e incentivos para disminuir la generación de residuos de alto impacto. Además de crear mecanismos tendientes a minimizar la generación de residuos, reducir su proceso, reciclar y reusar. Coloca como principales actores al Ministerio de Ambiente, Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial, autoridades ambientales y entes territoriales<sup>53</sup>.

53 Ver Política de Gestión Ambiental Urbana. ISBN: 978-958-8491-14-1

- Política de Producción y Consumo Sostenible (2010).

Se actualizan e integran la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del gobierno colombiano para promover el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población.<sup>54</sup>

Respecto a los residuos sólidos esta política promueve la producción y consumo sostenible, que incluye el diseño de productos y servicios con criterios ambientales que faciliten procesos de aprovechamiento y valorización de los residuos.

- Política Nacional para la Gestión Sostenible del Suelo (Minambiente, 2015).

En esta política se establecen seis líneas estratégicas para su ejecución.

La línea estratégica 4 está relacionada con el monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, y tiene como objetivo fundamental desarrollar los mecanismos y acciones que permitan implementar programas para evitar y mitigar los efectos de la degradación del suelo en Colombia.

- Política Nacional de Cambio Climático – PNCC (2017)

El objetivo de esta Política es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera.

entro de la estrategia de desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima se establece lo siguiente: *“Incentivar la reducción constante de la generación de residuos sólidos y líquidos urbanos, así como el reúso, reciclaje y/o el aprovechamiento de residuos, incluyendo la valorización energética de los residuos antes de que lleguen a disposición final*

- Ley 1955 de 2019: Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022.

En el documento “Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, en el punto IV “Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo” y en el literal C se establece que una economía productiva, eficiente y sostenible, requiere del esquema de economía circular. En concordancia, establece que Minvivienda, con el apoyo de Minambiente, fomentarán el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos, para lo cual definirán criterios para la ubicación de infraestructura de recuperación de materiales y avanzarán en la implementación de proyectos tipo para su financiación con enfoque de cierre de ciclos; por su parte, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) incluirá los costos ambientales y la remuneración del aprovechamiento y el tratamiento en los marcos tarifarios; y se establece una meta del cuatrienio en cabeza de Minvivienda de pasar de una tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos de 8,7% a 15,4%. De esta manera, con el PND se llevó a rango legal la recomendación dada a la CRA en el documento CONPES 3874 de 2016.

<sup>54</sup> Política de Producción y Consumo Sostenible. MinAmbiente 2010.



Figura 66. Principales políticas públicas



Fuente: GOPA Infra, 2023

### Sector Aseo

Una vez analizadas y expuestas las principales políticas a nivel nacional en la materia, se presentan a continuación aquellas leyes, decretos y demás normas reglamentarias que son la base fundamental y conceptual de la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos orgánicos y la prestación del SPA.

- Ley 142 de 1994. La Ley establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, dentro de los cuales se incluye el servicio público de aseo

La actividad de aprovechamiento de los residuos sólidos en el país tiene como antecedente principal la Ley 142 de 1994, donde se define en el artículo 14, el servicio público domiciliario de aseo como el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos y las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los mismos.

- Decreto 1077 de 2015: Decreto único reglamentario del sector vivienda

La prestación del SPA está reglamentada en el Título II de este decreto, en donde se incluyen todas las disposiciones normativas relacionadas con los aspectos técnicos, comerciales y demás disposiciones para una adecuada prestación de este servicio público incluyendo criterios para la implementación del tratamiento de residuos.



El decreto establece que la CRA deberá incentivar el desarrollo de la actividad complementaria de tratamiento y define la actividad de tratamiento como "la actividad del servicio público de aseo, alternativa o complementaria a la disposición final, en la cual se propende por la obtención de beneficios ambientales, sanitarios o económicos, al procesar los residuos sólidos a través de operaciones y procesos mediante los cuales se modifican las características físicas, biológicas o químicas para potencializar su uso. Incluye las técnicas de tratamiento mecánico, biológico y térmico.

También establece que hacen parte del SPA sus actividades complementarias de i) recolección, ii) transporte, iii) barrido y limpieza de vías y áreas públicas, iv) corte de césped, poda de árboles en vías y áreas públicas, v) transferencia, vi) tratamiento, vii) aprovechamiento, viii) disposición final y ix) lavado de áreas públicas.

A su vez el decreto establece que le corresponde a los municipios y distritos elaborar, implementar y mantener actualizado el PGIRS, en el marco de la gestión integral de los residuos. El PGIRS se constituye, así, en un instrumento de planeación municipal o regional (varios entes territoriales) que busca el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo en los ámbitos municipal o regional, cuya formulación e implementación deberá estar en consonancia con los Planes de Ordenamiento Territorial<sup>55</sup>.

Es importante informar que, durante el año 2015, el gobierno nacional de Colombia expidió 20 decretos únicos reglamentarios que eliminan cerca de 10 mil normas dispersas que estaban vigentes<sup>56</sup>; dentro de los cuales se encuentran los. Teniendo en cuenta la necesidad de abordar las normas específicas aplicables al proyecto, se presenta de forma "particular" la legislación aplicable en materia del SPA y que para la mayoría de los casos se encuentra contenida en este decreto único reglamentario.

- Decreto 2981 de 2013: Reglamenta la prestación del servicio público de aseo

Establece el marco legal de la actividad de aprovechamiento como componente del SPA. En el artículo 2 se define el aprovechamiento como: la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje.

- Decreto 2041 de 2014: Licencias Ambientales

En este decreto se definen los proyectos obras o actividades que son objeto de licenciamiento ambiental, entre las cuales se encuentran la construcción y operación de sistemas de tratamiento de residuos orgánicos y de rellenos sanitarios.

Allí se define que se requiere licencia ambiental para la construcción y operación de plantas cuyo objeto sea el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a veinte mil (20.000) toneladas/año.

- Resolución CRA 720 de 2015 y Resolución 853 de 2018: Regulación tarifaria del SPA

La gestión de los residuos sólidos domiciliarios en Colombia se financia mediante un Marco Tarifario en el que se consideran distintos segmentos de prestadores de servicio, segmentos que se definen según la cantidad de población o número de usuarios a los

<sup>55</sup> AIN Costos Ambientales

<sup>56</sup> <https://safetia.co/decretos-unicos-reglamentarios-en-colombia/>

que prestan su servicio. Así, se cuenta con una tarificación diferente para cada uno de estos segmentos, y a través de este mecanismo se establece un precio techo (máximo) mediante el cual se limita el cobro final que las empresas pueden imputar a los suscriptores (viviendas). Además, el Gobierno interfiere para que los estos paguen en relación con su nivel socioeconómico<sup>57</sup>. Este mecanismo tarifario se desarrolló considerando que Colombia permite una libre competencia regulada, entre los prestadores del servicio, donde el Estado establece reglas para limitar los cobros máximos (Ley 142 de 1994).

El país cuenta con dos marcos regulatorios a los cuales deben someterse las personas prestadoras del SPA:

- a) La Resolución CRA 853 de 2018 que aplica principalmente para municipios de hasta 5.000 suscriptores en área urbana.
- b) La Resolución CRA 720 de 2015: para las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan municipios de más de 5.000 suscriptores y operadores de rellenos sanitarios que reciban más de 300 toneladas de residuos al mes.

En estas dos resoluciones se establecen fórmulas para determinar los costos de la tarifa y se incluye una remuneración por (1) la disposición final en relleno sanitario, (2) el tratamiento de lixiviados y (3) la actividad de aprovechamiento en el marco del SPA. Por último, está la actividad de tratamiento<sup>58</sup> que se reconoce dentro de la fórmula, pero sólo en la Resolución CRA 853 de 2018. Es decir que sólo aplica a pequeños prestadores.

Sin embargo, el artículo 31 de la Resolución 720 de 2015 establece que *“Podrán emplearse alternativas a la disposición final en relleno sanitario siempre y cuando éstas cuenten con los permisos y autorizaciones ambientales requeridas y el costo a trasladar a los usuarios en la tarifa no exceda el valor resultante de la suma del Costo de Disposición Final definido en el artículo 28 y el costo de tratamiento de lixiviados por escenario definido en el artículo 32 por tonelada a pesos de diciembre de 2014. Dichos costos corresponden a la disposición final y tratamiento de lixiviados del municipio y/o distrito donde se pretenda emplear la alternativa”*.

Este aspecto tiene frenada la transición hacia el tratamiento diferenciado de los residuos orgánicos en las ciudades, en tanto la actividad no es reconocida como actividad de valorización.

- Decreto 1784 de 2017. Ajusta el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo

El objetivo de esta reglamentación es promover y facilitar la planificación, construcción y operación de rellenos sanitarios en el país y los procesos para el tratamiento de residuos sólidos, con el fin de controlar y reducir los impactos ambientales en la disposición final de residuos sólidos.

57 Implementa Sur Climate Action (2019) Asesoría sobre el Manejo de residuos orgánicos generados a nivel Municipal En Chile. Informe 3 – Diagnóstico.

58 Este rubro fue calculado tomando como referencia la tecnología de compostaje de residuos orgánicos en pilas estáticas con aireación forzada que es de amplio conocimiento y aplicación en el país.

El mencionado Decreto, en el capítulo 6 reglamenta las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de tratamiento de residuos sólidos en el marco de la prestación del SPA. Estas condiciones incluyen la localización de áreas para desarrollar esta actividad, así como la selección de tratamiento a implementar, acorde con los estudios de población, proyección de generación de residuos, análisis de viabilidad financiera y económica, así como la sostenibilidad empresarial.

- Resolución 938 de 2019 “Reglamenta el Decreto 1784 de 2017 en lo relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo”.

En este acto administrativo el MinVivienda establece, entre otros, la definición de criterios para la ubicación de infraestructura de tratamiento de residuos en el marco del SPA.

- Decreto 802 de 2022. Por el cual se sustituye el capítulo 7, al título 2, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Este Decreto sustituye al Decreto 2412 de 2018 mediante el cual se reglamentó el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015 en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio expidió el Decreto 2412 de 2018, de acuerdo a lo mencionado en su artículo 2, este entró en vigencia a partir del 1 de agosto de 2019. En el marco de la implementación del citado Decreto se identificaron dificultades en su aplicación, relativas a la operatividad del Comité del Incentivo, que condujeron a que ningún proyecto fuera beneficiario de los recursos del IAT, por lo que el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio después de analizar las oportunidades de mejora detectadas en el funcionamiento del Comité del Incentivo y mesas de trabajo desarrolladas con los diferentes actores determinó la necesidad de efectuar algunos ajustes con el fin de facilitar la aplicación del Incentivo y la promoción de las actividades de aprovechamiento y tratamiento en el servicio público de aseo.

- Resolución 547 de 2022. Por la cual se reglamenta el capítulo 7, del título 2, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, en lo relacionado con los criterios de elegibilidad y demás aspectos de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos

Se reglamenta lo relacionado con los criterios de elegibilidad y demás aspectos de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos (IAT).

- Resolución 754 de 2014. Metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS

En esta resolución permite a los municipios y distritos contar con una herramienta de planeación orientada a asegurar el adecuado manejo de los residuos sólidos se establecen las responsabilidades, la adopción, las articulaciones, el aprovechamiento y la estructura que debe tener todo PGIRS que se establezca e implemente en el territorio nacional.

- Resolución 330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

En esta resolución se establecen los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. En este reglamento se determinan los requisitos técnicos para la actividad de tratamiento de los residuos orgánicos.

- Resolución 2184 de 2019. Código de colores para la separación de residuos en la fuente

La resolución establece un código único a nivel nacional de colores para la separación de residuos en la fuente, el cual empezará a regir en el 2021, de la siguiente manera: (1) Color blanco: Para depositar los residuos aprovechables (plástico, vidrio, metales, papel y cartón) (2) Color negro: Para depositar residuos no aprovechables y (3) Color verde: Para depositar residuos orgánicos aprovechables como los restos de comida, desechos agrícolas etc.

El código de colores debe ser adoptado por los municipios o distritos que adelanten programas de aprovechamiento conforme a sus Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y su propósito es simplificar la separación en la fuente en los hogares.

No obstante, la norma no establece un periodo de tiempo para su cumplimiento.

- Resolución 2674 de 2013 Manejo de residuos orgánicos para grandes generadores.

Esta resolución, expedida por el Ministerio de Salud aplica para Empresas de Expendio de Alimentos y Grandes Generadores <sup>59</sup> (Centros Comerciales, Cadenas de Restaurantes, Restaurantes, Catering, Empresas dedicadas al Procesamiento y Conservación de Alimentos, Hoteles, entre otras), y establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos. En el numeral Capítulo 1 en el inciso 5 sobre disposición de residuos sólidos, se reglamenta que las personas naturales o jurídicas deben cumplir con los requisitos sanitarios en la Preparación y Almacenamiento de Alimentos: *“5.4. Cuando se generen residuos orgánicos de fácil descomposición y no se disponga de un mecanismo adecuado de evacuación periódica se debe disponer de cuartos refrigerados para el manejo previo a su disposición final”*. Los mecanismos de evacuación periódica se deben cumplir a cabalidad para impedir la contaminación de los alimentos.

Este requerimiento impulsa a los grandes generadores a contratar gestores de residuos orgánicos, con la finalidad de evitar incurrir en los costos de refrigeración.

<sup>59</sup> Grandes generadores o productores: Son los suscriptores y/o usuarios no residenciales que general y presentan volúmenes superiores a un metro cúbico mensual.

- Resolución 288 de 2020: Lineamientos para la formulación de metas de cobertura, calidad, continuidad y aseguramiento en el acceso a agua potable y saneamiento básico

Establece los lineamientos para la formulación de metas de cobertura, calidad, continuidad y aseguramiento en el acceso a agua potable y saneamiento básico que deberá definirse en los planes de desarrollo municipal, distrital y departamental para el periodo 2020-2024. Entre las acciones a adelantar por los entes territoriales, establece el objetivo de “Disponer adecuadamente los residuos sólidos y promover el tratamiento y aprovechamiento, en el marco de la economía circular”. También exige que el plan sectorial esté articulado con los instrumentos de planificación municipal, departamental, nacional y con los planes de inversión de los prestadores de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. Incluye indicadores de cobertura y de aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos en la zona urbana.

- Ley 1990 de 2019: Crea la Política para prevenir la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos.

Su objeto es crear la Política contra la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos (PDA), estableciendo medidas para reducir estos fenómenos, contribuyendo al desarrollo sostenible desde la inclusión social, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico, promoviendo una vida digna para todos los habitantes. En tanto las PDA son residuos orgánicos, esta política le apunta a prevenir la generación de estos residuos, aspecto que representa el primer paso a implementar en la jerarquía de los residuos.



Figura 67. Principales normativas del Sector Aseo



Fuente: GOPA Infra, 2023



## Sector Ambiente

- Decreto 1076 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente

Como se mencionó previamente, durante el año 2015, el gobierno nacional de Colombia expidió 20 decretos únicos reglamentarios que eliminan cerca de 10 mil normas dispersas que estaban vigentes<sup>60</sup>. Teniendo en cuenta la necesidad de abordar las normas específicas aplicables del proyecto, se presenta de forma “particular” la legislación aplicable en materia ambiental y que para la mayoría de los casos se encuentra contenida en este decreto único reglamentario.

- Decreto Ley 2811 de 1974. Código de Recursos Naturales Renovables

Se trata de una de las normas generales de la política ambiental.

Para el caso de los residuos, ésta señala en el artículo 8, que se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros, la acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y desperdicios, y el artículo 35 del mismo Código señala la prohibición de “descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y, en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos”.

- Ley 99 de 1993. Ley del medio ambiente

Esta ley crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.

La ley garantiza la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla. De acuerdo, con esta ley es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

- Ley 1333 de 2009: Ley sancionatoria por infracción de la normatividad ambiental

En esta ley se establece el procedimiento sancionatorio ambiental, a partir de la cual se previenen los factores de deterioro ambiental por medio de la imposición de sanciones legales y que exigen la reparación de los daños causados. Fue reglamentada por el Decreto 3678 de 2010, el cual está compilado en el mencionado Decreto 1076 de 2015. Como la producción de residuos sólidos genera costos ambientales asociados a la carga contaminante del suelo, del aire y de las fuentes de agua, al deterioro ambiental y al impacto en la calidad de vida de los habitantes, la Ley 1333 es una herramienta jurídica que propende por la reducción de estos efectos. Las infracciones ambientales se entienden como toda acción u omisión que constituya violación de las normas contenidas en el Código de Recursos Naturales Renovables, Decreto-ley 2811 de 1974, en la Ley 99 de 1993 y en la Ley 165 de 1994, así como, la comisión de un daño al medio ambiente.

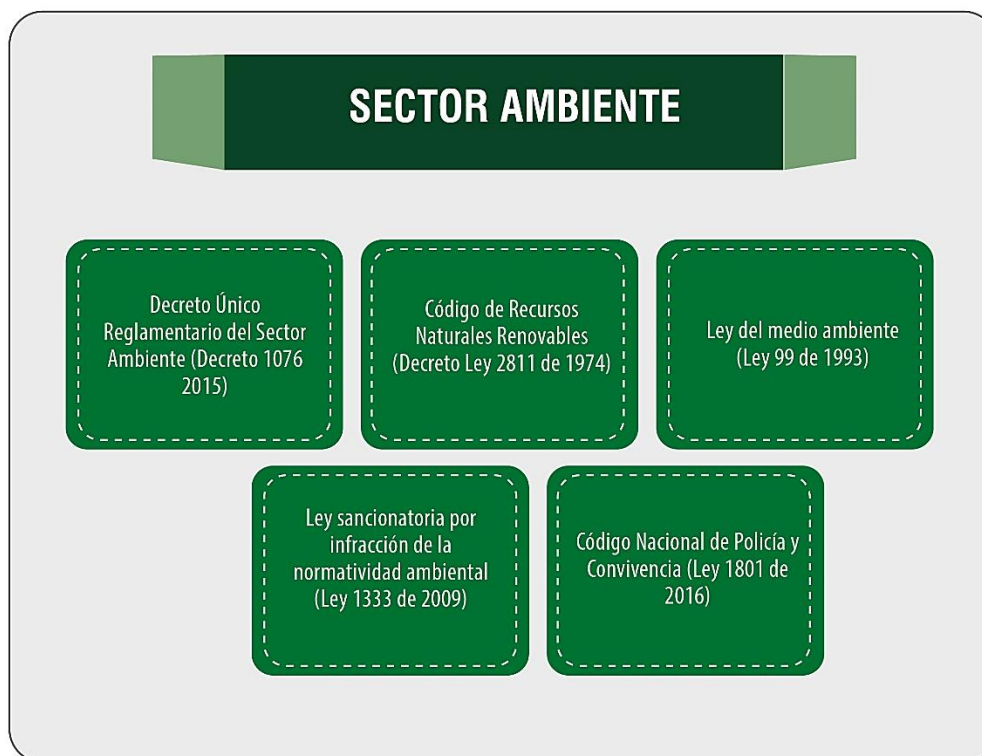
---

60 <https://safetya.co/decretos-unicos-reglamentarios-en-colombia/>

- Ley 1801 de 2016: Código Nacional de Policía y Convivencia

Para efectos del presente trabajo, cabe resaltar que el Código, en su artículo 94 establece una multa por “2. No separar en la fuente los residuos sólidos, ni depositarlos selectivamente en un lugar destinado para tal efecto.”

**Figura 68. Principales normativas del Sector Ambiente**



Fuente: GOPA Infra, 2023

## Sector Energía

A continuación, se exponen algunas normas que pueden servir para el desarrollo de proyectos de valorización de ROM con generación de energía, las cuales se encuentran en cabeza de Minambiente y de Minminas. La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) son entidades adscritas a Minminas.

La Ley 143 de 1994 establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional. En ella se establece que es permitido para todos los agentes económicos construir plantas generadoras, con sus respectivas líneas de conexión a las redes de interconexión y transmisión. También establece que, para los proyectos de generación de propósito múltiple, de los cuales se deriven beneficios para otros sectores de la economía, el Gobierno nacional establecerá mecanismos para que estos sectores contribuyan a la financiación del proyecto en la medida de los beneficios obtenidos. La ley incluye también un Reglamento de Operación del sistema interconectado. De esta Ley se desprende el Decreto Único Reglamentario del Sector Minas y Energía, adoptado a través del Decreto 3087 de 2007, en donde se regula el servicio público domiciliario de energía.

Si se tratara de una Fuente No Convencional de Energía Renovable (FNCER), lo establecido en las Leyes 142 y 143 de 1994 se complementan con las siguientes leyes:

- Ley 697 de 2001: Fomenta el uso racional y eficiente de la energía y promueve la utilización de energías alternativas.

Bajo esta ley se crea el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) y se le otorga al Ministerio de Minas y Energía la responsabilidad de formular los lineamientos de política, estrategias e instrumentos para el fomento y la promoción de las FNCE. Entre sus objetivos está estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de FNCE, principalmente renovables, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables, entre otros. Bajo el PROURE se crea la Resolución 196 de 2020 de la UPME, que establece los pasos para que proyectos de gestión eficiente de la energía puedan acceder a beneficios tributarios, deducción de renta y exclusión del IVA.

- Ley 1715 de 2014: Regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.

Esta ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable (entre las que se encuentra la biomasa), en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las Zonas No Interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.

Los interesados en realizar inversiones en proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía y Gestión Eficiente de la Energía, podrán acceder a los incentivos tributarios enunciados por la Ley, una vez se cumplan los requisitos y procedimientos establecidos por las entidades pertinentes.

El Decreto 2143 de 2015 del Ministerio Minas y Energía, Hacienda y Crédito Público, Comercio, Industria y Turismo y de Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrolla los incentivos previstos en la ley.

Las resoluciones que reglamentan el procedimiento para acceder a los incentivos son:

- Resoluciones 520 y 638 de 2007 y Resolución 143 de 2016 de la UPME-Registro de proyectos.
- Resolución 045 de 2016 de la UPME.
- Resolución 1283 de 2016 del MinAmbiente.
- Resolución 186 de 2012 del MinAmbiente.

A continuación, se indican cuáles son los incentivos previstos en este marco normativo:

**Tabla 53. Incentivos de la Ley 1715 de 2014**

Beneficios	Descripción general
Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta	Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones. El valor a deducir anualmente no puede ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente.

Beneficios	Descripción general
Depreciación acelerada	Gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.
Exclusión de bienes y servicios de IVA	Por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados.
Exención de gravámenes arancelarios	Exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con FNCE.

Fuente: Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

Con respecto a las condiciones de conexión al Sistema de Transmisión Nacional, éstas se establecen en las Resoluciones CREG-001 de noviembre de 1994 (Artículos No: 21, 22 y 23), y para la conexión a los Sistemas de Transmisión Regionales o Sistemas de Distribución Local, son las contenidas en la Resolución CREG-003 de noviembre de 1994 (Artículos No: 18, 19 y 20). Igualmente, el procedimiento está reglamentado por la Resolución CREG-075 de 2021 mediante la cual se centralizan las solicitudes de asignación de capacidad de transporte a través de la Ventanilla Única de la UPME.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta las siguientes resoluciones de la CREG:

- Resolución CREG 086 de 1996, por la cual se reglamenta la actividad de generación con plantas menores de 20 MW que se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- Resolución CREG 020 de 1996, por la cual se dictan normas con el fin de promover la libre competencia en las compras de energía eléctrica en el mercado mayorista.
- Resolución CREG 030 del 2018, por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. Tiene como objeto regular los aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala (AGPE) y de la generación distribuida (GD) al Sistema Interconectado Nacional (SIN) para autogeneradores a pequeña escala, gran escala (mayores a 1 MW y menores o iguales 5 MW), generadores distribuidos (GD) y a los comercializadores que los atienden, a los operadores de red y transmisores nacionales.
- Resolución CREG 119 de 2007, por la cual se aprueba la fórmula tarifaria general que permite a los Comercializadores Minoristas de electricidad establecer los costos de prestación del servicio a usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional.

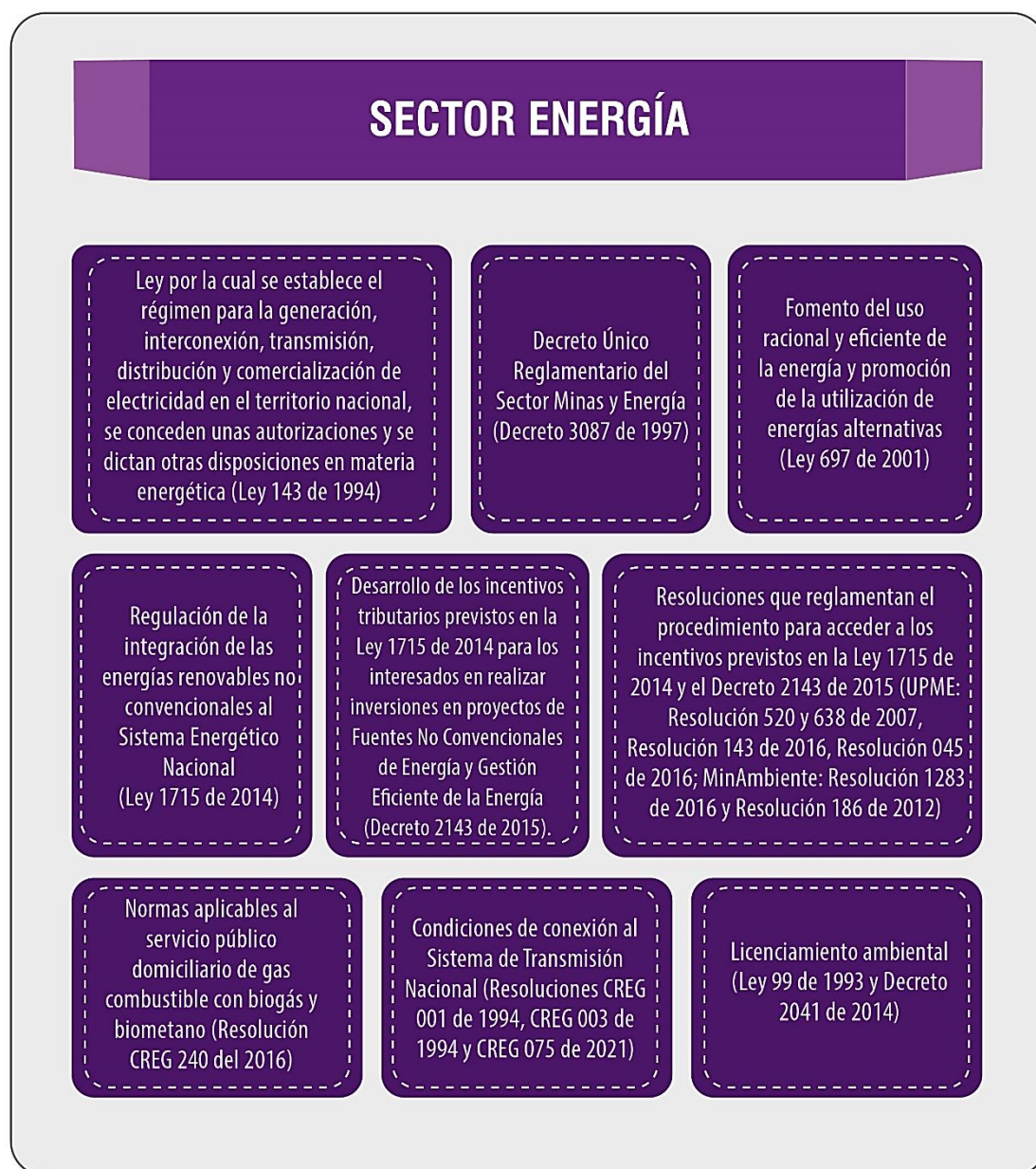
Finalmente, el licenciamiento ambiental sustentado en la Ley 99 de 1993 y reglamentado en el Decreto 2041 de 2014 (que ahora se encuentra incorporado en el decreto compilatorio del sector ambiente 1076 de 2015), incluye el licenciamiento en cabeza de la ANLA de “los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad instalada superior o igual cien (100) MW”. Proyectos con capacidad de generación de energía que se encuentren entre los 10 y los 100 MW, pasan a ser competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Respecto al uso de biogás y biometano, se debe tener en cuenta la Resolución CREG 240 del 2016, por la cual se adoptan las normas aplicables al servicio público domiciliario de gas combustible con biogás y biometano. En esta resolución quedan definidas las



condiciones en materia de calidad, seguridad y tarifas, para la prestación del servicio público domiciliario de biogás y biometano.

**Figura 69. Principales normativas del Sector Energía**



Fuente: GOPA Infra, 2023

## Sector Agrícola

El marco normativo sobre producción orgánica, está conformado por resoluciones emitidas por el Ministerio de Agricultura y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que buscan fomentar la producción y comercialización de los alimentos orgánicos y proteger la integridad de los consumidores, dentro del Plan Nacional de Agricultura Ecológica<sup>61</sup>.

A continuación, se mencionan las resoluciones más relevantes:

<sup>61</sup> Martínez Bernal, L. F., Bello Rodríguez, P. L., & Castellanos Domínguez, Ó. F. (2012). Sostenibilidad y desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica. Universidad Nacional de Colombia.

- Resolución 150 de 2003 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), por la cual se establecen normas sobre fertilizantes y acondicionadores de suelos.
- Resolución 375 de 2004 del ICA, con el cual se expide el Reglamento Técnico de Registro y Control de Bioinsumos y Extractos Vegetales.
- Resolución 036 de 2007 que modifica la Resolución 148 de 2004 del Ministerio de Agricultura, por la cual se establecen los requerimientos para obtener el Sello Único Nacional de Alimento Ecológico.
- Resolución 199 de 2016 que modifica la Resolución 187 de 2006 del Ministerio de Agricultura y establece la normatividad para la producción primaria, procesamiento, empaque, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización y el sistema de control de productos agropecuarios ecológicos.
- Resolución 464 de 2017 que establece los “Lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria”. Se desde la Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Economía Campesina, la construcción de Política Pública para el fomento de la agroecología y el reconocimiento de los Sistemas Participativos de Garantía (SPG). Es la primera norma del Ministerio que reconoce la Soberanía Alimentaria, la Agroecología, los SPG, etc., que reivindican las políticas y sociales de las organizaciones, plataformas y movimientos sociales para el reconocimiento de derechos de las comunidades campesinas y refuerza los ya establecidos para las comunidades indígenas y afrodescendientes.

De los ajustes establecidos en la Resolución 199 de 2016 (y Resolución 187 de 2006), un aspecto que es relevante para el presente trabajo es el ajuste al Artículo 11 en donde queda establecido que *“Con el objeto de garantizar la calidad, eficacia y seguridad de los insumos utilizados en la producción orgánica o ecológica, los insumos agrícolas utilizados deben cumplir con las reglamentaciones vigentes de insumos agrícolas del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Resoluciones ICA 150/2003 y 698/2011, o aquellas que las modifiquen o remplacen. Se deberá tener en cuenta la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2004 para materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores de suelos”*.

En cuanto al manejo del suelo, la Resolución 199 de 2016 establece que debe ser apoyado por actividades que aseguren el mantenimiento y aumento de la fertilidad biológica del suelo, como el cultivo de leguminosas, el cultivo de rotación de cultivos y la incorporación de abonos y fertilizantes orgánicos, etc. Para la cuarentena vegetal y el manejo de malezas, se considera mantener las propiedades del suelo y la nutrición de las plantas, y seleccionar variedades y especies en función de las condiciones ecológicas agrícolas locales, la alelopatía, el control mecánico y biológico y el uso de insumos biológicos.

Los productos importados deben cumplir con la normativa vigente de comercio exterior y la aprobación del Ministerio de Agricultura.

Adicionalmente se han desarrollado planes y programas como el “Plan Nacional de Mercados Verdes”, cuyo objeto es facilitar la comercialización de estos productos mediante el trabajo conjunto con cadenas de supermercados y restaurantes, así como la organización de puntos de encuentro como estrategia de promoción y el “Programa Nacional de Agricultura Ecológica (PNAE)” para el cual se estableció el Comité Interinstitucional de Agricultura Ecológica, liderada por el Ministerio de Agricultura y conformado por: el Ministerio de Ambiente, el Instituto Alexander Von Humboldt, SENA,



Cámara de Comercio de Bogotá, Proexport, IICA, ICA, Corpoica, Unaga, Consejo Nacional de la Cadena Cárnica Bovina y la Secretaría de Agricultura<sup>62</sup>.

Adicionalmente, cabe mencionar que actualmente se encuentra en el Senado el Proyecto de Ley 2013 “*Por medio del cual se promueve la agroecología en Colombia, se conforma la mesa técnica para la formulación de un Plan Nacional de Agroecología - PNA, se plantean estrategias e incentivos para la producción, comercialización, transformación y consumo de productos agroecológicos en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*”.

**Figura 70. Principales normativas del Sector Agrícola**



Fuente: GOPA Infra, 2023

## Ordenamiento Territorial

- Ley 388 de 1997: Establece los mecanismos que permiten al municipio promover el ordenamiento de su territorio.

Dentro de las acciones urbanísticas contempladas en el artículo 8 de esta ley, se reconoce la posibilidad de definir la ubicación de infraestructuras para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos; así mismo, esta ley precisa que dentro del componente urbano del plan de ordenamiento territorial, los municipios deberán determinar las características de las unidades de dichas actuaciones urbanísticas. No obstante, la norma indica explícitamente que los sitios disposición final de residuos

<sup>62</sup> Martínez Bernal, L. F., Bello Rodríguez, P. L., & Castellanos Domínguez, Ó. F. (2012). Sostenibilidad y desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica. Universidad Nacional de Colombia.

sólidos deben tenerse en cuenta en la formulación del componente rural de los planes de ordenamiento territorial –POT<sup>63</sup>.

### Otros lineamientos e información de interés a nivel nacional

Adicional a la legislación existente a nivel nacional, también se cuenta con diversos instrumentos estratégicos como manuales, guías, reglamentos e informes, que orientan y definen lineamientos para la adecuada implementación de estándares legales y estrategias en materia de gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos y la correcta prestación del servicio público de aseo; a continuación, se presentan aquellos que se consideran de mayor relevancia para la gestión de los residuos orgánicos:

- Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales –Residuos sólidos (A nivel general desde el año 2008):

Son documentos técnicos elaborados por el Departamento Nacional de Planeación – DNP donde se muestra el Flujo de Materiales – Residuos Sólidos para los diferentes años. Los boletines periódicos suministran información relacionada con flujos hacia el ambiente, tasas de aprovechamiento, tasas de reciclaje y nueva utilización, residuos sólidos generados por hogar y per cápita y producto Interno bruto vs. residuos generados por las actividades económicas.

El objetivo de la contabilidad de flujos físicos es registrar los flujos de recursos naturales (flujo del ambiente a la economía), de productos (flujos dentro de la economía) y de residuos (flujo de la economía al medio ambiente). Con relación a los flujos de materiales de residuos sólidos, el objetivo es determinar la trazabilidad de los materiales desde su producción hasta su disposición final, a través de los movimientos de residuos y productos residuales entre el ambiente y dentro de la economía.<sup>64</sup>

- Informes nacionales de disposición final de residuos (desde 2013):

Informes desarrollados con una periodicidad anual por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD y el Departamento Nacional de Planeación – DNP. Tienen como objetivo informar el estado de la disposición final del país.

- Guías, programas y planes relacionados con la GIRS

Sirven como base para desarrollar las actividades de forma ambientalmente adecuada minimizando riesgos a la salud y al ambiente. Por ejemplo, podemos encontrar:

- Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los PGIRS, emitida por MinVivienda en el año 2015.
- Guía de planeación estratégica para el manejo de residuos sólidos de pequeños municipios en Colombia, emitida por MinVivienda en el año 2017.
- Programa para el manejo integral de residuos en Entidades Públicas, emitida por el DNP en el año 2019.
- Cartilla práctica para la elaboración de Abono Orgánico Compostado en Producción Ecológica, elaborada por la ICA en el año 2016.

63 MAG Consultoría. (2016). “Estudio de técnicas alternativas de tratamiento, disposición final y/o aprovechamiento de residuos sólidos - Propuesta de ajuste al Decreto 1077 de 2015”. Contratado por el BID.

64 Cuenta ambiental y económica de flujo de materiales, DANE – 2020.

- Cartilla práctica para la elaboración de Abono Orgánico Líquido Fermentado en Producción Ecológica, elaborada por la ICA en el año 2016.
- Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura elaborada por la UAESP y la UNAL en el año 2014.
- Estrategia Nacional de Economía Circular (2019):  
Documento técnico que establece las estrategias y lineamientos a ser desarrollados en el marco de la circularidad de materiales; establece cuatro (4) líneas de acción prioritarias con sus indicadores y metas:
  - Flujo de materiales industriales y de consumo masivo.
  - Flujo de materiales de envases y empaques.
  - Flujos de biomasa.
  - Fuentes y flujos de energía.

En términos de la biomasa se establecen 2 metas: (1) Un sistema nacional de compostaje en marcha para el año 2021. (2) Un documento técnico con el estudio de tipos de infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos, el cual se debe finalizar en el año 2019.

### **Nivel Regional**

Una región se puede definir como aquel territorio que constituye una unidad homogénea en un determinado aspecto por circunstancias históricas, políticas, geográficas, climáticas, culturales o de otro tipo; como lo es el Departamento del Tolima. El departamento está compuesto por 47 municipios (incluida Ibagué como capital del departamento).

A nivel regional y teniendo en cuenta las funciones y competencias específicas en materia de gestión integral de residuos municipales y prestación del servicio público de aseo; a continuación, se presenta CORTOLIMA como máxima autoridad ambiental en el departamento del Tolima, fue creada mediante el Artículo 38 de la Ley 99 de 1993 como una Corporación para el Desarrollo Sostenible. La cual dentro de sus múltiples funciones se encarga de realizar actividades de vigilancia, control y seguimiento a factores que pueden impactar sobre el ambiente como: Vertimientos y emisión de contaminantes; disposición o aprovechamiento de desechos sólidos y de residuos peligrosos; dictar las medidas de corrección o mitigación de daños ambientales.

### **Marco legal específico para residuos sólidos orgánicos**

El marco normativo de los ROM es poco claro y ambiguo y a nivel nacional no se cuenta con una regulación específica para esta fracción de los residuos sólidos. Lo que se establece para los ROM se encuentra en la normatividad expuesta previamente, en donde se distinguen por su importancia las siguientes normas que ya fueron explicadas: CONPES 3700 de 2011 (Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia), CONPES 3874 de 2016 (Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos), CONPES 3918 de 2018 (Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia), CONPES 3934 de 2018 (Política de Crecimiento Verde), Política de Producción y Consumo Sostenible, Política Nacional de Cambio Climático, Plan Nacional de Desarrollo, Ley 142 de 1994 (Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios), Decreto 1076 de 2015 y la normativa que en él se compila (Decreto único reglamentario del sector vivienda,

incluye todas las disposiciones relacionadas con la prestación del SPA incluyendo lo referente a tratamiento) y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS Título F Numeral 5.

De los CONPES mencionados, particularmente del CONPES 3874 de 2016, se desprenden una serie de resoluciones y decretos proferidos en los últimos 5 años, que merecen especial atención pues permiten evidenciar que el país se está orientando y está sentando las bases para la transición hacia la gestión integral y diferenciada de la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en el país:

**Tabla 54. Principales Resoluciones y decretos relacionadas con la gestión de los residuos orgánicos y que se derivan de Políticas Públicas recientes y del Plan Nacional de Desarrollo**

Norma	Descripción
Marco Tarifario	<p>Aunque, como se mencionó anteriormente, la fórmula tarifaria aún no contempla la actividad de tratamiento para municipios con más de 5,000 suscriptores; la CRA publicó en el año 2020 las bases para la formulación de un nuevo marco tarifario<sup>65</sup>, en donde manifiesta que se internalizarán los costos ambientales que resultan del mal manejo de los residuos (generación de lixiviados, emisión de GEI, olores ofensivos, etc.), para que, en consecuencia, se reconozcan los beneficios ambientales, sociales y económicos de un adecuado tratamiento. El nuevo marco tarifario, entonces, según este documento, incluirá la actividad de tratamiento dentro de la fórmula tarifaria.</p> <p>En este sentido, se espera que el nuevo marco tarifario, que, según la CRA será promulgado en el año 2022<sup>66</sup>, permita que la actividad de tratamiento de los residuos orgánicos tenga viabilidad económica.</p>
Decreto 1787 de 2017 y Resolución 938 de 2019: Reglamenta la actividad de tratamiento	<p>A través de estas normas, por primera vez en el país se establece una tecnología de disposición final distinta a la de relleno sanitario.</p> <p>Así mismo establece las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de tratamiento de residuos sólidos en el marco de la prestación del SPA. Estas condiciones incluyen la localización de áreas y la selección del tratamiento a implementar, acorde con los estudios de población, proyección de generación de residuos, análisis de viabilidad financiera y económica, así como la sostenibilidad empresarial.</p>
Decreto 802 de 2022: IAT	<p>El incentivo al aprovechamiento es equivalente a los instrumentos empleados a nivel internacional, como, por ejemplo, la Directiva 99/31/CE sobre rellenos sanitarios expedida en 1999 en la Unión Europea, con los cuales se busca reducir los impactos ambientales generados por la disposición final y disminuir la cantidad de residuos biodegradables en los rellenos sanitarios<sup>67</sup>.</p>

65 CRA. (2020). Bases de los estudios para la revisión de las fórmulas tarifarias para el servicio público de aseo aplicable a municipios y/o distritos de más de 5.000 suscriptores en área urbana. Ministerio de Vivienda.

66 Comunicación personal

67 MAG Consultoría. (2016). "Estudio de técnicas alternativas de tratamiento, disposición final y/o aprovechamiento de residuos sólidos - Propuesta de ajuste al Decreto 1077 de 2015". Contratado por el BID.

Norma	Descripción
Resolución 2184 de 2019: Código de colores	Aunque no establece un plazo para la implementación de la separación de los ROM en bolsa verde en los municipios, el hecho de que la Resolución determine que los residuos orgánicos deben estar diferenciados de los demás residuos, es un primer paso para la transición hacia el tratamiento diferenciado de estos residuos y envía señales para que a nivel normativo se reglamente la actividad.

Fuente: GOPA-Infra, 2021

### **Normativa técnica aplicable**

Las normas establecidas por el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) relacionadas con la gestión de los residuos orgánicos son las siguientes:

- Resolución ICA 150 de 2003 (modificada por las resoluciones 698 de 2010 y 12632 de 2016): la producción de fertilizantes (compostaje) en el territorio colombiano.

Establece las condiciones para el registro y control de bioinsumos de usos agrícola en armonía con las normas internacionales, de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores, elevando los niveles de calidades, eficacia y seguridad alimentaria en beneficio de la salud humana, la inocuidad en la producción primaria, la sanidad agropecuaria y el ambiente.

En ella se establece el paso a paso para que un productor de bioinsumos obtenga el registro del ICA como productor, y el registro ICA de su producto. Si este registro, el productor no está autorizado a comercializar el producto.

- Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167 del Instituto Colombiano Agropecuario.

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo.

Como parte estructural de esta norma se encuentran las siguientes normas técnicas:

NTC 40, Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado.

NTC 202, Métodos cuantitativos para la determinación del potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes de materias primas para su fabricación.

NTC 234, Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo.

NTC 326, Abonos o fertilizantes. Método de ensayo de granulometría en seco.

NTC 370, Abonos o fertilizantes. Determinación del nitrógeno total.

NTC 1154, Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Determinación de azufre.

NTC 1369, Fertilizantes. Determinación de boro, calcio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, silicio y zinc por absorción atómica

NTC 1860, Productos químicos para uso agropecuario. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para determinar el contenido de boro. Método de azometina H.



NTC 1927, Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas.

NTC 3795, Fertilizantes sólidos. Derivación de un plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC 4574, Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para la detección de Salmonella spp.

NTC 5527, Fertilizantes. Análisis físicos.

NTC - ISO 8633, Fertilizantes sólidos. Método de muestreo simple para lotes pequeños.

NTC - ISO 8634, Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande

- La Resolución 2640 de 2007 del ICA establece en su artículo 14 que “queda prohibido alimentar porcinos con residuos de la alimentación humana o con vísceras o carnes de otras especies animales”.

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), ha desarrollado las siguientes guías técnicas adicionales:

- Guía técnica colombiana 53-7:2006: Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos: Suministra información sobre métodos de aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos.
- Guía Técnica Colombiana 86:2003: Guía para la Implementación de la Gestión Integral de Residuos -GIR: Guía técnica que presenta directrices para realizar la gestión integral de residuos, considera las siguientes etapas: (1) Generación, (2) Separación en la fuente (3) Presentación diferenciada (4) Almacenamiento (5) Aprovechamiento (6) Transporte (7) Tratamiento y disposición de los residuos. Todas las actividades de las etapas se encuentran enmarcadas dentro de un ciclo de mejoramiento continuo. La guía está orientada para ser aplicada por generadores de residuos de tipo doméstico, industrial, comercial e institucional o de servicios.

Finalmente, MinVivienda establece el siguiente reglamento técnico, el cual aborda a profundidad las condiciones requeridas para el tratamiento de los residuos orgánicos:

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS Título F Numeral 5.

En esta resolución se establecen los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. En este reglamento se determinan los requisitos técnicos para la actividad de tratamiento de los residuos orgánicos.



## **ANEXO 3.**

### **Tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos municipales (ROM)**

Las tecnologías de tratamiento de ROM se definen como procesos que los convierten en nuevos productos con cierto valor potencial. Las tecnologías más utilizadas en el mundo para el tratamiento de los ROM son el compostaje y la biodigestión anaerobia<sup>68</sup>. No obstante, existen otras tecnologías tradicionales, además de tecnologías emergentes. Las tecnologías de tratamiento de los ROM se pueden agrupar en dos categorías principales: (1) tratamientos biológicos (compostaje, lombricultura, tratamiento con la mosca soldado-negra, digestión anaeróbica, fermentación) y (2) tratamientos termoquímicos (pirólisis, gasificación)<sup>69</sup>, estos últimos, si bien son considerados por la literatura como una alternativa teórica para la valorización de los residuos orgánicos, en la práctica se han desarrollado solamente a nivel de prototipos, sin haberse consolidado a nivel industrial.

## 1. Tratamientos biológicos

### a. Tratamiento in situ

El primer paso en la jerarquía de la gestión de los ROM, al igual que con todos los residuos, es la prevención, dado que “el mejor residuo es el que no se genera”. Para la prevención de los ROM se habla de la disminución de la pérdida por desperdicios de alimentos (PDA). Esto es importante si se tiene en cuenta que se estima que en Colombia estamos perdiendo o desperdiciando el 34% de los alimentos<sup>70</sup>.

El segundo paso en la jerarquía de la gestión de los residuos es su tratamiento *in situ*. El tratamiento *in situ* de los ROM implica que las personas de forma voluntaria deciden realizar el tratamiento de estos por su cuenta, mediante unidades de micro o pequeña escala y con tecnologías como el compostaje, la lombricultura, la biodigestión o, recientemente, las Pacas Digestoras Silva que se encuentran en una etapa de prueba. En este sentido el municipio puede desarrollar incentivos para promover este tipo de actitudes en los usuarios y suministrar elementos para facilitar la actividad.

El tratamiento *in situ* es una alternativa que permite que las personas se hagan cargo de sus residuos. Es una opción que evita incurrir en los costos del servicio de aseo: se evitan los costos de recolección, transporte, generación de lixiviados, tratamiento y disposición final. No obstante, el espacio que se requiere para tratar los ROM puede ser un obstáculo y el éxito de esta estrategia es muy dependiente del compromiso y la constancia de los ciudadanos. Por estos motivos es recomendable que el tratamiento *in situ* se realice en barrios que tengan un fuerte tejido social y compromiso. De forma paralela o alternativa, la ciudad puede implementar sistemas de tratamiento centrados o descentralizados de mediana o gran escala.

A continuación, se describen brevemente los principales tipos de tratamientos biológicos de los ROM.

### b. Compostaje

El compostaje es un sistema de tratamiento de residuos orgánicos a través del cual los residuos se descomponen en condiciones controladas por efecto de la acción de microorganismos, en presencia de oxígeno. Este proceso ocurre en presencia de humedad y genera elevadas temperaturas que permiten higienizar la mezcla, produciendo dióxido de

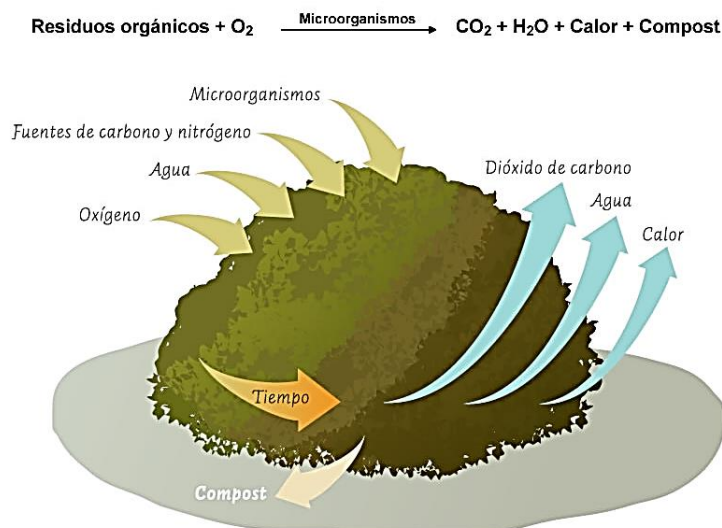
68 Ricci-Jurgensen, Gilbert & Ramola. (2020). Global Assessment of Municipal Organic Waste Production and Recycling. International Solid Waste Association (ISWA).

69 Lohri, C. R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A., & Zurbrugg, C. (2017). Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low-and middle-income settings. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(1), 81-130.

<sup>70</sup> DNP, 2020

carbono, agua y materia orgánica estabilizada<sup>71</sup> denominada compost. Se estima que, del total de residuos orgánicos que entran a un proceso de compostaje, entre el 20-30% termina convertido en compost.

**Figura 71. El proceso de compostaje**



Fuente: <http://residus.gencat.cat/>

Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son<sup>72</sup>: presencia de oxígeno, temperatura adecuada (etapa inicial ~ 50°C, etapa final ~ 40°C), humedad (50 - 70% en peso) y una relación C/N balanceada. Otros factores que pueden influir en el desarrollo son el pH (Compostaje activo ~ 5, Etapa de curado ~ 8.0 - 9.0), fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples y la superficie de contacto o tamaño de partícula<sup>73</sup>. Para cumplir estas condiciones, normalmente los ROM deben mezclarse con materiales o residuos vegetales voluminosos secos y ricos en carbono antes de iniciar el proceso de compostaje, tales como poda de árboles, corte de césped o residuos con alto contenido lignocelulósico de actividades agrícolas.

Las tecnologías de compostaje se pueden clasificar principalmente en las siguientes categorías: (1) Sistemas abiertos (siendo el compostaje en hileras el más común) o cerrados (biorreactores o tambores) y (2) Sistemas con ventilación forzada (WFA) o sin ventilación (WOFA). La selección de la tecnología dependerá de la capacidad requerida, espacio disponible, características de los residuos, condiciones ambientales, entre otros.

71 Instituto Nacional de Normalización (INN). (2015). NCh 2880: Compost - Requisitos de calidad y composición.

72 Programa Reciclo Orgánicos. (2019). Manual Compostaje, una herramienta para combatir el cambio climático.

73 Jaramillo, G. y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia. Tesis de especialización, Facultad de Ingeniería Ambiental esp. Gestión ambiental; Universidad de Antioquia, Colombia. Disponible en: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

**Imagen 26. Planta de Compostaje en hileras descubierta**



Fuente: <https://www.rts.com/blog/what-is-commercial>

**Imagen 27. Planta de Compostaje en hileras cubierta**



Fuente: <http://proferco.com.co/procesos.html>

**Imagen 28. Sistema Cerrado: Biorreactor**



Fuente: <https://bit.ly/2YcePYI>

**Imagen 29. Planta de compostaje estático, cubierta y con aireación forzada**



Fuente: <https://bit.ly/3zPQlkB>

**Imagen 30. Planta de compostaje en pilas**



Fuente: <https://bit.ly/2XZoq4w>

El principal producto del compostaje es el compost. Debido a que las propiedades físicas y químicas de los ROM varía mucho, el compost también puede tener características variables, especialmente si el proceso de compostaje no se controla estrechamente o no se lleva a cabo en su totalidad.

Las principales características que suelen afectar a la idoneidad del compost como enmienda del suelo son: la madurez, la disponibilidad de nutrientes, el pH, la presencia de contaminantes, la capacidad de retención de agua y la porosidad. Como enmienda del suelo, el compost puede utilizarse como fuente de nutrientes de liberación lenta, como potenciador de las propiedades físicas del suelo, como manto o como material de cama. En general, el compost de alta calidad tiene un color oscuro, un olor agradable a tierra, una

gran capacidad de retención de agua y una gran aireación<sup>74</sup>. En la siguiente tabla se recogen algunas de las propiedades de un compost de alta calidad.

**Tabla 55. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un compost de alta calidad**

Propiedad	Valor / Descripción
<b>Propiedades físicas</b>	
Color	Café a negro
Olor	Tierra o moho
Humedad (%)	15-25%
Capacidad de retener agua (%)	150-200%
Densidad (g/cc)	0.2-0.6
<b>Propiedades químicas</b>	
% de materia orgánica	25-80%
pH	5.5-7.5
% ceniza	20-65%
% N	0.4-3.5
%P	0.2-1.5
%K	0.4-1.5
Relación C:N	25-30
Capacidad de intercambio de Cationes (CIC)	50-150
Bajo contenido de contaminantes preocupantes	
<b>Propiedades Biológicas</b>	Baja o nula presencia de hongos, microbios o insectos patógenos Ausencia de semillas de plagas.

Fuente: Harrison (2008).

Entre los beneficios del compost se encuentran los siguientes:

1. Varios estudios indican que el uso de compost en la tierra puede mejorar varios parámetros de las plantas y del suelo, lo que haría del compost una opción interesante para la restauración del suelo, así como para aprovechar sus propiedades como fertilizante. El compost repone nutrientes y materia orgánica, mantiene la humedad y el crecimiento de las plantas, aumenta la absorción de los fertilizantes por parte de las plantas, evita la erosión del suelo y reduce las necesidades de riego.<sup>75</sup>
2. La adición de compost aumenta el contenido de materia orgánica del suelo, lo que mejora la agregación y la estabilidad, mejorando así la estructura del suelo<sup>76</sup>.
3. La estabilidad de la agregación del suelo evita el sellado de la superficie, mejora la infiltración del agua y aumenta la capacidad de retención del agua, reduciendo así la generación de escorrentía y la erosión del suelo<sup>77</sup>.

74 Harrison, R. B. (2008). Composting and Formation of Humic Substances. Encyclopedia of Ecology, 713–719.

75 El 45% de los suelos se enfrenta a un agotamiento de nutrientes en determinadas zonas, que se ve agravado por los fertilizantes sintéticos (Kaza et al., 2016., Op. cit) .

76 Diacono M, Montemurro F (2010) Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. Agron Sustain Dev 30:401–422. doi:10.1051/agro/2009040

77 ROU (2007) Life cycle inventory and life cycle assessment for wind- row composting systems. NSW Department of Environment and Conservation. The University of New South Wales, Sydney, Australia



4. Además, el aumento de los niveles de materia orgánica del suelo favorece el secuestro de carbono<sup>78</sup>.
5. Mejora de la actividad biológica<sup>79</sup>.
6. Mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas<sup>80</sup>.
7. Supresión de las enfermedades transmitidas por el suelo<sup>81</sup>.
8. Varios autores han identificado un mayor rendimiento con la aplicación de compost y una mejor calidad de los cultivos cosechados.
9. Reciclaje de nutrientes, especialmente el fósforo (un recurso finito), y disminución de la necesidad del uso de fertilizantes químicos y su contaminación relacionada.
10. Secuestro de carbono: el secuestro de carbono en el suelo, se han estimado en 0,18 t CO<sub>2</sub> eq por tonelada de compost<sup>82</sup>

Ahora bien, es preciso tener en cuenta que la aplicación de compost también puede provocar inconvenientes ambientales y agronómicos, como emisiones de gases y lixiviados, y aumento del contenido de sales y metales pesados, etc. (Hargreaves et al. 2008). Sin embargo, estas cuestiones están, en general, directamente asociadas con la calidad del compost final.

#### c. Digestión Anaerobia (DA)

La digestión anaerobia (también denominada biodigestión o biometanización) consiste en tratar de forma controlada los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno. Se trata de un proceso complejo en el cual intervienen diferentes grupos de microorganismos. La materia orgánica se descompone en compuestos más sencillos que son transformados en ácidos grasos volátiles, que son los principales intermediarios y moduladores del proceso. Estos ácidos son consumidos por los microorganismos metanogénicos que producen metano y dióxido de carbono, los principales componentes del biogás. Este proceso se lleva a cabo en reactores a prueba de aire, comúnmente llamados digestores.

Hay muchos tipos de plantas de biodigestión. Las tecnologías de digestión anaerobia se pueden clasificar principalmente en las siguientes categorías: (1) Sistemas húmedos o sistemas secos, dependiendo del contenido de sólidos totales presentes en el sustrato (2) Sistemas continuos o por lote, dependiendo del tipo de alimentación (3) Sistemas mesofílicos o termofílicos, dependiendo de la temperatura del proceso y (4) Sistemas de una etapa o multi etapas, dependiendo del número de etapas del proceso.

78 Favoino E, Hogg D (2008) The potential role of compost in reducing greenhouse gases. Waste Manage Res 26:61–69. doi:10.1177/ 0734242X08088584 / Marmo L (2008) EU strategies and policies on soil and waste management to offset greenhouse gas emissions. Waste Manage 28:685– 9.

doi:10.1016/j.wasman.2007.09.030<sup>11 SEP</sup>

79 Bastida F, Kandeler E, Moreno J, Ros M, García C, Hernández T (2008) Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. Applied Soil Ecol 40:318–329. doi:10.1016/j.apsoil.2008.05.007 / Hargreaves J, Adl M, Warman P (2008) A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agric Ecosyst Environ 123:1–14. doi:10.1016/j.agee.2007.07.004

80 Boldrin A, Andersen JK, Moller J, Christensen TH, Favoino E (2009) Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. Waste Manage Res 27:800–812. doi:10.1177/0734242X09345275

81 Bonanomi G, Antignani V, Pane C, Scala E (2007) Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. J Plant Pathol 89:311–324

82 Lou, X.F., Nair, J. (2009). Op. Cit.



La configuración que tenga una planta se ajustará al tipo de suministro que reciba, y a un análisis local de ventajas y desventajas que presente cada alternativa. A continuación, se presentan algunas imágenes de plantas de DA.

**Imagen 31. Planta de Biometanización de Can Barba, Terrassa, España**



Fuente: <https://www.retema.es/articulo/remodelacion-de-la-planta-de-biometanizacion-de-can-barba-terrassa-oz3DS>

**Imagen 32. Planta de Biometanización en Holkham, Inglaterra**



Fuente: <https://www.holkham.co.uk/about-us/renewable-energy/anaerobic-digestion>

**Imagen 33. Planta de Biometanización en Surrey, Inglaterra**

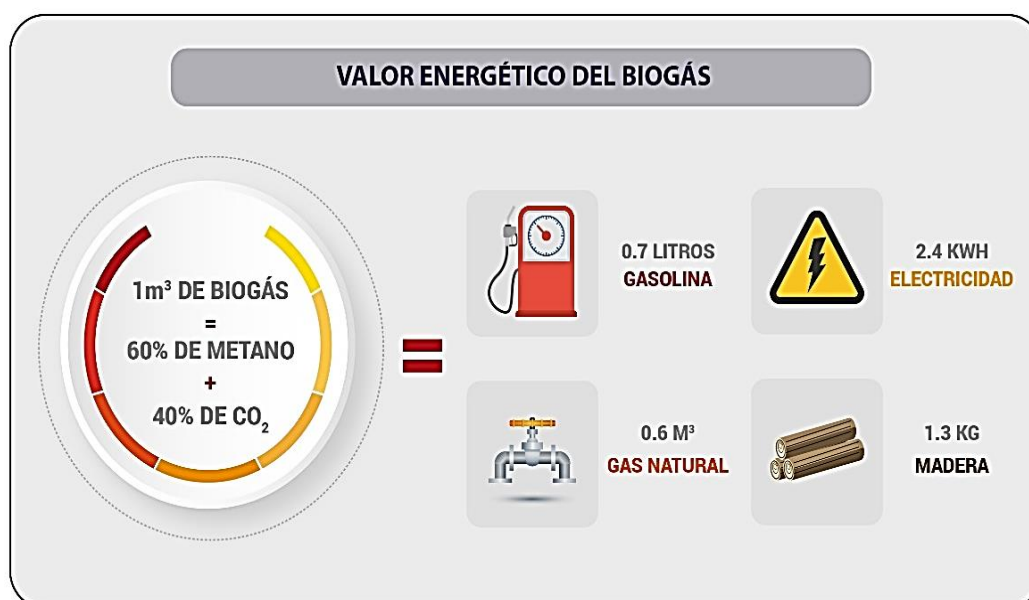


Fuente: <https://resource.co/sustainability/article/new-anaerobic-digestion-plant-opens-surrey>

Se obtienen 2 productos del proceso: biogás y digestato. El biogás es un gas rico en metano ( $\text{CH}_4$ ) en una concentración de entre 55% y 70% en volumen. Casi todo lo demás corresponde a dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), pero suele tener otros compuestos como trazas de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), vapor de agua y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), los cuales actúan como impurezas y puede ser necesario retirarlos, dependiendo del uso final.

En promedio, la producción de biogás en las plantas de digestión anaerobia de ROM se estima en  $100\text{m}^3$  de biogás por tonelada de residuo tratada, lo cual puede variar dependiendo principalmente de las características de los residuos de entrada (contenido de sólidos volátiles) y de las condiciones del proceso. El metano es el componente energético útil en el biogás, teniendo este último un poder calorífico variable. En promedio,  $1\text{m}^3$  de biogás contiene 6 kWh (21.6 MJ) de energía.

**Figura 72. Valor energético del biogás**



Fuente: <https://www.redagricola.com/>

Comúnmente, el biogás producido tiene los siguientes usos:

- Generación de energía eléctrica y térmica. Generalmente la electricidad se consume en la propia planta y/o se exporta a la red eléctrica o para su uso por consumidores cercanos, mientras que el calor se aprovecha en el propio proceso de producción del biogás y también se puede exportar para su uso por consumidores cercanos. La generación de energía eléctrica es de aproximadamente 200 kWh/t<sup>83</sup>. Esto representa una potencia instalada de aproximadamente 0.50 MW para una planta con capacidad de tratamiento de 20,000 toneladas por año (tpa).
- Generación de biometano mediante un proceso de enriquecimiento (upgrading) del biogás. El biometano se puede usar en reemplazo del gas natural, mayormente mediante inyección directa a la línea de gas o en vehículos. La generación de biometano suele ser de aproximadamente 60% del biogás producido.

83 Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (2014). Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries

El otro producto, el digestato, es un biofertilizante que se puede utilizar como aditivo o estabilizador de suelos en la agricultura, en mezclado de tierras, así como en la horticultura y el paisajismo<sup>84</sup>. Se recomienda deshidratar y estabilizar el digestato a través de procesos como el compostaje antes de su utilización, como mínimo durante cuatro semanas, para asegurar su higienización (eliminación de patógenos).

La biodigestión aplicada en climas fríos ha sido tradicionalmente escasa, principalmente debido a la relación desfavorable entre las bajas temperaturas y la velocidad de la digestión<sup>85</sup>. Por lo tanto, se recomienda aplicar en sitios con condiciones climáticas no muy frías (temperatura medio anual menor a 20°C) ya que habría un gasto de energía extra en acondicionar la temperatura<sup>86</sup>.

La codigestión consiste en la mezcla de dos o más sustratos en un proceso de digestión anaerobia y contrarresta algunas deficiencias de la monodigestión (reducir impropios y metales pesados), mientras que potencia la degradación de la materia orgánica y consecuentemente la producción de biogás.

La DA es un proceso tecnológicamente más complejo y fácil de perturbar que los tratamientos biológicos aeróbicos (ej. compostaje, lombricultura). Cambios en las condiciones circundantes, los residuos de entrada o los niveles de sustancias inhibidoras tóxicas pueden interrumpir o detener fácilmente el proceso anaerobio<sup>87</sup>. Por eso, la DA ha venido siendo utilizada principalmente para tratar residuos de actividades agrícolas, ya que estas corrientes son más homogéneas, están mejor definidas y son más limpias.

En los últimos años, esta tecnología se ha popularizado para el tratamiento de los ROM en los países más desarrollados, a menudo utilizando tecnología sofisticada con sistemas automatizados y sistemas de control mecanizados. Se deben tener en cuenta las condiciones locales al transferir esta tecnología a países menos desarrollados y realizar las adaptaciones necesarias.

A continuación, se presenta una matriz comparativa entre las tecnologías de compostaje y digestión anaerobia; los dos tratamientos biológicos más utilizados para el tratamiento de ROM.

84 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ. 2012. Digestato como fertilizante. Disponible en: [https://www.digestate-as-fertilizer.com/Download/Digestato\\_como\\_fertilizante.pdf](https://www.digestate-as-fertilizer.com/Download/Digestato_como_fertilizante.pdf)

85 Poggio, D., Prado, M., Martí, I., y Velo, E. (2010). Biodigestores de bajo coste para climas andinos. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/44898990\\_Adaptacion\\_de\\_biodigestores\\_tubulares\\_de\\_plastico\\_a\\_climas\\_frios](https://www.researchgate.net/publication/44898990_Adaptacion_de_biodigestores_tubulares_de_plastico_a_climas_frios)

86 "Asesoría sobre el Manejo de residuos orgánicos generados a nivel Municipal En Chile" (2019). ImplementaSur Climate Action. Informe 1 – Diagnóstico.

87 Eawag (2014). Op. Cit.

Criterio	Compostaje	Digestión Anaerobia
Tecnología probada	Tecnología probada a escala industrial con más de 25 años de utilización comprobada	Tecnología probada a escala industrial con más de 25 años de utilización comprobada
Número de instalaciones en funcionamiento a nivel mundial	Existen en operación más de 3.500 instalaciones de compostaje para residuos de jardinería (verdes) o residuos orgánicos domiciliarios (Pinasseau et al., 2018)	> 120 instalaciones centralizadas de la fracción orgánica de residuos municipales. Existen además más de 2.500 instalaciones individuales en granjas o sitios similares (Pinasseau et al., 2018)
Disponibilidad esperada y confiabilidad de operación	>8.500 h/año	>8.000 h/año
Tiempo de proceso	3 – 6 meses, dependiendo de la tecnología	25 – 30 días, sin considerar el posterior compostaje del digestato
Salidas del proceso	Compost, lixiviado, emisiones y rechazos	Biogás, digestato, agua residual y rechazos
Porcentaje de desviación de residuos	Si se aprovecha el compost, la cantidad de residuos destinados al relleno sanitario se reduce entre un 25% y un 40%	Si la fracción sólida del digestato se utiliza como compost, el residuo que va al relleno sanitario se reduce entre un 50% y un 60%; de lo contrario, disminuye entre un 33% y un 38% (Colturato, 2021)
Requerimiento de área	Cerrado: 0.1 – 0.4 m <sup>2</sup> /TPA de residuos orgánicos Con aireación forzada: 0.4- 0.5 m <sup>2</sup> /TPA de residuos orgánicos. Pilas Estáticas: 0.6 – 1.0 m <sup>2</sup> /TPA de residuos orgánicos.	0.10 – 0.25 m <sup>2</sup> /TPA de residuos orgánicos
Complejidad técnica	Baja-media	Mediana-alta
Calificación del personal	Personal calificado para la operación de la maquinaria y la realización de monitoreos de temperatura y humedad	Personal calificado para la operación de la maquinaria y realización de monitoreos, y personal no calificado para procesar la materia prima
Condiciones técnicas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Separación y pretratamiento de la fracción orgánica.</li> <li>2. El contenido de humedad de los residuos debe estar entre el 45% y el 60%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Separación y pretratamiento de la fracción orgánica.</li> <li>2. Temperatura estable para las condiciones óptimas de descomposición y generación de biogás.</li> </ol>

Criterio	Compostaje	Digestión Anaerobia
Condiciones para la implementación exitosa de la tecnología	Mercado para el compost/posibilidades para certificar el compost	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tarifa suficientemente alta para la electricidad generada a partir del biogás.</li> <li>2. Incorporación del biogás como fuente de energía no convencional dentro del mercado energético.</li> <li>3. Incentivo para el uso del biometano.</li> </ol>
Inversión (CAPEX)	80 – 160 USD/TPA, según escala del proyecto	360 – 440 USD/TPA, según escala del proyecto
Costos anuales de operación y mantenimiento (OPEX)	10 – 20 USD/TPA, según escala del proyecto	20 – 60 USD/TPA, según escala del proyecto
Vida útil	20 años	25 años (con mantenimiento adecuado)
Escala	1.000 TPA - 200.000 TPA	20.000 TPA - 240.000 TPA (Banco Mundial, 2011)
Consumos	<p><i>Agua:</i> 0.14 m<sup>3</sup>/t – 0.33 m<sup>3</sup>/t. de residuos orgánicos</p> <p><i>Combustibles:</i> 20.6 kWh/t. de residuos orgánicos separados en la fuente</p>	<i>Agua:</i> ~0.1 t/t de residuos orgánicos separados en la fuente
Salidas del proceso	<p><i>Emisiones:</i> 816 g – 1.132 g de CH<sub>4</sub>/t de residuos orgánicos; 371 g NH<sub>3</sub>/t de residuos orgánicos; 0.150 kg N<sub>2</sub>O/t de residuos orgánicos</p> <p><i>Compost:</i> 0.2 t/t de residuos orgánicos – 0.5 t/t de residuos orgánicos</p> <p><i>Lixiviado:</i> ~0.03 m<sup>3</sup>/t. de residuos – 0.1 m<sup>3</sup>/t. de residuos</p> <p><i>Rechazos/material no compostable:</i> aprox. 0.1 t/t de residuos orgánicos separados en su origen</p>	<p><i>Biogás:</i> 80 Nm<sup>3</sup>/t - 120 Nm<sup>3</sup>/t de residuos orgánicos ingresados (Pinasseau et al., 2018)</p> <p><i>Digestato:</i> 0.4 t/t de residuos orgánicos</p> <p><i>Agua residual:</i> entre 0.1 t/t de residuos orgánicos y 0.5 t/t de residuos orgánicos, según la tecnología</p> <p><i>Emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub>:</i> ~0-411 g/t de residuos orgánicos separados en la fuente</p> <p><i>Rechazos/material no compostable:</i> aprox. 0.2 t/t de residuos orgánicos separados en su origen</p>
Balance de energía	<p><i>Consumo de energía eléctrica:</i> 8.4 kWh/t de residuos orgánicos</p> <p><i>Generación de energía eléctrica:</i> n/a</p>	<i>Consumo de energía térmica:</i> 20 kWh/t - 120 kWh/t de residuos orgánicos

Criterio	Compostaje	Digestión Anaerobia
		<p><i>Consumo de energía eléctrica:</i> 20 kWh/t - 55 kWh/t de residuos orgánicos, aproximadamente el 15% de la energía producida</p> <p><i>Generación de energía eléctrica:</i> 200 kWh/t - 250 kWh/t de residuos orgánicos</p> <p><i>Generación de calor:</i> 200 kWh/t - 250 kWh/t de residuos orgánicos</p>

Fuente: Elaborado por GOPA INFRA con base en el informe "Hacia la valorización de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Conceptos básicos, análisis de viabilidad y recomendaciones de políticas públicas", BID, enero 2022



#### d. Lombricultura

La lombricultura es un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica por la acción combinada de lombrices y microorganismos en condiciones controladas, que se utiliza principalmente en el tratamiento de cantidades pequeñas de ROM. Del proceso se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado vermicompost, lombricompost, compost de lombriz o humus de lombriz<sup>88</sup>. El proceso de lombricultura se favorece con temperaturas entre 20-33°C y una humedad alrededor de 80%<sup>89</sup>, pH entre 7.5 y 8 y baja luminosidad<sup>90</sup>. La especie de lombriz que más se utiliza, es la “lombriz roja californiana” *Eisenia foetida*.

Los excedentes de lombriz se pueden comercializar como: pie de cría para instalar otras plantas de lombricultura, de carnada para pesca, para alimentación de peces, aves y ganado o usándola en forma de harina. También puede utilizarse en la alimentación humana, la lombriz tiene un alto contenido de proteínas, además de un excelente contenido de aminoácidos y vitaminas. El lombricompost presenta una carga de microorganismos muy alta, de varios millones por gramo de material seco, lo que genera una alta carga enzimática y bacteriana, que ayuda en la solubilización de los nutrientes en el suelo. Se puede usar de la misma manera que el compost, pero es un abono de mayor calidad: tiene más nutrientes y microorganismos por gramo seco<sup>91</sup>.

**Imagen 34. Planta de lombricultura ubicada en Argentina**



Fuente: <https://wormsargentina.com/>

**Imagen 35. Lombriz roja californiana**



Fuente: <https://bit.ly/3ifcNO0>

88 Red Española de Compostaje. (2014). Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones III.5. Ediciones Paraninfo, S.A., 01-01-2014 - 170 páginas

89 Jaramillo, G. y Zapata, L. (2008). Op Cit.

90 UAESP. (2010). Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá, D.C.

91 Idem.

e. Mosca soldado-negra (BSF)

El tratamiento de los residuos orgánicos con la mosca soldado-negra es una tecnología emergente. Consiste en el uso de las larvas de la mosca soldado-negra, *Hermetia illucens*, las cuales están compuestas de ~35% de proteínas y ~30% de grasa bruta. Esta proteína de insecto es un recurso alimenticio potencial para los criadores de pollos y peces, aspecto que favorece la rentabilidad económica de esta tecnología<sup>92</sup>.

Esta especie se alimenta de los ROM durante su fase de larva hasta que entra en la fase de pupa, momento en que se cosecha. En condiciones controladas (28 °C, 75% de humedad relativa), el desarrollo total desde el huevo hasta el adulto dura 20-35 días. Como mosca, sobreviven una semana, durante la cual se centran en reproducirse. Como mosca, no se alimentan y, por tanto, tampoco transmiten enfermedades.

El ROM termina convertido en una sustancia similar al compost. No se necesita una tecnología sofisticada de alto nivel para hacer funcionar una instalación de este tipo y, por lo tanto, es adecuada para entornos de ingresos bajos y medios. Las larvas pueden utilizarse como sustituto (parcial) de la harina de pescado en la alimentación animal. Otros posibles productos a explorar son la producción de biodiésel a partir de las larvas o el uso de la quitina y el aceite.

El residuo, por otra parte, sigue conteniendo valiosos nutrientes y podría utilizarse como enmienda del suelo. Sin embargo, debido al corto tiempo de procesamiento, el residuo necesita someterse a una fase de maduración para evitar el agotamiento del oxígeno en el suelo que inhibe la germinación de las semillas o suprime el crecimiento de las raíces y las plantas.

**Imagen 36. Mosca Soldado Negra en su estado de larva**



Fuente: <https://bit.ly/3m7TDeg>

92 Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357-363. doi:10.1007/s12649-011-9079-1 / Dortmans, B. M. A. (2015). Valorisation of Organic Waste - Effect of the Feeding Regime on Process Parameters in a Continuous Black Soldier Fly Larvae Composting System. (MSc), Swedish Agricultural University SLU, Sweden. / Dortmans, B. M. A., Diener, S., Verstappen, B. M., & Zurbrügg, C. (2017). Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide Eawag - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec). / Lohri, C. R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A., & Zurbrügg, C. (2017). Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(1), 81-130. doi:10.1007/s11157-017-9422-5

**Imagen 37. Planta de tratamiento de residuos orgánicos con la mosca soldado-negra. Instalaciones para la fase adulto. (Mekong, Vietnam)**



Fuente: <https://bit.ly/3CW217h>

**Imagen 38. Planta de tratamiento de residuos orgánicos con la mosca soldado-negra. Instalaciones para la fase larva (Kenya, Africa)**



Fuente: <https://news.trust.org/item/20200923080843-stw5n>

#### *f. Fermentación*

La fermentación es el paso clave del proceso de producción de bioetanol, el principal biocombustible del mercado mundial<sup>93</sup>. El proceso utiliza fuentes de carbohidratos provenientes de (1) materias primas de azúcares simples: la caña de azúcar, la remolacha azucarera, el sorgo dulce, la melaza y las frutas, (2) materiales amiláceos: granos como el maíz, el trigo, el arroz, la papa, la yuca, y (3) biomasa lignocelulósica: como materiales

93 Mussatto S.I., Dragone G, Guimara P.M.R., Silva J.P.A., Carneiro L.M., Roberto I.C., Vicente A, Domingues L, Teixeira JA (2010) Technological trends, global market, and challenges of bio-ethanol production. Biotechnol Adv 28(6):817–830



leñosos, paja, residuos agrícolas y residuos de cultivos<sup>94</sup>. Los ROM también se consideran sustratos adecuados para la producción de etanol<sup>95</sup>.

No obstante, aunque las tecnologías para producir etanol a partir de azúcar o almidón están bien establecidas, las tecnologías que utilizan ROM siguen en desarrollo en todo el mundo<sup>96</sup> y los costos de procesamiento son muy elevados<sup>97</sup>.

## 2. Tratamientos térmicos

Los procesos de conversión termoquímica aplican calor para inducir reacciones químicas como medio para extraer y crear productos con buena capacidad de combustión. Estos procesos incluyen la pirólisis y la gasificación. Los dos procesos difieren en cuanto a la temperatura, la velocidad de calentamiento y el nivel de oxígeno presente durante el proceso<sup>98</sup>. Como se indicó previamente, si bien los tratamientos termoquímicos son considerados por la literatura como una alternativa teórica para la valorización de los residuos orgánicos, en la práctica se han desarrollado solamente a nivel de prototipos, sin haberse consolidado a nivel industrial.

### a. Pirólisis

La pirólisis implica la descomposición de biomasa mediante el calor en ausencia de oxígeno, lo que da lugar a productos sólidos, líquidos y gaseosos. En principio, existen dos tipos principales de técnicas de pirólisis seca, denominadas según su velocidad de calentamiento: la pirólisis lenta, en la que el principal resultado es un producto sólido denominado carbón vegetal, y la pirólisis rápida, cuyo principal producto es el bioaceite<sup>99</sup>.

No obstante, la tecnología aún tiene retos técnicos (emisiones a la atmósfera) y una necesidad de adaptación para el tratamiento de residuos orgánicos, dado que la tecnología está diseñada principalmente para la carbonización de troncos de madera<sup>100</sup>.

### b. Gasificación

La gasificación es un tratamiento térmico que convierte la materia carbonosa en un gas (gas de producción, gas de síntesis o syngas), que puede utilizarse como combustible o para la producción de productos químicos de valor añadido<sup>101</sup>.

No obstante, la tecnología requiere que la biomasa sea secada antes de la gasificación<sup>102</sup>, pues el requisito de humedad está entre 10 y el 20%. La gasificación de la biomasa es una tecnología compleja que se considera inmadura, poco flexible, menos competitiva que otras tecnologías y con un alto riesgo de fracaso<sup>103</sup>. Existe un amplio abanico de diseños de

94 Balat M, Balat H (2009) Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. Appl Energy 86(11): 2273–2282 & Mussatto et al. (2010) Op cit.

95 Gupta A, Verma JP (2015) Sustainable bio-ethanol production from agro-residues: a review. Renew Sustain Energy Rev 41:550–567 & Liguori R, Amore A, Faraco V (2013) Waste valorization by biotechnological conversion into added value products. Appl Microbiol Biotechnol 97(14):6129–6147

96 Mussatto et al. (2010). Op Cit.

97 Sukumaran et al. (2010). Op Cit.

98 Lohri et al. (2017). Op. Cit.

99 Idem

100 Idem

101 Idem

102 Ahmad AA, Zawawi NA, Kasim FH, Inayat A, Khasri A (2016) Assessing the gasification performance of biomass: a review on biomass gasification process conditions, optimization and economic evaluation. Renew Sustain Energy Rev 53:1333–1347

103 Ruiz J.A., Juárez M.C., Morales M.P., Muñoz P., Mendiivil M.A. (2013). Biomass gasification for electricity generation: review of current technology barriers. Renew Sustain Energy Rev 18:174–183

gasificación y montajes tecnológicos, muchos de los cuales están todavía en fase de investigación<sup>104</sup>.

### 3. Costos de referencia por tipo de tecnología

Como se mencionó previamente, las tecnologías más utilizadas y extendidas en el mundo para el tratamiento de los ROM son el compostaje y la digestión anaerobia<sup>105</sup>. Por lo tanto, estas son las tecnologías que se analizarán en este capítulo y a lo largo del presente estudio.

De acuerdo con estimaciones globales realizadas por el Banco Mundial sobre el tratamiento de residuos sólidos, los costos operativos son casi siempre mucho más elevados que los costos de inversión y suelen ser los más difíciles de mantener. Los costos de recolección y transporte (RYT) de los residuos suelen suponer el 60-70% de los costos totales. Últimamente se han registrado aumentos en los costos del final de la cadena debido al aumento en la valorización de los residuos para muchas ciudades. Sin embargo, el beneficio ambiental a largo plazo asociado con la recuperación de materias primas y la preservación del valor del suelo, compensan este aumento en los costos<sup>106</sup>.

Al respecto, un estudio centrado en el sudeste asiático estimó que el costo asociado a un inadecuado manejo de los residuos sólidos (quema, enterramiento, descargas al agua), es de 375 USD/tonelada<sup>107</sup>. Para la misma región, el Banco Mundial estimó que los costos de la gestión integrada de residuos varían entre los 50-100 USD/t.

Alrededor de la mitad de las inversiones en servicios de residuos a nivel mundial son realizadas por los gobiernos locales, con un 20% subvencionado por los gobiernos nacionales y un 10-25% por el sector privado, dependiendo del servicio prestado<sup>108</sup>.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los costos típicos de la gestión de residuos sólidos en las principales categorías:

**Tabla 56. Costos típicos de la gestión de residuos sólidos en USD/tonelada**

Concepto	Países de bajos ingresos	Países de ingresos medio-bajos	Países de ingresos medio-altos	Países de altos ingresos
<b>Recolección y transporte</b>	20 - 50	30 - 75	50 - 100	90 - 200
<b>Disposición final en relleno sanitario</b>	10 - 20	15 - 40	20 - 65	40 - 100
<b>Disposición final en botadero a cielo abierto</b>	2 - 8	3 - 10	-	-
<b>Valorización mediante reciclaje</b>	0 - 25	5 - 30	5 - 50	30 - 80
<b>Valorización mediante compostaje</b>	5 - 30	10 - 40	20 - 75	35 - 90

104 Molino A, Chianese S, Musmarra D (2016) Biomass gasification technology: the state of the art overview. J Energy Chem 25(1):10-25

105 Ricci-Jurgensen, Gilbert & Ramola. (2020). Global Assessment of Municipal Organic Waste Production and Recycling. International Solid Waste Association (ISWA).

106 Idem

107 McKinsey. (2016). "The Circular Economy: Moving from Theory to Practice." McKinsey Center for Business and Environment Special Edition.

108 Idem

Concepto	Países de bajos ingresos	Países de ingresos medio-bajos	Países de ingresos medio-altos	Países de altos ingresos
Valorización mediante digestión anaerobia	-	20 - 80	50 - 100	65 – 150
Valorización mediante incineración con recuperación de energía	-	40 - 100	60 - 150	70 - 200

Fuente: Banco Mundial. What a Waste 2.0 (2018) p. 105

Algunos puntos para tener en consideración con respecto a los costos indicados en la tabla previa:

- Todos los valores indicados excluyen cualquier financiación potencial del carbono, subvenciones o incentivos externos. Los costos incluidos son de la compra (incluido el terreno), la operación, el mantenimiento y el servicio de la deuda.
- El compostaje excluye la venta de compost terminado (que oscila entre 0 y 100 dólares/tonelada).
- La digestión anaeróbica incluye la venta de energía procedente del metano y excluye el coste de la venta y eliminación de residuos.
- La incineración con recuperación de energía incluye la venta de cualquier energía neta y excluye los costes de eliminación de las cenizas de fondo y volantes (no peligrosas y peligrosas).

A continuación, se presenta un análisis más detallado sobre los costos asociados al tratamiento de residuos orgánicos para cada tipo de tecnología.

a. Costos asociados a la valorización de ROM in situ

En el año 2019, se realizó una asesoría sobre el manejo de residuos orgánicos generados a nivel municipal en Chile<sup>109</sup>. En dicho estudio, se evaluaron los costos asociados al tratamiento *in situ* de los residuos orgánicos a través de la entrega de equipamiento para valorizar los residuos orgánicos en las viviendas beneficiadas. Los costos incluyen actividades de sensibilización y seguimiento, asumen una participación del 60% de los beneficiados y una vida útil de los equipamientos de 10 años. Los costos se reflejan en la siguiente tabla y se encontraban originalmente en pesos chilenos, se ha utilizado un tipo de cambio de 800 pesos chilenos/USD.

**Tabla 57. Costos asociados al tratamiento *in situ* de los residuos orgánicos en hogares, a través de composteras, lombricomposteras y biodigestores (en dólares)**

	Composteras	Lombricomposteras	Biodigestores
Cantidad	1000	1000	1000
Capacidad global (tpa)	477	365	557
USD/t	38	54	185
Diferencial de costo vs. caso base (recolección más disposición final) en USD/t	-9	+7	+138

Fuente: GOPA Infra a partir de ImplementaSur Climate Action. (2019).

109 Implementa Sur Climate Action (2019) Asesoría sobre el Manejo de residuos orgánicos generados a nivel Municipal En Chile. Informe 3 – Diagnóstico.



Como se puede ver, se realizó una comparación entre el costo del tratamiento *in situ* versus el costo de recolección más disposición final de los residuos (denominado caso base). En el caso del tratamiento *in situ* mediante composteras el costo resultó 9 dólares/tonelada menor que para el caso base.

*b. Costos asociados a la valorización de ROM mediante compostaje*

De acuerdo con estimaciones del Banco Mundial (2018), los costos asociados a la instalación de plantas de compostaje pueden oscilar entre unos pocos millones de dólares en el caso de las instalaciones básicas (de hileras) y unos 10 millones de dólares en el caso de los equipos altamente mecanizados<sup>110</sup>.

En todo caso, las decisiones relacionadas con la construcción de plantas de compostaje deben tomarse con criterio teniendo en cuenta que los mercados del compost pueden presentar volatilidad y fluctuaciones. La mayoría de las operaciones de compostaje fracasan si se gestionan mal los costos; los beneficios generados por la venta de productos y las tasas de entrada pueden no ser suficientes para mantener una operación que no sea rentable<sup>111</sup>.

Los principales costos se encuentran en la obtención de la materia prima (recolección y transporte), las operaciones y el mantenimiento, y el transporte del producto final. En cuanto a la ubicación, el compostaje cerca de la fuente de materia prima es más eficiente desde el punto de vista del transporte, ya que los volúmenes de entrada son mayores que los de salida. En cuanto a la infraestructura para fases iniciales de desarrollo de este mercado, el Banco Mundial recomienda optar por procesos de baja tecnología y gran intensidad de mano de obra, ya que esta puede ser menos costosa que la adquisición y el mantenimiento de infraestructuras complejas. En muchos casos en los que se concedió capital a plantas que empezaron con maquinaria compleja, éstas cerraron tras la finalización de la subvención, ya que las reparaciones de la infraestructura y otros requisitos técnicos superaron su capacidad financiera<sup>112</sup>.

En lo que respecta a los costos de inversión (CAPEX) para este tipo de plantas, el Center for Clean Air Policy (CCAP) realizó en 2018 un análisis de prefactibilidad y plan de implementación para un Proyecto de Gestión de Residuos Orgánicos en Quito, Ecuador. En dicho estudio se determinó, a partir de costos unitarios de Europa, que el costo de inversión (CAPEX) de una planta de compostaje en hileras y sin aireación forzada (WOFA), oscila entre 80 y 160 dólares por tonelada tratada al año. También se realizó el diseño conceptual de una planta de compostaje con aireación forzada (WFA) y capacidad de tratamiento de 20,000 a 40,000 tpa, donde se determinó un CAPEX de 143 dólares por tonelada tratada al año para una planta de 20,000 tpa y 99 dólares por tonelada tratada al año para una planta de 40,000 tpa.

La CCAP también realizó un plan financiero para la ciudad de Bogotá, para una planta de compostaje WFA con capacidad de 20,000 tpa. En este caso se definió un CAPEX de 173.5

110 Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Publications. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

111 Kaza, Silpa; Yao, Lisa; Stowell, Andrea. 2016. Sustainable Financing and Policy Models for Municipal Composting. Urban Development Series Knowledge Papers;. World Bank & Climate & Clean Air Coalition, Washington, DC.

112 Hoornweg, D., Thomas, L., Otten, L. 1999. Composting and Its Applicability in Developing Countries. Working Paper Series No. 8. Washington, DC: World Bank.

dólares por tonelada tratada al año. En este estudio se obtuvo un VPN<sup>113</sup> de -177,158 dólares, una TIR<sup>114</sup> de 9% y un Payback<sup>115</sup> de 10.29 años. Con base en estos resultados el estudio concluyó que, aunque está cerca del cierre financiero, el proyecto no es muy atractivo para la inversión privada. Por este motivo, se identifica que la viabilidad financiera, es posible si el sector público aporta parte de la inversión de capital inicial (entre \$900,000 y \$2.7 m de dólares).

En Perú, en el año 2019, el consorcio conformado por las empresas CDM Smith Consult (Alemania - líder), GOPA Infra (Alemania) y Pacific PIR (Perú) realizó el estudio de factibilidad del proyecto “*Manejo Integral de Residuos Sólidos en las Municipalidades Provinciales de Arequipa, Coronel Portillo y Tacna*” financiado por la KfW, donde se incluyeron plantas de compostaje con y sin aireación forzada. En este caso se estimó un costo de inversión (CAPEX) de aproximadamente 80 dólares por tonelada tratada al año para una planta con aireación forzada (WFA) con una capacidad de tratamiento 50,000 tpa y de 150 dólares por tonelada tratada al año para una planta sin aireación forzada (WOFA) con una capacidad de tratamiento de 15,000 tpa. En ambos casos el proceso no incluía una etapa de maduración del compost fresco.

A continuación, se presenta un resumen de los datos indicados previamente:

**Tabla 58. Costos de inversión (CAPEX) para plantas de compostaje (en dólares)**

	Quito, 2018	Perú, 2019	Bogotá, 2020
<b>Compostaje WFA</b>	143 (20,000 tpa) 99 (40,000 tpa)	80 (50,000 tpa)	174 (20,000 tpa)
<b>Compostaje WOFA</b>	80 - 160	150 (15,000 tpa)	-

Fuente: GOPA Infra, 2021

En lo que respecta a los costos operacionales (OPEX) en el estudio realizado en Quito (Ecuador) se estimaron unos costos de 13 y 11 dólares por tonelada tratada al año para unas plantas de 20,000 y 40,000 tpa con aireación forzada (WFA), respectivamente. En el estudio realizado para Bogotá se estimó un OPEX de 19 dólares por tonelada tratada al año para una planta de compostaje con aireación forzada. Finalmente, en el estudio de factibilidad realizado en Perú, se estimó un OPEX de 10 dólares por tonelada tratada al año para una planta de 50,000 tpa con aireación forzada (WFA) y de 13 dólares por tonelada tratada al año para una planta de 15,000 tpa sin aireación forzada (WOFA).

A continuación, se presenta un resumen de los datos indicados previamente. Estos costos no incluyen la recolección y el transporte de los residuos hasta la instalación de valorización.

**Tabla 59. Costos operacionales (OPEX) para plantas de compostaje (en dólares)**

	Quito, 2018	Perú, 2019	Bogotá, 2020
<b>Compostaje WFA</b>	13 (20,000 tpa) 11 (40,000 tpa)	10 (50,000 tpa)	19 (20,000 tpa)

113 Valor Presente Neto: es el valor de los flujos futuros del proyecto traídos al presente teniendo en cuenta una tasa de oportunidad. Si el valor presente neto es mayor a cero, indica que el proyecto es favorable.

114 TIR: es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. El criterio de selección dependerá de la tasa de descuento o de oportunidad del proyecto (k). Si la TIR es mayor a k, el proyecto es favorable.

115 Payback: indica el plazo de recuperación de la inversión inicial.

	Quito, 2018	Perú, 2019	Bogotá, 2020
Compostaje WOFA	-	13 (15,000 tpa)	-

Fuente: GOPA Infra, 2021

Tal como se puede observar en la tabla previa, a medida que aumenta la capacidad de tratamiento de las plantas de compostaje los costos operacionales por tonelada se reducen.

c. Costos asociados a la valorización de ROM mediante digestión anaerobia

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los costos de inversión (CAPEX) y operacionales (OPEX) de la digestión anaerobia en tres regiones del mundo. Al igual que para el compostaje, estos costos no incluyen la recolección y el transporte de los residuos hasta la instalación de valorización.

**Tabla 60. Costos de inversión (CAPEX) y operacionales (OPEX) de la digestión anaerobia**

Región	Costos de inversión (CAPEX)	Costos operacionales (OPEX)
Europa	345 - 600	31 – 57
Estados Unidos	220 - 660	22 – 55
China	325	25

Fuente: Banco Mundial. What a Waste 2.0 (2018) p. 105

En el análisis de prefactibilidad previamente mencionado que realizó el Center for Clean Air Policy (CCAP) en Quito (Ecuador) en 2018, se evaluó la DA húmeda y seca. En dicho estudio se determinó, a partir de costos unitarios de Europa, que el CAPEX de una planta de DA con generación de energía es de entre 460 y 530 dólares por tonelada tratada al año para una digestión húmeda y entre 340 y 410 dólares por tonelada tratada al año para una digestión seca<sup>116</sup>.

A partir del análisis de más de 97 plantas de DA en el mundo, se concluyó que los costos de operación (OPEX) para plantas de DA con generación de energía a partir de residuos orgánicos, fluctúan entre 7 a 26 USD por tonelada, considerando plantas con capacidad de tratamiento entre 58.4 a 219,000 toneladas al año<sup>117</sup>.

Un estudio reciente (2018) realizado por la consultora Inerco para la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)<sup>118</sup>, realizó un análisis de costos asociados a la construcción de una planta de digestión anaerobia a gran escala. El modelo permite realizar una proyección de los flujos del proyecto a 20 años, periodo considerado como la vida útil promedio de la planta de generación de Biogás. El estudio evaluó 3 escenarios<sup>119</sup> y el más viable se resume en la siguiente tabla.

116 Center for Clean Air Policy (CCAP). (2018) Análisis de Pre-Factibilidad para un Proyecto de Gestión de Residuos Orgánicos en Quito.

117 Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). (2018). Estudio de Factibilidad Del Funcionamiento de Tecnologías que procesen Residuos Sólidos Domiciliarios, Asimilables y Otros – ID 761-49-LP18

118 Inerco Consultoría Colombia. 2018. Valorización energética de residuos: Proyecto WTE Colombia.

119 Los tres escenarios tenían diferentes combinaciones de biomasa: para 550 t/día, 2.000 t/día y 3.500 t/día. En el escenario 1 se utilizó sólo RSU, en el segundo RSU más 5 % de biomasa residual agrícola y el tercer escenario aumentó esta biomasa residual agrícola a 10%.

**Tabla 61. Costos asociados a la construcción y operación de una planta de Digestión Anaerobia de 510 tpd en Montería (Colombia) (precios de 2019 en COP)**

<b>Tecnología</b>	Digestión Anaerobia
<b>Ciudad</b>	Montería, Colombia
<b>Materia prima</b>	ROM
<b>Capacidad</b>	550 tpd
<b>CAPEX<sup>120</sup></b>	21780 m COP
<b>OPEX (COP/año)<sup>121</sup></b>	7167 m COP
<b>CAPEX/tpa</b>	108,493 COP
<b>Costos administrativos<sup>122</sup></b>	471 m COP
<b>Tasa Interna de Retorno (TIR<sup>123</sup>)</b>	4,1%
<b>Valor Presente Neto (VPN)</b>	-7,799
<b>R/BC</b>	0,9
<b>Payback</b>	14

Fuente: Elaborado a partir de la información de Inerco Consultoría Colombia. 2018. Valorización energética de residuos: Proyecto WTE Colombia

Mediante la Resolución de la Comisión de Regulación, Energía y Gas (CREG) No. 095 del 2015, que aprueba la metodología para el cálculo de la tasa de descuento que se aplicará para la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional, se calculó que la tasa de retorno estimada para 2019 es de 11,8 %. Esta se utilizó para comparar la TIR obtenida y se concluye que la rentabilidad esperada no es atractiva para los inversionistas, teniendo en cuenta que la relación costo-beneficio es menor a 1.<sup>124</sup>

Como se puede observar, a pesar de que muchos de los escenarios de tratamiento de residuos orgánicos revisados no parecen ser tan atractivos, la ecuación cambia si se contemplan las fuentes de recursos y las alternativas de financiación que permiten que el proyecto sea viable financieramente y atractivo para los inversionistas (inversión privada, inversión público-privada, banca multilateral, FINDETER, recursos internacionales, etc.). También es preciso incluir estimaciones relacionadas con lo que se ahorra el municipio por la recuperación de suelos, la ampliación de la vida útil del relleno sanitario, los posibles ahorros en recolección y transporte, y la posibilidad de acceder a mercados de carbono por concepto de la reducción de GEI, entre muchos otros beneficios ambientales relacionados.

*d. Costos de disposición final y comparación con los costos de tratamiento*

En este punto, nos ha parecido interesante comentar brevemente los costos de disposición final, a fin de compararlos con los costos de los tratamientos previamente descritos.

Específicamente en Ibagué, el costo de disposición final (CDF) más el Costo de Tratamiento de Lixiviados (CTL) a partir de agosto 2022 es de 46.391,07 COP/tonelada. Esto equivale a aproximadamente 10 dólares/tonelada; siendo este costo inferior a los costos operacionales tanto de una planta de compostaje como de una planta de digestión anaerobia. Esto puede ser un desincentivo para la valorización de los residuos orgánicos, a menos que se establezcan condiciones legales o económicas que fomenten esta valorización.

120 Los costos de inversión que corresponden a: Estudios y diseños Predios, obras civiles, obras generales, edificaciones, equipos de pretratamiento de residuos, obras para valoración energética, reposición de equipos

121 Los costos de operación y mantenimiento son: Costos generales, personal, valoración, energética, varios.

122 Los costos de administración que corresponden a: Gerenciamiento y administración de obras e inversiones, seguros, costos financieros.

123 Los ingresos generados por el proyecto corresponden a: venta de energía eléctrica, ingresos por tarifa de disposición final, ingresos por venta de bonos de carbono, venta de los subproductos comercializables, venta de mejorador de suelos (digestato) y para el impuesto de renta se considera el incentivo para los primeros 5 años dado a este tipo de proyectos.

124 Inerco Consultoría Colombia. (2018). Op. Cit.

En la Unión Europea, por ejemplo, el vertido de ROM recogidos de forma selectiva o mezclados con residuos municipales, pero sin tratamiento previo, no está permitido de acuerdo con la Directiva Marco de Residuos y la Directiva sobre Rellenos Sanitarios (Landfill Directive) y algunos estados han incluido en su legislación prohibiciones adicionales a las establecidas en la directiva.

Adicionalmente, muchos estados han implementado impuestos a la disposición final de los residuos municipales, a fin de incentivar alternativas de gestión más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Estos impuestos son, a su vez, instrumentos económicos que contribuyen a la financiación del costo que conlleva la implantación de la gestión sostenible de los residuos municipales. A 2021, 23 estados miembros tienen un impuesto sobre la disposición final, así como Suiza y Reino Unido; mientras que 4 no tienen este impuesto, así como Noruega. Los impuestos a la disposición final varían desde los 5 euros/tonelada y pueden alcanzar más de 100 euros/tonelada en países como Bélgica<sup>125</sup>.

#### **4. Tratamiento Mecánico-Biológico (TMB)**

Para terminar este capítulo, se ha considerado importante mencionar al Tratamiento Mecánico-Biológico (TMB) como alternativa para el tratamiento de los residuos sólidos municipales mezclados con contenido significativo de materia orgánica. Este sistema de tratamiento forma parte integral de la infraestructura de tratamiento de residuos en diversos países tales como Alemania, y se menciona también como alternativa para la gestión integral de residuos sólidos en el documento de actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Colombia para el periodo 2020-2030.

El tratamiento mecánico-biológico (TMB) es una combinación de procesos físicos (clasificación de residuos) y biológicos para el tratamiento de los residuos con contenido significativo de materia orgánica. Una ventaja clave de los sistemas TMB es que pueden ser configurados para alcanzar distintos objetivos. Algunos de los objetivos más comunes de las instalaciones TMB son:

- Pretratamiento de los residuos antes de su disposición final.
- Desvío de residuos sólidos municipales no biodegradables que van a rellenos sanitarios mediante su clasificación mecánica en materiales para reciclaje y/o recuperación de energía como combustible derivado de residuos (CDR).
- Desvío de residuos sólidos municipales biodegradables que van a rellenos sanitarios mediante:
  - Reducción de masa antes de su disposición en el relleno sanitario, o
  - Reducción de la biodegradabilidad antes de su disposición en el relleno sanitario.
- Estabilización en un producto similar al compost para su uso en la tierra.
- Conversión en biogás para recuperación de energía.
- Secado de los residuos para producir una fracción orgánica con alto poder calorífico para uso como CDR.

Las instalaciones TMB pueden funcionar con diferentes líneas y tecnologías en función de las necesidades y objetivos. En las instalaciones más comunes, la primera etapa está

---

<sup>125</sup> <https://www.cewep.eu/landfill-taxes-and-bans/>



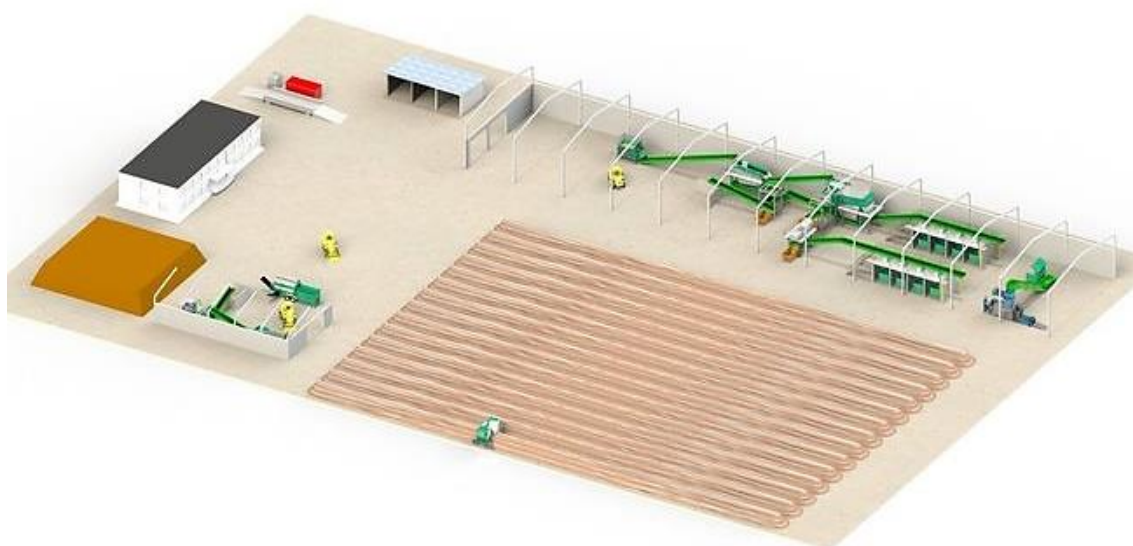
conformada por el tratamiento mecánico (aunque algunas instalaciones pueden invertir los procesos), que incluye además de la recuperación de materiales valorizables, la separación de la materia orgánica contenida en los residuos de entrada. Los procesos biológicos que siguen pueden utilizar las distintas tecnologías existentes, tales como compostaje y/o digestión anaerobia. Entre las distintas alternativas de TMB, el tratamiento mecánico seguido por el compostaje aeróbico es la tecnología más probada y económica.

**Imagen 39. Planta de Tratamiento Mecánico Biológico del Complejo Medioambiental de Gipuzkoa**



Fuente: <https://www.retema.es/articulo/planta-de-tratamiento-mecanico-biologico-del-complejo-medioambiental-de-gipuzkoa-sakog>

**Imagen 40. Modelo de una Planta de Tratamiento Mecánico Biológico**



Fuente: Komptech.com

Finalmente, con respecto a los costos de esta tecnología, existe una amplia variabilidad dependiendo del diseño específico de la instalación, de la complejidad de los procesos que



se incluyan y de la capacidad de tratamiento de la planta. Como referencia, en Perú, en el año 2019, el consorcio conformado por las empresas CDM Smith Consult (Alemania - líder), GOPA Infra (Alemania) y Pacific PIR (Perú) realizó el estudio de factibilidad del proyecto *“Manejo Integral de Residuos Sólidos en las Municipalidades Provinciales de Arequipa, Coronel Portillo y Tacna”* financiado por la KfW, donde se incluyó una planta TMB con compostaje aeróbico y capacidad para tratar 120,000 tpa de residuos municipales mezclados; en el que se estimó un costo de inversión (CAPEX) de aproximadamente 50 dólares por tonelada tratada al año. En cuanto a los costos de operación (OPEX), con base en distintas referencias a nivel internacional, estos se encuentran en promedio en torno a los 20 dólares por tonelada tratada al año para un proceso básico, que variará, como ya se comentó previamente, dependiendo del diseño específico de la instalación, de la complejidad de los procesos que se incluyan y del tamaño de la planta.

## **ANEXO 4.**

### **Parámetros de referencia exigidos en la norma NTC 5167 para comercialización de abonos orgánicos**

<b>Fertilizantes o abonos orgánicos</b>			
Clasificación del producto	Indicaciones relacionadas con la obtención y los componentes principales	Parámetros que caracterizar	Parámetros que garantizar (en base húmeda)
Abono orgánico	<p>Producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos de animales, vegetales o residuos sólidos urbanos(separados en la fuente) o mezcla de los anteriores, que contiene porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como carbono orgánico oxidable total y los parámetros que se indican.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pérdidas por volatilización %</li> <li>· Contenido de cenizas máximo 60%</li> <li>· Contenido de humedad:               <ul style="list-style-type: none"> <li>· Para materiales de origen animal, máximo 20%</li> <li>· Para materiales de origen vegetal, máximo 35%</li> <li>· Para mezclas, el contenido de humedad estará dado por el origen del material predominante.</li> </ul> </li> <li>· Contenido de carbono orgánico oxidable total mínimo 15%.</li> <li>· N1P2O5 Y K2O totales (declararlos si cada uno es mayor de 1%)</li> <li>· Relación C/N</li> <li>· Capacidad de intercambio catiónico, mínimo 30 cmol(+) Kg (meq/100g)</li> <li>· Capacidad de retención de humedad, mínimo su propio peso.</li> <li>· pH mayor de 4 y menor de 9</li> <li>· Densidad máximo 0,6 g/cm3</li> <li>· Límites máximos en mg/Kg (ppm) de los metales pesados expresados a continuación.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Arsénico (As) 41</li> <li>Cadmio (Cd) 39</li> <li>Cromo (Cr) 1 200</li> <li>Mercurio (Hg) 17</li> <li>Níquel (Ni) 420</li> <li>Plomo (Pb) 300</li> </ul> </li> <li>· Se indicará la materia prima de la cual procede el producto.</li> </ul>	<p>Contenido de carbono orgánico oxidable total (%C)</p> <p>Humedad máxima(%)</p> <p>Contenido de cenizas %</p> <p>Capacidad de intercambio catiónico (cmol(+) Kg-1 meq/100g)</p> <p>Capacidad de Retención de Humedad (%)</p> <p>pH</p> <p>Contenido de Nitrógeno Total(%N)</p> <p>Densidad (g/cm3)</p>