

# **Perspectivas de sostenibilidad en la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Desafíos y retos**



**Mario Guadalupe González Pérez**  
**Marco Tulio Espinosa**  
**Esperanza Padilla Murcia**  
***Coordinadores***



# **Perspectivas de sostenibilidad en la gestión integral de los residuos sólidos municipales**

Desafíos y retos



## **Comité editorial**

Oscar Luis Pizczeck

**Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales y Sostenibilidad  
de Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Colombia)**

Luis Alfonso Sandía Rondón

**Director del CIDIAT de la Universidad de los Andes (Venezuela)**

## **Comité científico**

Dra. Esmeralda Brito Cervantes

**Universidad Autónoma de Guadalajara (México)**

Dr. Yefer Asprilla Lara

**Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)**

Dr. Gibrán Humberto Manjarréz Pérez

**Universidad Autónoma de Sinaloa (México)**

Mtra. María Mercedes Callejas

**Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Colombia)**

Dr. Edgar Ulises Estrada Meza

**Universidad de Guadalajara (México)**

Dra. Edith Xio Mara García García

**Universidad de Guadalajara (México)**

Dr. Fernando Flores Vilchez

**Universidad Autónoma de Nayarit (México)**

Dr. Jesús Águila León

**Universidad de Guadalajara, México (México)**

Dra. Sylvia Lorena Serafín González

**Universidad Politécnica del Estado de Nayarit (México)**

Dr. Edgar Gustavo Rivas Inda

**Universidad Politécnica del Estado de Nayarit (México)**

# **Perspectivas de sostenibilidad en la gestión integral de los residuos sólidos municipales**

Desafíos y retos

Mario Guadalupe González Pérez  
Marco Tulio Espinosa  
Esperanza Padilla Murcia



*Perspectivas de sostenibilidad en la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Desafíos y retos. Autores-Coordinadores:* Mario Guadalupe González Pérez, Marco Tulio Espinosa y Esperanza Padilla Murcia. —*Jalisco, México. 2025.*

*Publicación electrónica digital: descarga y online; detalle de formato: EPUB.*

*Primera edición*

D. R. © copyright 2025

ISBN: 979-13-87631-90-1

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20251826>



La presente obra fue dictaminada bajo el sistema de doble ciego y cuenta con el aval de los dictámenes de pares académicos en el campo de las ciencias sociales en México.

Edición y corrección: **Astra ediciones**

Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia, cualquier otro existente o por existir; sin el permiso previo, por escrito, del titular de los derechos.

---

HECHO EN MÉXICO | MADE IN MEXICO

## Contenido

Introducción .....11

### Eje I

**Revalorización de residuos sólidos orgánicos en el contexto económico .....17**

#### Capítulo I.1

Desafíos y retos para la economía circular: Hacia una revalorización en el manejo de residuos sólidos de origen orgánico .....19

*Marcia Leticia Ramírez Larios*

*Mario Guadalupe González Pérez*

*Edith Xio Mara García García*

#### Capítulo I.2

Alternativas de reúso y reciclaje de residuos sólidos orgánicos .....33

*María Nefthalí Rojas Valencia*

*Denise Y. Fernández Rojas*

*Yamín N. Fernández*

#### Capítulo I.3

Plan estratégico gestión de residuos valorizables Comuna de Ancud .....47

*Alfredo Marcelo Caro Alvarado*

### Eje II

**Acciones proambientales en el contexto social.....75**

**Capítulo II.1**

Aprovechamiento energético y material de la fracción orgánica de residuos sólidos municipales a través de procesos bio-óxido-reductivos aerobios y anaerobios .....77

*Nora Restrepo Sánchez*

*Liliana Acevedo*

*Miguel Acevedo*

*Diego Londoño*

*Alejandro Hurtado*

*Amilvia Ortiz*

*Alejandro Ruiz*

*Joe Sánchez*

*Juan F. Sierra De La Rosa*

*Carlos Uribe*

*Yony Zapata*

*Carlos Peláez Jaramillo*

**Capítulo II.2**

ACCEDM: cultura ciudadana ecoambiental. Una responsabilidad individualmentecolektiva con el territorio.....97

*Christian Harvis Oviedo Ruiz*

*Edith Yalenny Castro Hernández*

Gestión y aprovechamiento de material Tetra Pak: evaluación del comportamiento.....111

*Beatriz Elena Ortiz Gutiérrez*

*Liseth Dayana Piñeros Peña*

**Eje III**

**Experiencias de sostenibilidad en el contexto territorial.....127**

**Capítulo III.1**

Logros de Sostenibilidad: Modelo circular en la gestión de residuos sólidos municipales .....129

*Edinson Fabian Monroy Ávila*

*David Ricardo Díaz Guevara*

**Capítulo III.2**

Sostenibilidad 360: Innovación empresarial para un futuro resiliente.....145

*Elena Lara Florián*

**Capítulo III.3**

Comunidades circulares y sostenibles, por el desarrollo y optimización de cadenas de suministro de materiales aprovechables .....157

*Gemay G. Bonilla Arboleda*



## Introducción

Los procesos de producción y consumo en el contexto global, junto a la obsolescencia programada de las mercancías, nos están conduciendo a escenarios cada vez más inciertos que comprometen la sostenibilidad de la vida misma en un futuro mediano. Ello debido a que en la práctica cotidiana se están generando mayores volúmenes de residuos sólidos de origen orgánico e inorgánico, lo que complica el acopio, procesamiento, transporte y disposición final. Y es precisamente en esta última categoría conceptual: la disposición final, donde más problemas experimenta la entidad municipal, que generalmente es la encargada de recolectar, transportar y colocar en los sitios adecuados los excedentes materiales y energéticos no utilizados en los diferentes procesos de la economía, con la intención de evitar mayores problemáticas relacionadas con la contaminación y evitar afecciones a la población, la flora y fauna nativas. En efecto, desde un lenguaje termodinámico y bajo la conceptualización de la teoría de los sistemas, estos excedentes no utilizados; es decir, esta materia y energía que no estaría realizando un determinado trabajo, pasaría entonces a provocar desórdenes al interior del subsistema urbano y los subsistemas no urbanos. Más puntualmente, a provocar entropía.

A esta entropía del proceso económico actual se le suma la disminución del tiempo de recuperación de la capacidad de carga del ecosistema o la falta de acciones negentrópicas que producen escenarios de difícil reversibilidad. Es decir, que una vez que las fuerzas entrópicas/antrópicas actúan en el sistema, dependiente de su magnitud, la homeostasis podría en algunas ocasiones revertir, cuasirvertir el impacto, aunque la mayoría de las veces estas acciones tienen efectos no reversibles. Por tal motivo, se tiene una situación isomorfa, ya que diferentes entidades municipales ven comprometidas sus reservas de suelo correspondiente a la disposición final de los residuos; incluso, muchos municipios carecen del recurso financiero para la provisión del servicio de recolección o la implementación

de acciones de mejora. Ello es independiente de si el servicio es realizado por el municipio o a través de la subcontratación de empresas externas.

Ciertamente, en el mejor de los casos son conocidas las limitaciones espacio-temporales de la vida útil de estas obras de infraestructura denominadas rellenos sanitarios. Dado que sus problemáticas no se resumen a la disponibilidad del suelo, sino a las externalidades que en materia ambiental podrían producirse si estos no cuentan con un monitoreo y mantenimiento apropiado de los residuos lixiviados producidos y que podrían afectar los cuerpos freáticos o los escurrimientos superficiales adyacentes. En este sentido, se han agrupado diferentes perspectivas relacionadas con la sostenibilidad en la gestión integral de los residuos sólidos municipales, las cuales han quedado circunscritas en tres ejes temáticos: a) Revalorización de residuos sólidos orgánicos en el contexto económico, b) Acciones proambientales en el contexto social y c) Experiencias de sostenibilidad en el contexto territorial.

Dentro del Eje 1. “Revalorización de residuos sólidos orgánicos en el contexto económico”, se integraron aportaciones, donde se ha logrado identificar una revalorización del residuo sólido para incentivar la economía circular. Aquí, autores como Ramírez, González y Acosta nos comparten su contribución: “Desafíos y retos para la economía circular: hacia una revalorización en el manejo de residuos sólidos de origen orgánico”, en la cual sostienen que la producción de residuos en entornos metropolitanos se ha incrementado de forma alarmante. Su investigación incluyó una serie de ejercicios cualicuantitativos realizados a residentes de la metrópoli de Guadalajara en México, donde recopilaron la percepción de los ciudadanos en torno a su participación en programas de acciones de manejo de residuos y en actividades individuales de separación de basura. Con base en los resultados, los autores consideran urgente implementar políticas más sostenibles, mediante la alfabetización sobre el uso y reuso.

En este mismo eje, Rojas, Fernández y Fernández presentan en “Alternativas de reúso y reciclaje de residuos sólidos orgánicos” la importancia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), pues esta se está generando de forma precipitosa, lo cual, en efecto, genera problemas, pero también una serie de oportunidades, ya que estos residuos pueden ser aprovechados y valorizados en un 100 %. De tal manera que

puede realizarse un uso adecuado del FORSU, cuyo enfoque pretende minimizar el desperdicio mediante alternativas de aprovechamiento y adopción de prácticas de reciclaje. Las autoras hacen énfasis en la necesidad de aprovechar los recursos.

Finalmente, dentro del Eje 1, Caro Alvarado, en su trabajo “Plan estratégico gestión de residuos valorizables Comuna de Ancud”, nos comparte cuatro iniciativas dentro de su Plan de gestión de residuos: i) Ancud Circular, ii) Ancud Composta, iii) Ancud Recicla y iv) Ancud Emprende Circular. En ellas, se valorizan los Residuos Inorgánicos Reciclables (RIR), se hace énfasis en la participación ciudadana como agente de solución de la problemática, y se pretende contribuir con la disminución de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD). Asimismo, se ha apoyado en la gestión de Residuos Orgánicos (RO), mostrando los éxitos en el acopio y el reciclaje y el laboratorio circular que brinda un espacio y tecnología para el desarrollo de emprendimientos a base de RIR.

Dentro del Eje 2. “Acciones proambientales en el contexto social” se han considerado aquellas investigaciones que han centrado en estudios en favor del medio ambiente. Concretamente, autores como Restrepo et al., en su colaboración: “Aprovechamiento energético y material de la fracción orgánica de residuos sólidos municipales a través de procesos bio-óxido-reductivos aerobios y anaerobios nos” comparten la importancia de aprovechar los FORSU para la actividad agrícola, pues la composición orgánica sirve como fertilizante natural. Según los autores, es un modelo de biorefinería que reduce emisiones contaminantes, produce energía y sirve de alimento. Por tal motivo, se hace énfasis en la seguridad sanitaria e inocuidad de los insumos agrícolas. De ahí la importancia de los programas de separación en fuente para acopiar la biomasa residual de los residuos sólidos urbanos.

En la colaboración “ACCEDM: Cultura Ciudadana eco\_ambiental. Una responsabilidad individual\_mente\_colektiva con el Territorio”, Oviedo y Castro nos exponen las acciones comunitarias que se han realizado en materia de educación ambiental para el manejo y disposición de residuos. Según los autores, dentro de un esquema de economía lineal no es posible el proceso de reciclaje. De ahí, que la implementación de rellenos sanitarios no son más que la continuidad de la explotación de los recursos

naturales convertidos en mercancía. De tal forma, que quienes participan en el reciclaje no siempre son parte de los programas y planes de gestión de residuos. En este sentido, sostienen que se vuelve prioritario una pedagogía ambiental que vire el concepto de la basura, pues este no es artículo-mercancía susceptible de enterramiento, sino una narrativa y prácticao-cultural de la sociedad contemporánea.

De igual forma, en “Gestión y aprovechamiento de material Tetra Pak: evaluación del comportamiento”, Ortiz y Piñeros nos hablan como en el caso de Colombia ha aumentado la generación y en menor proporción el aprovechamiento de residuos sólidos como el Tetra Pak, quien experimenta una serie de desafíos dada su composición, pues se dificulta su separación y reciclaje. Los autores hacen énfasis en la promoción y fortalecimiento de programas de reciclaje de este material. Concretamente, acentúan la falta de la demanda de este material, la ausencia de un mercado regularizado y la falta de hábitos y conciencia ambiental; de ahí, la importancia interdisciplinaria y la interiorización de los preceptos de la sostenibilidad.

En el Eje 3. “Experiencias de sostenibilidad en el contexto territorial” se han incluido las investigaciones que hacen hincapié en acciones e innovaciones para alcanzar la sostenibilidad en el territorio. Puntualmente, en el trabajo: “Logros de sostenibilidad: Modelo circular en la gestión de residuos sólidos municipales”, Monroy y Diaz nos hablan de un modelo integral de gestión de residuos, con la intención de reducir la generación de residuos para aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios. Este escenario, según los autores, es posible alcanzarlo a través de un enfoque integral que implique una adecuada separación de los residuos en la fuente, así como el aumentar las tasas de aprovechamiento. Sin embargo, este escenario requiere de una activa participación ciudadana, prácticas sostenibles, nuevas tecnologías y fuentes de energía. Para los autores, el modelo que plantean se enfoca en los municipios más pequeños del entorno colombiano, que a pesar de no tener los recursos financieros necesarios, pueden lograr con pequeñas acciones grandes cambios.

En la investigación “Sostenibilidad 360: innovación empresarial para un futuro resiliente”, Elena Lara plantea la importancia de los modelos de negocio sostenibles para equilibrar el beneficio económico, la preserva-

ción del medioambiente y el bienestar social. De ahí, el emprendimiento sostenible según la autora puede transformar los negocios y construir un futuro más próspero y equitativo para todos. Finalmente, dentro de este eje, Gemay Bonilla expone en “Comunidades circulares y sostenibles, por el desarrollo y optimización de cadenas de suministro de materiales aprovechables”, que la creación de ecosistemas sostenibles que incluyan la sensibilización, capacitación, adecuación de espacios, puntos ecológicos para acopio de residuos, generación de métricas e indicadores, acompañamiento a empresas y retroalimentación logran que el ciudadano se comprometa y reconozca su contribución individual dentro de un colectivo social.

Con base en lo anterior, dentro del ámbito del debate interdisciplinar y transdisciplinar se ha conformado este material de investigación, donde, bajo el auspicio de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), se han conjuntado esfuerzos de profesores, investigadores, consultores, empresarios y autoridades universitarias para concretar este proyecto. No obstante, no hubiera sido posible este material sin la revisión minuciosa de los integrantes del Comité científico internacional y las gestiones administrativas de los integrantes del Comité Editorial. A todas y todos, gracias.

*Los coordinadores*



Eje **I**

---

**Revalorización de residuos sólidos  
orgánicos en el contexto económico**



# Capítulo **I.1**

---

## **Desafíos y retos para la economía circular: Hacia una revalorización en el manejo de residuos sólidos de origen orgánico**

*Marcia Leticia Ramírez Larios<sup>1</sup>  
Mario Guadalupe González Pérez<sup>2</sup>  
Edith Xio Mara García García<sup>3</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20251833>



---

<sup>1</sup> Profesora-Investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. E-mail: marcia.mlarios@academicos.udg.mx

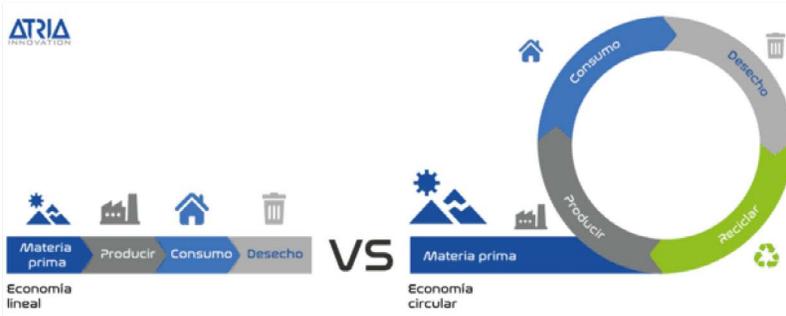
<sup>2</sup> Profesor-Investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. E-mail: mario.gperez@academicos.udg.mx

<sup>3</sup> Estudiante de la Maestría en Movilidad Urbana, Transporte y Territorio de la Universidad de Guadalajara. E-mail: ceerecerjosue@gmail.com

## 1. Introducción capitular

En términos generales, cuando se habla de basura o desecho, lo relacionamos para identificar a aquellos materiales sobrantes de algún proceso que aparentemente no pueden ser usados nuevamente. El concepto de residuo, en cambio, sirve para identificar a aquellos materiales que pueden tener valor en sí mismos al ser reutilizados o reciclados (DOF, 2015). El manejo de residuos sólidos orgánicos es un desafío crucial para las grandes ciudades que continúan en desarrollo, como Guadalajara, Jalisco. Con una población en constante crecimiento y una urbanización acelerada, la gestión eficiente de estos residuos se vuelve esencial para minimizar su impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Este artículo examina las prácticas actuales de manejo de residuos sólidos orgánicos en Guadalajara y discute los desafíos y oportunidades para mejorar estos procesos (Magaña, 2011).

En los últimos años, distintos organismos del gobierno, sociedad civil, instituciones educativas y sociedad en general han realizado diferentes actividades de recolección, separación y manejo de los residuos sólidos orgánicos de procedencia urbana (Navarro, 2017). La revalorización de estos residuos toma relevancia al tener la necesidad de alcanzar una recircularidad en la economía o el ámbito de la acción comunitaria con acciones inclinadas a constituir una conciencia ambiental y establecer bases para una sostenibilidad en el proceso de habitar la zona metropolitana de Guadalajara (Duque, 2022). Es por ello que se requiere concientizar a la población sobre el reúso de residuos sólidos orgánicos, para con ello lograr generar buenas prácticas y reducir en la medida de lo posible la contaminación por basura, como se puede observar en la Figura 1.

**Figura 1***Manejo de residuos sólidos de origen orgánico dentro de una economía circular**Fuente: Atria, 2024.*

## 1.1. Antecedentes

En las últimas décadas, el manejo de residuos sólidos urbanos se ha convertido en una preocupación creciente para las ciudades en todo el mundo, y la zona metropolitana de Guadalajara no es la excepción. La generación de residuos orgánicos ha sido uno de los aspectos más críticos debido a su potencial impacto ambiental y las oportunidades que ofrece para la economía circular (SEMADET, 2024).

Diversos actores, en donde se incluyen organismos gubernamentales, instituciones académicas, organizaciones civiles y la ciudadanía, han comenzado a implementar prácticas para la recolección, separación y manejo de estos residuos. En particular, se ha enfatizado la revalorización de los residuos orgánicos, ya sea reutilizándolos directamente o modificándolos para su uso en nuevos productos de consumo, en línea con los principios de sostenibilidad y economía circular (Madroñero y Guzmán, 2018).

## 1.2. Contexto y situación actual

En Guadalajara, los residuos sólidos orgánicos representan una proporción significativa de los residuos municipales generados. Estos residuos incluyen restos de alimentos, residuos de jardinería y otros materiales biodegradables que, con una falta de gestión adecuada, pueden contribuir a

problemas ambientales, como la contaminación del suelo y el agua, además de la emisión de gases de efecto invernadero (Bartra, 2020).

La ciudad de Guadalajara ha implementado varias iniciativas para una mejor gestión de estos residuos, que incluyen:

- a) Programas de separación en la fuente: Se han llevado a cabo campañas para educar a la población sobre la importancia de separar los residuos orgánicos de otros tipos de desechos. Esta práctica permite un manejo más eficiente y una mayor posibilidad de reciclaje o compostaje (Gobierno de Zapopan, s/f).
- b) Centros de acopio y compostaje: Existen centros de acopio donde los ciudadanos pueden depositar sus residuos orgánicos para ser tratados. Algunos de estos centros están equipados para realizar compostaje, convirtiendo los residuos en fertilizante natural que puede ser utilizado en áreas verdes de la ciudad (Instituto Tecnológico de Monterrey, 2019).
- c) Proyectos de bioenergía: Se han explorado proyectos para la generación de biogás a partir de residuos orgánicos, ofreciendo una alternativa renovable de energía y reduciendo la cantidad total de residuos que llegan a los rellenos sanitarios (SEMADET, 2024), como se puede observar en la figura 2.

**Figura 2**

*Principios de gestión de residuos base cero utilizado en ZMG*



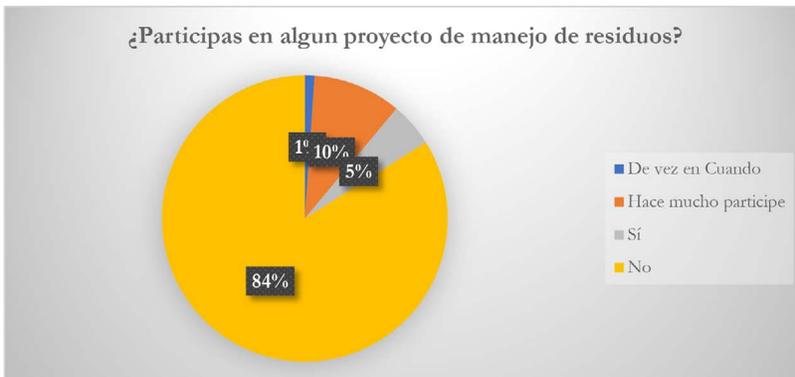
*Fuente:* Gobierno de Guadalajara 2024.

Sin embargo, a través de las encuestas que se realizaron a cerca de 200 personas, pudimos constatar que un 24 % de la población desconoce qué día es el que pasa el camión de la basura por su calle, para poder así sacarla en el momento adecuado y no provocar la oportunidad de que se genere más contaminación (Rosario, 2016).

Otra de las preguntas buscaba saber qué tan comprometidos o incluso involucrados estaban en proyectos que tuvieran que ver con el manejo y separación de residuos y fue triste ver que el porcentaje era muy bajo de los que contribuían en la actualidad, tan solo el 5 %, y otro 10 % mencionaron que hace mucho tiempo participaron en algún proyecto, pero ya no, como se puede ver en la Figura 3.

**Figura 3**

*Opiniones sobre el manejo de residuos sólidos de la población objeto de estudio*



*Fuente:* elaboración propia, 2024.

En el contexto actual, donde la gestión de residuos sólidos orgánicos se ha convertido en una prioridad global, la ciudad de Guadalajara enfrenta retos significativos que han sido ampliamente cubiertos en medios locales y nacionales. Noticias recientes destacan la implementación de nuevas estrategias por parte de las autoridades, como la reestructuración de rellenos sanitarios y la promoción de programas de reciclaje, que buscan mitigar los efectos ambientales de los residuos urbanos. Estas iniciativas reflejan una creciente conciencia social y política sobre la necesidad de transitar hacia modelos más sostenibles de manejo de residuos, alineados con los principios de economía circular y sostenibilidad que este artículo pretende

analizar en detalle, por lo que se comparten algunos de los encabezados más relevantes:

### *I. Desarrollos Recientes en la Gestión de Residuos Sólidos Orgánicos en Guadalajara.*

En jornadas Nacionales de Municipios y comunidades saludables celebradas en octubre de 2019 en Argentina ya se mencionaba la participación de los municipios en la preocupante situación del cuidado del medio ambiente y la salud, se certificaron los primeros municipios de Latinoamérica y se propusieron una serie de políticas públicas que vienen de los más diversos lugares, de México y de América Latina, reflexionando sobre sus propias prácticas, compartiendo los desafíos encontrados y las lecciones aprendidas en relación con las estrategias que vienen implementando desde el año 2003 los gobiernos locales de todo el país (Ministerio de salud de Argentina, 2014).

Guadalajara está abordando activamente los desafíos relacionados con la gestión de residuos sólidos orgánicos como parte de su estrategia más amplia de manejo de residuos. El cierre del relleno sanitario de Los Laureles, un importante sitio de disposición, ha llevado a los gobiernos locales la necesidad de implementar medidas de emergencia para manejar la disposición de residuos de manera efectiva (Gobierno de Guadalajara, 2024).

### *II. Participación del Gobierno y la Comunidad*

El gobierno está involucrando activamente a los municipios locales y las partes interesadas para asegurar que las estrategias de gestión de residuos sean efectivas y sostenibles. Esto incluye trabajar con empresas privadas para operar instalaciones de residuos y compartir la carga financiera de la remediación ambiental y el desarrollo de infraestructura (Gobierno de Guadalajara, 2024) (Figura 4).

**Figura 4**

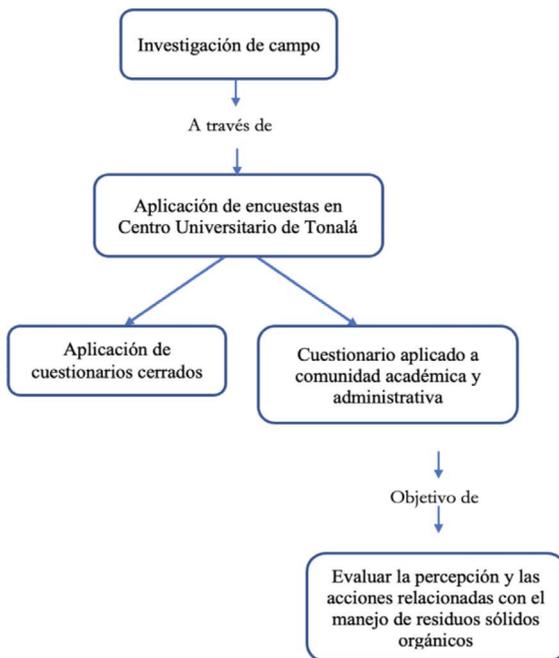
*Opiniones sobre la separación de los residuos sólidos en el hogar*



*Fuente:* elaboración propia, 2024.

## 2. Metodología

El presente estudio se basó en una investigación de campo realizada en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México, y aplicación de encuestas a la comunidad universitaria perteneciente al Centro Universitario de Tonalá, de la Universidad de Guadalajara. Se empleó una metodología mixta mediante la aplicación de cuestionarios cerrados, dirigidos a diferentes grupos etarios dentro y fuera de la comunidad administrativa y académica de la universidad, así como de revisión exhaustiva de acciones y noticias sobre residuos sólidos orgánicos en Jalisco en los últimos cinco años (Gran, 2016). El objetivo fue evaluar la percepción y las acciones relacionadas con el manejo de residuos sólidos orgánicos, así como identificar las prácticas actuales y el nivel de conciencia sobre la revalorización de estos residuos (Universidad de Guadalajara, 2015) (Figura 5).

**Figura 5***Diagrama Metodológico*

*Fuente:* elaboración propia, 2024.

### 3. Resultados

Los resultados del estudio revelaron que existe una variabilidad en la percepción y las prácticas relacionadas con el manejo de residuos orgánicos entre los diferentes grupos etarios de la comunidad universitaria (Figura 6).

**Figura 6***Residencia de las personas que participaron en la muestra**Fuente: elaboración propia, 2024.*

Se identificó que el 54 % de los encuestados no participa en ningún programa de reciclaje o separación de residuos, y aunque los jóvenes mostraron una mayor inclinación hacia prácticas proambientales, como la separación y el compostaje, afirmando un 67 % que sabía lo que es un residuo sólido orgánico. Nos desconcertó que un 24 % no sabía cuándo pasa el camión de la basura por su casa, y solo un 20 % de las 200 familias realiza separación de basura en casa. Además, se asemejaron desafíos importantes, como la falta de infraestructura adecuada en la recolección de la basura ya separada y la necesidad de mayor educación y concientización sobre las oportunidades de revalorización de los residuos orgánicos, y los prejuicios de no contribuir en la parte que corresponde como ciudadanía que forma parte de esta zona.

#### 4. Desafíos y oportunidades

A pesar de los esfuerzos, Guadalajara enfrenta varios desafíos, pero al mismo tiempo se pueden visibilizar oportunidades en el manejo de residuos sólidos orgánicos.

A continuación, se presentan algunos desafíos y oportunidades:

a) Falta de infraestructura adecuada: La capacidad de los centros de com-

- postaje y acopio es limitada, lo que impide el manejo eficiente de todos los residuos generados.
- b) Participación ciudadana inconsistente: Aunque se han realizado campañas educativas, la participación de la comunidad en la separación de residuos aún es irregular, lo que dificulta los esfuerzos de gestión.
  - c) Financiamiento y recursos limitados: Los proyectos para mejorar el manejo de residuos a menudo carecen de los fondos necesarios para su implementación y mantenimiento a largo plazo.
  - d) Estrategias a corto plazo: “Como respuesta al cierre, se han establecido soluciones temporales, incluyendo acuerdos para utilizar el relleno sanitario de Picachos en Zapopan y otros sitios para la disposición inmediata de residuos. Estos acuerdos son parte de un plan de tres etapas para manejar los residuos de manera efectiva en el corto, mediano y largo plazo” (Escamilla, 2021, 2022).
  - e) Por parte del gobierno estatal: “Se están realizando inversiones por un total de 100 millones de pesos para mejorar la capacidad de las instalaciones actuales de procesamiento de residuos, como el sitio de Picachos, que está recibiendo fondos para desarrollar celdas adicionales de relleno” (Escamilla, 2022).
  - f) Propuesta de soluciones a largo plazo: “De cara al futuro, Guadalajara está planificando la construcción de un relleno sanitario metropolitano para asegurar una gestión sostenible de residuos a largo plazo. Este proyecto está siendo cuidadosamente planificado para evitar conflictos sociales y políticos, así como para asegurar el apoyo técnico y financiero necesario” (Escamilla, 2022).
  - g) Hacer énfasis en la economía circular: “Un componente clave de la estrategia incluye el desarrollo de centros para la valorización y reciclaje de residuos, destinados a reducir la generación de residuos y promover una economía circular. Se espera que estos centros faciliten el reciclaje y la conversión de residuos orgánicos en recursos valiosos, minimizando así el impacto ambiental” (Escamilla, 2021).

Como podemos notar, estos desafíos también presentan oportunidades para la innovación y mejora. Las políticas de incentivo para la separación y reciclaje, el desarrollo de tecnologías avanzadas de tratamiento

de residuos y la colaboración con el sector privado y organizaciones no gubernamentales son algunas de las estrategias que podrían mejorar significativamente la situación.

Este estudio subraya la importancia de fomentar una cultura de sostenibilidad en la gestión de residuos orgánicos en Guadalajara. A pesar de los esfuerzos existentes, es crucial aumentar la infraestructura y las campañas de educación para promover prácticas de revalorización más efectivas. Las acciones proambientales deben ser incentivadas, no solo a nivel institucional, sino también en la comunidad en general, para avanzar hacia una economía circular que beneficie tanto al medioambiente como a la sociedad. La experiencia en el Centro Universitario de Tonalá puede servir como modelo para otras instituciones y comunidades, demostrando que la revalorización de residuos orgánicos no solo es viable, sino esencial para una sostenibilidad urbana a largo plazo.

## **5. Conclusión capitular**

El manejo de residuos sólidos orgánicos en Guadalajara, Jalisco, es un área de vital importancia que requiere atención continua y esfuerzos coordinados, así como una alfabetización en todos los niveles del uso y reúso. Las cantidades y tipos de residuos sólidos que se generan en la zona metropolitana son cada vez mayores; es necesario activar la economía circular a través de la implementación y creación de nuevas políticas públicas que se adapten al crecimiento de la mancha urbana. También es importante que, a través de la implementación de prácticas sostenibles y el fortalecimiento de las infraestructuras existentes, la ciudad avance hacia una gestión más eficiente de sus residuos, creando oportunidades de negocio para contribuir así a un entorno urbano más limpio y sostenible. Este documento espera proporcionar una base para futuras investigaciones y discusiones sobre estrategias efectivas de manejo de residuos sólidos en contextos urbanos similares, y que fomente la creación de cursos para alfabetizarnos como población que forma parte del problema.

## 6. Referencias

- Atria Inovation (2024). *Guía de valoración de residuos*. <https://atriainnovation.com/blog/guia-de-valorizacion-de-residuos/>
- Bartra, G. J. (2020). Gestión de residuos sólidos urbanos y su impacto medioambiental. *Ciencia Latina. Revista Multidisciplinar*, 4(2), 993-1008. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v4i2.135](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135)
- Duque, F. C. (2022). Gestión de residuos sólidos urbanos: un estudio sobre oportunidad y potencialidad señaladas por la literatura científica. *Espacios Públicos*, 23(57), 9-24. <https://espaciospublicos.uaemex.mx/article/view/18597/13825>
- Escamilla, H. (29 de septiembre de 2021). De última hora definen a donde enviarán la basura de Guadalajara. *Publimetro*. <https://www.publimetro.com.mx/jalisco/2021/09/29/de-ultima-hora-definen-a-donde-enviaran-la-basura-de-guadalajara/>
- Escamilla, H. (11 de mayo de 2022). Invertirán 100 millones de pesos este año para mitigar la crisis por la recolección de basura en Guadalajara. *Publimetro*. <https://www.publimetro.com.mx/jalisco/2022/05/11/basura-en-guadalajara-invertiran-100-millones-de-pesos-en-2022-para-paliar-crisis/>
- DOF (22 de mayo de 2015). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Reformada, Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-general-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos-62914>
- Gran, J. A. (2016). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente*, 1(9), 73-101. <https://www.redalyc.org/pdf/4557/455745080004.pdf>
- Gobierno de Guadalajara (2 de agosto 2024). *Video sobre el compostaje del mercado de abastos*. <https://www.facebook.com/GuadalajaraGob/videos/847456643612551/>
- Gobierno de Zapopan (s/f). *Zapopan. Estrategia territorial para la prosperidad urbana 2030*. <https://portal.zapopan.gob.mx/pez/documentos/ETZ2030.pdf>
- Instituto Tecnológico de Monterrey (30 de septiembre de 2019). *Anexo manejo integral de residuos*. <https://repositorio.tec.mx/bitstream/hand->

- le/11285/636860/I.%20ANEXO%20CLASIFICACION%20Y%20GESTION%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS%2020190930.pdf?sequence=1
- Madroñero-Palacios, S., & Guzmán-Hernández, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(3), 122–130. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3907>
- Magaña, P. (2011). ¿Es solo basura? *Ciencias*, 102, 24-26. <https://www.redalyc.org/pdf/644/64421308009.pdf>
- Ministerio de Salud de Argentina (2014). *Ambiente y Salud*: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bancos/2018-10/0000001215cnt-boletin-5\\_salud-ambiental.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bancos/2018-10/0000001215cnt-boletin-5_salud-ambiental.pdf)
- Navarro, E. J. (2016). *Percepción socio-ambiental sobre residuos sólidos municipales de la población de Nauta en su entorno local*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5373/Estefany\\_Tesis\\_Titulo\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5373/Estefany_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosario, R. R. (2016). *Manejo de residuos sólidos urbanos para la prevención de daños a la salud en el municipio de Cuernavaca Morelos*. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Salud Pública. <https://catalogo.espm.mx/files/tes/055111.pdf>
- SEMADET (agosto de 2024). *Residuos sólidos urbanos*. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/residuos/politica-publica-y-marco-normativo-en-materia-de-residuos>
- Universidad de Guadalajara (27 de marzo de 2015). *Jalisco genera más de 10 mil toneladas de residuos al día*. <https://www.cucea.udg.mx/es/noticia/27-mar-2015/jalisco-genera-mas-de-10-mil-toneladas-de-residuos-al-dia>



# Capítulo **I.2**

---

## **Alternativas de reúso y reciclaje de residuos sólidos orgánicos**

*María Neftalí Rojas Valencia*<sup>1</sup>

*Denise Y. Fernández Rojas*<sup>2</sup>

*Yamín N. Fernández*<sup>3</sup>

<https://doi.org/10.61728/AE20251840>



---

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: [nrov@pumas.iingen.unam.mx](mailto:nrov@pumas.iingen.unam.mx)

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: [nrov@pumas.iingen.unam.mx](mailto:nrov@pumas.iingen.unam.mx)

<sup>3</sup> Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: [nrov@pumas.iingen.unam.mx](mailto:nrov@pumas.iingen.unam.mx)

## **1. Introducción**

La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, conocida actualmente como FORSU, resulta del consumo de diversos productos alimenticios, de podas y de otras actividades domésticas, industriales y comerciales. El consumidor se ha visto en la necesidad de dejarlo como un residuo; en algunos casos, dichos residuos aún pueden ser susceptibles de aprovechamiento. El FORSU se forma con residuos de vegetales, hortalizas, frutos, residuos de carnes, grasas, restos agrícolas y podas de jardines. Esto solo por mencionar algunos de sus ingredientes; la mayoría de sus componentes son biodegradables y compostables, es decir, que se reintegran por medio de la ayuda de microorganismos nuevamente a la naturaleza. Pueden en corto tiempo convertirse en micronutrientes mezclados en la composta, lo cual es bueno para las plantas (De Anda-Trasviña et al., 2021).

Otros residuos orgánicos como el cartón, el papel y algunos plásticos biodegradables necesitan mucho más tiempo para degradarse. Los fabricantes, actualmente, tratan de cumplir con las normativas; están buscando que sus materias primas tengan propiedades biodegradables y compostables adicionando aditivos y resinas. El motivo de esta investigación es valorizar la FORSU, que puede ser clasificada y aprovechada para diferentes usos, tanto en el ámbito mundial como nacional. Este manuscrito presenta los resultados cualitativos y bibliográficos que permitieron visualizar el valor de la FORSU (Martínez et al., 2009; Repsol, 2023).

## **2. Metodología**

La revisión bibliográfica se basó en las publicaciones científicas que se relacionan con los usos del FORSU en México. Se efectuó una investigación de artículos en plataformas internacionales. Se seleccionaron artículos basados en criterios de inclusión y exclusión. Los artículos seleccionados se analizaron y se hizo una síntesis de ellos. La investigación registró las preguntas y definiciones para la búsqueda, selección y extracción de los

artículos, guiada por las afirmaciones y temas de investigación: aprovechamiento, valorización, reúso, reciclaje, compostaje, ver mi compostaje, entre otras palabras clave. Las cadenas de búsqueda utilizadas en revistas de alto impacto fueron similares: “Energía orgánica en México”, “Usos de energía orgánica”, “Economía circular”, “Sostenibilidad”, “Gas metano” y “Usos directos de residuos orgánicos”. Para ampliar las opciones de datos en este proyecto y como una forma de fortalecer este trabajo, se decidió incluir dentro de esta investigación búsquedas en páginas de bases de datos y de empresas que brindan servicios relacionados con el tratamiento del FORSU (Peñalosa, 2014; Rojas-Prieto et al., 2022; Varón et al., 2024).

### 3. Resultados

Los primeros resultados mostraron ejemplos de materiales comúnmente llamados residuos orgánicos, estos se muestran en la Figura 1.

**Figura 1**

*Residuos orgánicos tanto municipales como urbanos.*



*Fuente:* adaptado de Rojas et al., 2024.

### 3.1. Codificación de la FORSU

Son pocas las clasificaciones que se tienen sobre la FORSU, por lo que en este manuscrito solo se retomarán las más reconocidas; las primeras se pueden ver en las Figuras 2 y 3.

- Según su fuente de generación: En la Figura 2 se muestran los residuos que entran en esta clasificación.
- Según su origen y diferencia física: La Figura 3 representa a la clasificación de FORSU basada en su origen; esta es una de las clasificaciones actuales y es empleada para identificar el origen de la materia orgánica para su disposición adecuada.

**Figura 2**

*Clasificación de los residuos orgánicos según su fuente de generación*



*Fuente:* adaptado de Rojas et al., 2024.

A continuación, se describe cada uno de las clasificaciones con mayor detalle:

- FORSU derivado del barrido de las calles: Son residuos que se dejan sin ninguna responsabilidad en bancas, banquetas o calles, por un individuo que lo estaba comiendo y no terminó de consumirlo; lo deja en una banca de jardín o fuera de un restaurante, mercado o supermercado y no fue donado a quien lo necesite antes de que fuera depositado en un cesto de basura.

- b) FORSU proveniente de instituciones: Restos orgánicos generados en instituciones de gobierno y particulares. Mayormente se identifica por generar papeles, cartón, PET (los cuales son 100 % reciclables) y restos de comida derivados de los comedores donde se alimentan los trabajadores.
- c) FORSU generada en mercados: son residuos orgánicos de mercados populares, mercados sobre ruedas, supermercados, centrales de abastos entre otros. Los restos orgánicos generados en estos sitios pueden servir para la elaboración de composta y fertilizante orgánico líquido.
- d) FORSU de establecimientos comerciales: Se origina en establecimientos comerciales, como negocios de comida, restaurantes. En los restaurantes se generan en grandes cantidades debido al consumo alimenticio. Puede ser una fuente importante para la manutención de ganado porcino y bobino.
- e) FORSU proveniente de casa habitación: son residuos procedentes de domicilios, pueden tener mezclas de residuos de frutas, vegetales, restos de víveres preparados, tala de jardín y papeles. Pueden tratarse en una planta de composta, vermicomposta, o en una planta de digestión anaerobia (Rojas et al., 2011).

El FORSU según su origen y apariencia, se pueden ver clasificados en la Figura 3.

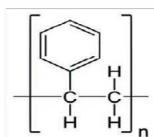
**Figura 3***Clasificación de la FORSU según su origen y apariencia*

Fuente: Adaptado de Anda-Trasviña, 2021 y Rojas et al., 2024

La Figura 3 representa la clasificación del FORSU según su entorno o estado físico que estos tienen. En la misma figura se considera que tanto el cuero, papel, cartón y plásticos son residuos orgánicos debido a que estos son fabricados de agregados orgánicos como el etanol y, en otros casos, son derivados del petróleo. Otra forma más detallada de clasificar a los residuos de la FORSU se enlistan a continuación: a) Restos de alimentos: son residuos o fragmentos de víveres que se originan de casa-habitación, restaurantes, comederos y otros establecimientos alimenticios; b) Excremento: son restos de heces fecales de animales que se alimentan de pasto y se puede usar para mejorar el bio-abono o generar biogás; c) Residuos de productos verdes: son residuos de tala o deshierbe de jardines, huertos o áreas verdes; se pueden incluir restos de cocina que no han sido cocidos como hortalizas y verduras; d) Cartón y papel: son materiales altamente valorados para reciclaje; e) Cuero: son restos de materiales de cuero, provenientes de diversos animales y f) Residuos de compuestos orgánicos incluyen: a los envases de plástico, el unisel y hasta el PET, que usan como materia prima al petróleo, no hay duda de su origen orgánico ya que gran parte se manufactura de hidrocarburos o derivados del petróleo. Son con-

siderados productos orgánicos porque contienen carbono tetravalente en su molécula y además tienen enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno en su molécula (lípidos, proteínas —aminoácidos—, carbohidratos). En la Figura 4 se puede corroborar su estructura química.

**Figura 4**  
*Estructura química del PS y PET*

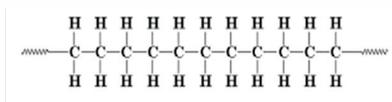


PS por ejemplo el unigel.



Grupo tereftalato Grupo etileno

PET por ejemplo botellas de agua.



PEAD, por ejemplo, botes de leche, jabón, limpiadores.

*Fuente:* Adaptado de Rojas et al., 2024.

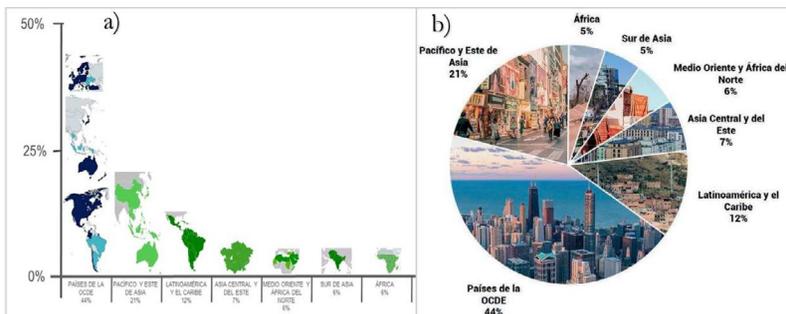
### 3.2 Cifras de generación de residuos orgánicos

Las cifras numéricas al paso de los años se han incrementado; en la Figura 5 se presentan parte de las cantidades y porcentajes de los residuos generados en la república mexicana.

**Figura 5***Porcentaje de generación de residuos orgánicos a nivel nacional**Fuente:* Adaptado de SEDESOL México, 2013.

### 3.3 Situación a nivel mundial

Un estimado en el lugar de origen, indica que el porcentaje de la FORSU va del 5 % al 44 % en el ámbito mundial, tal como se puede ver en la Figura 5 (a y b).

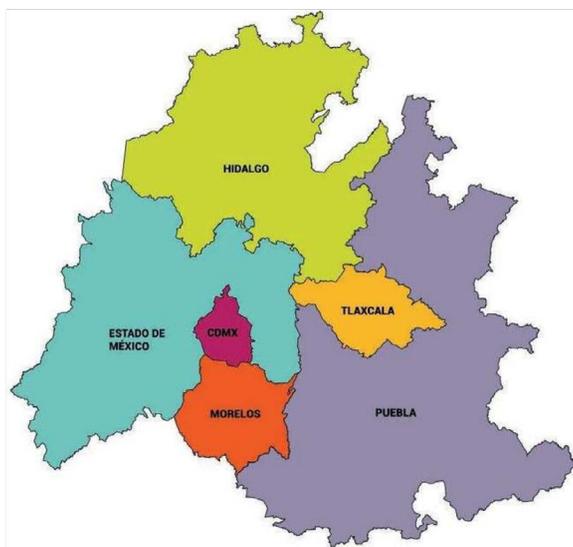
**Figura 6***Correlación del porcentaje en peso de la FORSU en varios países del ámbito mundial (a y b)**Fuente:* Adaptado de: Hoornweg y Bhada-Tata, 2012 y Rojas-Valencia, 2024.

### 3.4. Cifras promedio de generación de residuos en la megalópolis

El término megalópolis se emplea para delimitar el área metropolitana, la cual está conformada por 16 alcaldías de la Ciudad de México, 29 de Hidalgo, 80 del Estado de México, 22 de Puebla, 33 de Morelos y 60 municipios de Tlaxcala. En todos estos estados que integran la megalópolis se generan porcentajes importantes de FORSU.

**Figura 7**

*Lugares representativos de la megalópolis*



*Fuente:* Adaptado de Rojas et al., 2024

Un estimado de generación de RSU, en promedio en la megalópolis dio como resultado que la FORSU ocupa en promedio el 40 %, tal como se puede ver en la Figura 8.

Figura 8.

Composición física del porcentaje en la generación de FORSU de un promedio estimado en la megalópolis



Fuente: Adaptado de INEGI, 2019.

### 3.5 Búsquedas de alternativas de utilización de restos orgánicos

Basados en la gestión de residuos valorizables, se puede decir que son los restos que logran ser reutilizados o convertidos en otro producto, reintegrándolos al ciclo económico y comercial.

El máximo beneficio del aprovechamiento de la FORSU es la disminución de la demanda de recursos naturales, del consumo de energía, así como la contaminación ambiental y los residuos que van a los sitios de disposición final. Es importante tener en mente que la explotación de la FORSU debe realizarse cuando sea económicamente factible, técnicamente viable y ambientalmente segura.

El aprovechamiento que se le puede dar es muy diverso, por ejemplo, la preparación de abonos orgánicos elaborados del proceso de composta y vermicomposta, fertilizantes líquidos a partir del FORSU, jabones a partir de aceites, biodiésel a partir de residuos de aceites, bioteno y biodigestores, muclágo de nopal se puede aprovechar como pintura mezclada con cal y como coagulante para tratar diversos cuerpos de agua contaminados, al igual que el cascarón de huevo para absorber metales. Se puede tener un aprovechamiento energético del bagazo de caña, de residuos de plátano y de diversidad de residuos orgánicos que se pueden trabajar de mane-

ra individual o combinada. Por otra parte, se ha empleado una variedad importante de residuos orgánicos en la creación de artesanías y diversos negocios que han resultado ser muy fructíferos, valorizando la cáscara de los cítricos.

Con residuos de cartón, principalmente de empaques de huevo que las recicladoras ya no compran o rollos interiores del papel de baño y de servitoallas de cocina, entre otros tipos de cartón, se combinan con agua y grenetina para obtener una pasta que se moldea para darle forma a macetas compostables. En las macetas, se siembran las semillas o pequeñas plántulas para que germinen; no es necesario trasplantarlas después de los dos meses de duración de estos recipientes ecológicos, puesto que desde un inicio se pueden colocar en sus macetas definitivas o en el mismo suelo de siembra, con la ventaja de que el recipiente sustentable le aportará nutrientes a las plantas y a la tierra.

Mientras que para elaborar los colorantes naturales se pueden emplear residuos de cáscara de plátano, mucílago de nopal y cal, betabel, zanahoria, col morada, paprika, cúrcuma, flores de buganvilia, hojas verdes de plantas, por ejemplo, que se maceran con agua, alcohol y bicarbonato, para obtener las acuarelas sustentables no tóxicas. Con ello, se contribuye a la reducción de la generación de residuos y la contaminación. Si se sigue buscando, son muchas las cosas que se pueden elaborar aprovechando materiales orgánicos sustentables y reciclables.

#### **4. Conclusión capitular**

El FORSU se genera en grandes cantidades todos los días; es necesario adoptar alternativas de tratamiento para aprovecharlo al máximo. Después del análisis de esta investigación, se puede decir a manera de conclusión que todos los residuos sólidos orgánicos, sin importar su procedencia, pueden ser 100 % valorizados y aprovechados.

La importancia del manejo adecuado del FORSU demanda prontas acciones; se han generado ideas de aprovechamiento de manera sencilla y práctica en la vida diaria, que contribuyen a minimizar el desperdicio de la materia prima que es primordial para el planeta.

## 5. Referencias

- De Anda-Trasviña A., E. García-Galindo, A. Peña-Castañón, J. Seminario-Peña y A. Nieto-Garibay. (2021). Residuos orgánicos: ¿basura o recurso? *Recursos Naturales y Sociedad*, 7(3): 19-42. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2021.07.07.03.0004>
- INEGI. (2019). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2019. Módulo 6: Residuos sólidos urbanos*. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/>
- Martínez, E., Figueroa, U., Cano, P., Preciado, P., Moreno, A. & Rodríguez, N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(3), 245-250.
- Peñalosa Londoño, E. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura* (pp. 1-85). Contrato Interadministrativo 369 UAESP - Universidad Nacional de Colombia. [https://www.uaesp.gov.co/images/guia-uaesp\\_sr.pdf](https://www.uaesp.gov.co/images/guia-uaesp_sr.pdf)
- SEMARNAT. (2017, 24 febrero). Nopal: “La planta de la vida”. Recuperado el 12 de febrero del 2020, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/nopales-previo?idiom=es>
- Varun Goel, Ankur Dwivedi, Kuber Singh Mehra, Sudhir Kumar Pathak, V. V. Tyagi, Suvanjan Bhattacharyya, A. K. Pandey. (2024). Solar drying systems for Domestic/Industrial Purposes: A State-of-Art review on topical progress and feasibility assessments. *Solar Energy*, 267, 112210. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112210>.
- Repsol, (2023). *All about organic Waste. How to efficiently manage Waste*. 11 September 2023 Repsol. (Consultado el 13/08/2024) <https://www.repsol.com/en/energy-and-the-future/future-of-the-world/organic-waste/index.cshtml>
- Rojas Prieto Natalia; Acuña Monsalve Yudtanduly; Ramírez-Duque Andrés. (2022). *Tendencias y alternativas para la gestión de residuos sólidos orgánicos en unidades militares del Ejército Nacional de Colombia* (pp. 1-27). Universidad El Bosque. <https://doi.org/10.21830/9789585318342.07>
- Rojas-Valencia, M. N., Orta de Velásquez, M. T., Franco Víctor. (2011). Urban agriculture, using sustainable practices that involve the reuse of

wastewater and solid waste. *Agricultural Water Management*, 98( 9). pp. 1388-1394. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.005>

Rojas-Valencia, M. N., Fernández-Rojas, D. Y., Fernández Rojas, Y. N. (2024). *Alternativas de reúso de residuos sólidos orgánico*. Editorial y Distribuidora Académica Libertad Mexicana S. A. de C. V. (LIBERMEX).



# Capítulo **I.3**

---

## **Plan estratégico gestión de residuos valorizables Comuna de Ancud**

*Alfredo Marcelo Caro Alvarado*<sup>1</sup>

<https://doi.org/10.61728/AE20251857>



---

<sup>1</sup> Director de Medioambiente, Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Ancud.  
e-mail: alfredo.caro@muniAncud.cl

## 1. Introducción capitular

### 1.1. Contexto global y nacional

Durante las últimas décadas, se ha evidenciado a nivel global, nacional y regional un problema asociado a la generación, tratamiento y destino final de los residuos sólidos domiciliarios (RSD). Por ende, la comuna de Ancud ha comenzado, desde hace un par de años, a implementar una nueva forma de tratar las problemáticas ambientales que amenazan con la salud, seguridad y bienestar de las personas y el medioambiente. Esto en conjunto con diversos organismos gubernamentales nacionales y regionales, basándose en las metas, estrategias y políticas que se han generado y propuesto por parte de las distintas entidades relacionadas.

En función de lo anterior, surge el interés, por parte de varios países, de adoptar una nueva perspectiva sobre los procesos productivos dentro de la economía. Por ende, se deja de lado el concepto de “economía lineal”, la cual consiste en extraer recursos, elaborar productos para luego consumirlos y, finalmente, desecharlos, y se comienza a optar por la “economía circular”, la cual es consciente de que los recursos son limitados, al igual que la resistencia por parte de los ecosistemas frente a la explotación ambiental. Respecto a la economía circular, a nivel nacional, esta se basa en tres principios:

- i) Eliminar residuos y contaminación desde el diseño: Para la economía circular, los residuos generados en los procesos productivos provocan una ineficiencia con altos costos asociados a nivel medioambiental y económico debido al tratamiento posterior que se debe ejercer sobre ellos. Por lo tanto, es necesario eliminar o evitar la generación de residuos desde la confección e idea inicial de los productos en cada nivel de producción.
- ii) Mantener productos y materiales en uso: Evitar que un producto pierda su valor a medida que es parte del proceso de consumo, evitando así la generación de residuos al mismo tiempo que se generan sistemas productivos y de consumo más eficientes y circulares.
- iii) Regenerar sistemas naturales: Si bien es importante lo mencionado anteriormente, no es suficiente para la economía circular. Por ello, es

necesario no sólo el mantener el cuidado medioambiental, sino que, en paralelo, también se debe buscar la regeneración de los recursos naturales y sus ecosistemas.

Para lo anterior, se han propuesto diversas metas a nivel nacional, y para la realización de estas también se propusieron diversas iniciativas y acciones, las cuales se dividen en cuatro ejes fundamentales de transformación para un Chile circular:

- a) **Innovación circular:** Participación por parte de productores desde el proceso de diseño para evitar la generación de residuos en los procesos productivos. También, se plantea la necesidad de apoyar, por parte de organizaciones de orden público o privado, a los emprendimientos que sigan las líneas de acción relacionadas con la economía circular mediante financiamiento o recursos. Por último, se incentiva la investigación y el desarrollo científico y tecnológico para el aceleramiento de los procesos ya mencionados.
- b) **Cultura circular:** Las personas se deben adaptar a este nuevo estilo de vida, dejando atrás los hábitos de desechar sus residuos sin pensar en los impactos negativos que esto provoca. Para esto, se deben desarrollar sistemas de educación ambiental integrales a través de una amplia disponibilidad y difusión de información pertinente al tema.
- c) **Regulación circular:** El manejo inadecuado de residuos genera efectos negativos a nivel medioambiental y social. Por lo tanto, se requiere de un marco regulatorio que evite estos efectos negativos, haciendo que los generadores de residuos se hagan cargo de sus residuos, siguiendo la línea del principio de “el que contamina paga”, que se ha consagrado en el país mediante la ley REP.
- d) **Ley REP:** Ley 20.920 respecto a la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje en la gestión de residuos. Tiene como objetivo la disminución en la generación de residuos por parte de los productores de productos prioritarios derivados de la comercialización de estos en el país. Al mismo tiempo, fomenta la valorización de estos tipos de desechos con la finalidad de proteger la salud de las personas y del medioambiente. Esta ley, además, contempla otras normas para facilitar su funcionamiento, implementando la fiscalización y sanciones

para asegurar su cumplimiento. Este tipo de acciones gubernamentales forma parte de los inicios en prácticas que encaminan a Chile hacia una economía circular.

- e) Territorios circulares: Regiones del país deben abordar los desafíos, en términos medioambientales, según su contexto local, considerando su nivel de infraestructura y recursos para impulsar la economía circular. Debido a lo anterior, la economía circular no significa lo mismo para todas las regiones, ya que se debe considerar el avance que se lleve en cada sector.

## **1.2. Objetivos nacionales**

De acuerdo con documentos “Hoja de ruta para un Chile circular al 2040” y “Estrategia nacional de residuos orgánicos: El Chile que queremos al 2040” emanados desde el Ministerio de Medioambiente durante el año 2020, se establecen metas y objetivos nacionales/comunales que deberán ser gestionados para sus logros. Con base en las directrices establecidas en ambos documentos, la Ilustre Municipalidad de Ancud identifica metas que se encuentran dentro de su alcance de gestión, a fin de operativizar ejes estratégicos enfocados al logro de estas metas.

## **2. Hoja de ruta para un Chile circular al 2040**

### **2.1. Segunda meta: Disminución de la generación de residuos sólidos municipales por habitante:**

La generación de residuos sólidos municipales (en adelante, RSM) es uno de los principales efectos de la economía lineal. En el caso de Chile, estos residuos corresponden a alrededor de un 42 % del total de residuos reportados. Su disminución pasa tanto por las decisiones de producción de las empresas —usar más o menos envases y embalajes, poner en el mercado productos de mayor o menor durabilidad, etcétera— como por los estilos de vida y las decisiones de consumo de la ciudadanía.

En los últimos 17 años, la generación de RSM/per cápita del país ha ido al alza. Mientras que, en el año 2000, en promedio, las y los habitantes

del país generaban 295 kg/cápita anuales, para el año 2018 se había alcanzado un promedio de 440 kg/cápita anuales (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Reducción de los RSM en las próximas décadas*

Año	Objetivos cuantificables
2030	Reducción de un 10 % de los RSM por habitante
2040	Reducción de un 25 % de los RSM por habitante

*Fuente:* Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

## **2.2. Sexta meta: Aumento de la tasa de reciclaje de residuos sólidos municipales**

El reciclaje de RSM presenta una realidad muy diferente al reciclaje de otros tipos de residuos. La razón fundamental es que los residuos sólidos municipales se generan de forma mucho más dispersa que otros residuos como los industriales: en el primer caso, la generación se da en un sinnúmero de hogares, establecimientos comerciales y otras edificaciones a lo largo y ancho de los territorios; mientras que, en el segundo caso, esta se da en establecimientos productivos donde se concentra gran cantidad de residuos. Por ello, su reciclaje tiende a ser más difícil, puesto que depende de la acción coordinada de muchos más actores, incluyendo a toda la ciudadanía, que debe participar activamente separando sus residuos en origen.

En Chile, la tasa de valorización de residuos sólidos municipales apenas se acerca al 2 %. Sin embargo, la experiencia internacional muestra que es posible alcanzar altas tasas de reciclaje de RSM. Por ejemplo, para el año 2016, el bloque de la Unión Europea alcanzó en promedio una tasa de 46 %, mientras que países como Alemania o Eslovenia alcanzaron tasas de hasta 66 % y 58 %, respectivamente. El caso de Eslovenia es de especial interés: en un plazo de 14 años, entre 2002 y 2016, aumentó su tasa de reciclaje de RSM desde un 20 % a un 58 % (Tabla 2).

**Tabla 2***Tasa de reciclaje de RSM en las próximas décadas*

Año	Objetivos cuantificables
2030	Alcanzar tasa de reciclaje residuos sólidos municipales de un 30 %
2040	Alcanzar tasa de reciclaje residuos sólidos municipales de un 65 %

*Fuente:* Ministerio del Medio Ambiente de Chile

### 3. Estrategia nacional de residuos orgánicos: El Chile que queremos al 2040

#### 3.1. Meta: Valorizar dos tercios de los residuos orgánicos de aquí a dos décadas

Aproximadamente el 58 % de los residuos sólidos municipales, en peso, corresponde a residuos orgánicos, esto es, más del doble de lo que representan otras fracciones, como los envases y embalajes (plástico, cartón, vidrio, latas, etc.). No obstante, la tasa de valorización de los residuos orgánicos es inferior al 1 % del total de toneladas generadas cada año (Tabla 3).

**Tabla 3.***Tasa de valorización de los residuos orgánicos en las próximas décadas*

Año	Objetivos cuantificables
2030	Valorizar un 30 % de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.
2040	Valorizar un 66 % de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.

*Fuente:* Ministerio del Medio Ambiente de Chile

#### 3.2. Contexto comunal respecto a los RSD

Durante el año 2008, se aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios en el Decreto Supremo N°189 del Ministerio de Salud, donde se establece una prohibición de apertura para nuevos vertederos en Chiloé, y la obligación de modificar

los vertederos activos para funcionar en condiciones similares a un relleno sanitario.

En 2012 se señala que los vertederos deben cerrar, por lo tanto, se comienza a buscar una solución a este problema por parte de la Oficina de Medio ambiente, con la intención de generar un plan de adecuación y cierre progresivo del vertedero. Sin embargo, al no concretar una propuesta para la disposición final, los vertederos debieron seguir su funcionamiento.

En abril del 2019 se cierra el vertedero de Ancud, en Huicha, lo cual provoca que se declare alerta sanitaria para la provincia de Chiloé por parte de la SEREMI de Salud de la Región de los Lagos. Debido a esto, se buscaron alternativas para la disposición final de los residuos en otras comunas, sin resultados positivos.

A través de Alerta Sanitaria, SEREMI de Salud instruye al municipio a instalar un sitio transitorio de disposición final en el sector de Puntra en Ancud, regido por el D.S. N°189. Este sitio dejó de funcionar por decisión de la corte suprema, por lo tanto, actualmente, los RSD de la comuna son trasladados a un sitio autorizado en Los Ángeles, mientras se realiza un estudio para determinar la disposición de los residuos del relleno sanitario de Puntra El Roble.

En base a la problemática comuna en relación con la disposición de RSD y la visión de la administración comunal referente la importancia crítica del objetivo de disminuir los volúmenes de RSD a disposición final la Estrategia Ambiental Comunal se incorpora en PLADECO 2018 – 2026 (Plan desarrollo comunal de Ancud) la estrategia Ambiental Comunal que actualmente llamamos Ancud Circular.

#### **4. Documentos referenciales para el desarrollo de estrategia**

El diseño del plan estratégico para la gestión de residuos valorizables de la comuna de Ancud. Toma de referencia las visiones globales, nacionales y comunales referentes a la problemática de los RSD; desde esta base documental se construye y operativiza nuestra estrategia.

## 4.1. Visión global

Desde un punto de vista global, se establecieron desde la Organización de las Naciones Unidas ONU el año 2015 una serie de metas globales denominadas como “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS), con la finalidad de poner fin a varias problemáticas de carácter mundial. Entre estos objetivos, existen 6 que aplican al contexto y estrategias desarrolladas en este documento:

- a) ODS N°5 Igualdad de género: Promover e incentivar la participación inclusiva e igualitaria en actividades relacionadas a la gestión de los RSD, con la finalidad de poner fin a cualquier forma de discriminación, asociada al cuidado del medio ambiente, existente en el territorio. Esto mediante, el reconocimiento del saber y la experiencia de las mujeres como usuarias de los recursos naturales, siendo un elemento fundamental para la sostenibilidad ambiental.
- b) ODS N°6 Agua Limpia y Saneamiento: Proteger y restablecer los ecosistemas que contengan agua, como bosques, montañas, humedales, lago, ríos y acuíferos mediante la reducción de residuos y de las prácticas contaminantes.
- c) ODS N°8 Trabajo Decente y Crecimiento Económico: Mejorar de forma progresiva los procesos productivos y el consumo eficiente de los recursos mediante un crecimiento económico sostenible.
- d) ODS N°9 Industria, Innovación e Infraestructuras: Modernizar la infraestructura industrial para lograr la sostenibilidad, mediante, además, tecnologías y procesos industriales limpios.
- e) ODS N°11 Ciudades y Comunidades Sostenibles: Reducir el impacto ambiental negativo por persona en las ciudades, mediante la gestión de desechos municipales y de otros tipos. Además, proporcionar acceso a zonas verdes y espacios públicos seguros para la población.
- f) ODS N°12 Producción y Consumo Responsables: Lograr una gestión sostenible y eficiente de los recursos naturales en procesos de producción y consumo. Además, reducir la generación de residuos domiciliarios mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización. Al mismo tiempo, proporcionar información y conocimientos sobre el desarrollo sostenible y el cuidado ambiental a las personas de la comunidad.

- g) ODS N°13 Acción por el Clima: Mejorar la educación ambiental, la sensibilización sobre el cuidado del medio ambiente y la adaptación de la comunidad sobre la mitigación del cambio climático.

## 4.2. Visión Nacional

A nivel nacional el Ministerio del Medio Ambiente desarrollo una serie de documentos e iniciativas a través de los cuales se plasma una visión país circular con metas y objetivos:

- a) Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO): Estrategia por parte del Ministerio del Medio Ambiente con el apoyo del Gobierno de Canadá a través del programa recicló orgánicos. Se propone la meta, a nivel nacional, de aumentar el porcentaje de valorización de residuos orgánicos desde el 1 % al 66 % al 2040. Al mismo tiempo, se señala la importancia de tener el equipo e infraestructura necesario para aprovechar la valorización de estos residuos.
- b) Hoja de ruta para un Chile circular al 2040: Se plantean las metas para el 2040 junto a distintas líneas de acción para establecer una economía circular en el país, dejando de lado la economía lineal, con la visión de que este nuevo sistema regenerativo impulse a Chile hacia un desarrollo sostenible y participativo en el cuidado del medio ambiente, con una sociedad consciente y participativa.
- c) Estrategia RSD Chiloé: Programas desarrollados por el Ministerio del Medio Ambiente a través de su programa Chiloé Reduce. Se establecen distintas líneas de acción correspondientes a las iniciativas que permiten implementar los ejes estratégicos para el desarrollo de los objetivos planteados en esta estrategia territorial. (Diez comunas de Chiloé)
- d) Caracterización comunal de Ancud —Sistemas de Prevención y Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD): Caracterización realizada en la comuna de Ancud por parte de Chiloé Reduce en su iniciativa del Proyecto Luxemburgo— Chiloé. En esta se presenta el contexto en que está situada la comuna en términos residuales junto a algunos proyectos que se estaban realizando.

### 4.3. Visión Comunal

A nivel local, la Ilustre Municipalidad de Ancud, junto con su Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato (DIMAO), ha realizado una serie de levantamientos de información a través de asesorías externas referente a la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios comunales y seguimiento de programas de compostaje, además de la actualización de la Ordenanza Municipal sobre Medio Ambiente, Aseo y Ornato Comunal N°12, actualmente fiscalizada por inspector medioambiental. Los documentos referenciales son los siguientes:

- i) Informe N°3.1 caracterización RSD comuna Ancud: Este documento es parte de la “Asistencia Técnica para el Programa de Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios Chiloé”. Se presenta un estudio de caracterización y generación de residuos sólidos domiciliarios realizados en la comuna de Ancud, obteniendo así los porcentajes correspondientes a cada tipo de desecho que se producen en la localidad.
- ii) Informe final Ancud, Programa comunal de compostaje RSD de la comuna de Ancud: Informe realizado por CompostChile. Se presentan distintas etapas del proyecto de compostaje de los primeros 640 kits en la comuna de Ancud, detallando cada etapa y las conclusiones que se obtuvieron.

Respecto a las políticas comunales de la Municipalidad de Ancud, con fecha 12 de enero del 2023 se actualiza la Ordenanza N°12 Medio Ambiente, Aseo y Ornato Comunal, donde los principales artículos asociados a este documento son:

- a) Artículo N.º1. “Establecer un marco normativo que regule, proteja y conserve el medio ambiente de modo tal que permita contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la comuna de Ancud de forma sustentable”.
- b) Artículo N.º2. “Resguardar el derecho constitucional de los habitantes de la comuna de Ancud a vivir en un ambiente libre de contaminación”.
- c) Artículo N.º3. “Reglamentar la conservación y recuperación del patrimonio ambiental de la comuna de Ancud.”

- d) Artículo N.º4. “Definir y establecer los principales permisos y servicios que entrega la Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato Municipal, en relación al cuidado del Medio Ambiente.”
- e) Artículo N.º9. “Privilegiar estrategias tendientes a evitar que se produzcan impactos ambientales negativos”.
- f) Artículo N.º11. “Trabajar en base al diagnóstico ambiental comunal, un instrumento de planificación como ‘Estrategia ambiental comunal’, la cual debe ser actualizada como máximo cada tres años”.
- g) Artículo N.º12. “Los objetivos que se fijen deben ser alcanzables, considerando para ello la magnitud de los problemas existentes, la forma y oportunidad en que se pretenda abordarlos y los recursos y medios que se cuenten para ello”.
- h) Artículo N.º23. “Se prohíbe botar basuras de cualquier tipo, toda clase de objetos, desechos sólidos o líquidos en la vía pública, parques, jardines, cauces naturales y artificiales, sumideros, acequias, depresión natural de terreno, esteros, canales, lagunas y en cualquier depósito natural o artificial de aguas corrientes o estancadas de la comuna de Ancud.”
- i) Artículo N.º25. “Queda prohibido acumular escombros, material de construcción, basuras de cualquier tipo u otros materiales en los bienes nacionales de uso público, los cuales solo podrán depositarse temporalmente en la vía pública previa autorización municipal”.
- j) Artículo N.º38. “La Municipalidad retirará los residuos sólidos domiciliarios entendiéndose por tales, las basuras de carácter doméstico generadas en viviendas y en toda otra fuente cuyos residuos presenten composiciones similares a los de las viviendas, hasta un volumen de 360 litros por retiro. (60 lts/día aproximadamente)”.
- k) Artículo N.º39. “Todo local comercial que funcione en la comuna debe contar por obligación con un contenedor de basura cerrado de 120 lts a 360 lts, lo que se fiscalizará por parte de la unidad de inspección municipal.”
- l) Artículo N.º46. “La Municipalidad no retirará en ninguna circunstancia los siguientes tipos de desechos:
- Residuos de cualquier tipo que por su tamaño o calidad puedan dañar los equipos compactadores de los vehículos recolectores.
  - Residuos Industriales

- m) Los residuos generados por establecimientos de atención de salud (REAS), deberán someterse a lo establecido en el Reglamento Sobre Manejo de Residuos de Establecimientos de Atención de Salud, del Ministerio de Salud (2009).
- n) Residuos que se tengan un Sistema de recolección diferenciado para valorización entregado por el municipio, como por ejemplo Botellas Plásticas (PET1, PEAD2, PEBD4, PEAD5); Latas de bebidas y cervezas; Botellas y envases de vidrio; papel blanco y cartones; tetrapack y aceite doméstico.
- ñ) Artículo N°48. “Los residuos domiciliarios deberán depositarse en contenedores apropiados para tal efecto y en bolsas que deberán estar al interior de contenedores de metal o plásticos con su respectiva tapa (tamaño máximo domiciliario de 360 lts), de preferencia individualizados con cada vivienda.”
- o) Artículo N°76. “Se prohíbe en toda dependencia administrada por el municipio y en todo evento masivo realizado en la comuna, el uso de bombillas plásticas, vasos plásticos y/o de plumavit, bolsas plásticas, servicios y platos plásticos (plásticos de un solo uso).”

#### **4.4. Instrumentos de apoyo y financiamiento para proyectos e iniciativas de gestión de los RSD en la comuna de Ancud**

Los organismos públicos en el país cuentan con programas, sistemas de certificación y fondos para apoyar la gestión de los RSD en distintas regiones y comunas. En el caso de la comuna de Ancud, a través de la DIMAO ha logrado gestionar recursos a través de diferentes líneas de financiamiento para hacer operativa la estrategia del Plan estratégico para la gestión de residuos valorizables de la comuna de Ancud.

Las líneas de apoyo y financiamiento utilizadas son las siguientes:

- i) Ministerio del Medio Ambiente (MMA):
  - a) Fondo para el Reciclaje (FPR): Es una de las iniciativas de Chiloé Reduce, la cual corresponden a fondos destinados a proyectos municipales para enfrentar los problemas de residuos en Chiloé, con un presupuesto de CLP\$700.000.000. En el caso de la comuna de Ancud, se postularon proyectos para el año 2019 y 2020, denominados FPR 2019 y FPR

2020, respectivamente, donde el primero se utilizó para la implementación de composteras en la comunidad y el segundo para impulsar el sistema de recolección diferenciada en la ciudad a través de un punto limpio móvil y una trituradora, junto a material audiovisual explicativo para fomentar el compostaje y reciclaje en la comuna de Ancud mediante redes sociales.

- b) Fondo de Protección Ambiental (FPA): Apoya iniciativas ciudadanas mediante financiamiento de proyectos ambientales. En la comuna de Ancud se cuentan con tres proyectos financiados por este fondo, los cuales son independientes de la Municipalidad de Ancud, pero que contaron con su apoyo para la gestión de la solicitud.
- c) Proyecto Luxemburgo Chiloé: Una de las iniciativas de Chiloé Reduce, la cual corresponde a un aporte internacional que recibió Chile por parte del Gran Ducado de Luxemburgo con un monto de 1.4 millones de dólares para realizar una estrategia de RSD en Chiloé. La comuna de Ancud contó con el apoyo de este proyecto mediante el financiamiento de 350 kits de compostaje, el cual fortaleció la continuación de la línea de trabajo de Ancud Composta.
- d) Programa Reciclo Orgánicos: Una de las iniciativas de Chiloé Reduce, donde se está trabajando con distintas comunas, con el objetivo de instalar plantas de compostaje que reduzcan el volumen de residuos que llegan a destinos de disposición final. Todo esto en un trabajo colaborativo con el gobierno de Canadá.
- e) Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM): Tiene como objetivo formalizar la gestión ambiental en municipios para que se instalen como referentes ambientales en la localidad. Actualmente, la comuna de Ancud se encuentra en un nivel de logro básico, mediante sus líneas de acción de manejo integral de residuos, tenencia responsable de mascotas, recuperación, manejo y protección de recursos naturales y educación y cultura ambiental.
- f) Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos (SNCAE): Este tiene por objetivo la certificación ambiental para establecimientos educativos con la finalidad de establecer una estrategia integral para estas organizaciones en temas de sustentabilidad y educación ambiental. En la comuna de Ancud, actualmente, se

- cuentan con los siguientes establecimientos educacionales certificados:
- g) En el año 2019: Escuela LLequen, Escuela rural San Miguel de Coñimo, jardín infantil Piolin, Escuela especial de lenguaje Semilla de Girasol, Liceo comercial El Pilar, Mirador de Sueños y Centro educacional Gar-yes. Siendo 7 los establecimientos certificados.
  - h) En el año 2023: Gracias al trabajo conjunto y la motivación de los distintos Establecimientos educacionales (EE) logramos tener 18 EE certificados ambientalmente.
- ii) Gobierno Regional:
- a) Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR): Consiste en un programa de inversiones públicas destinado al financiamiento de infraestructura social y económica. Este engloba otros fondos como el FNDR 6 % de Medio Ambiente, donde la comuna de Ancud fue financiada para el proyecto de “Ancud Circular: Sigamos Avanzando en compostaje y reciclaje” en el año 2021. Además, respecto al FNDR, se realizó un proyecto en el año 2019 para la adquisición de camiones recolectores y contenedores de basura.
- iii) Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE):
- a) Cuenta con el Programa Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), encargados de entregar recursos al Gobierno Regional. Entre los proyectos financiados por la SUBDERE, para la comuna de Ancud, está el “Galpón reciclaje municipal” del año 2021. El monto total de inversión de 2018 – 2024 fue CLP\$ 1.500.000.000.

## 5. Estrategia comunal

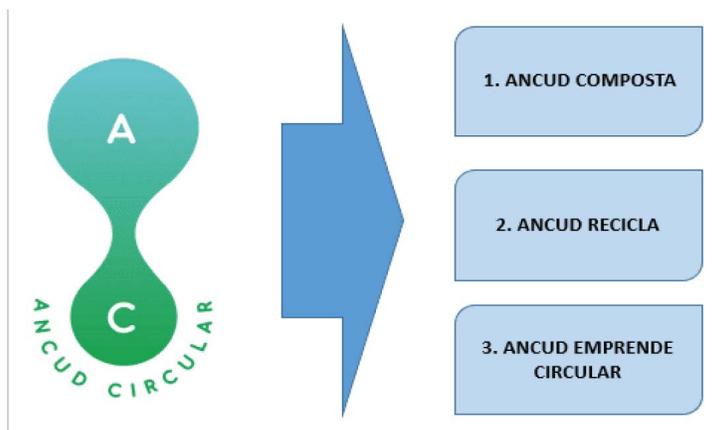
### 5.1. Ancud Circular

Ancud Circular es la estrategia municipal para la valorización de residuos para reducir la disposición final que va a descarte y cuenta con 3 líneas estratégicas hacen operativo el sistema creado para la gestión de residuos valorizables de la comuna de Ancud. De acuerdo con informe N.º3.1 de estudios “Caracterización RSD Comuna de Ancud Chiloé” (método estadístico SAKURAI) por parte de la asistencia técnica basada en el “Diagnóstico de Gestión Integral de Residuos Sólidos en Chiloé y Palena”. En

esta caracterización, ejecutada el año 2019, se recolectaron muestras de 45 contenedores (28.235 kg) en la comuna, donde se obtuvo que el 48.66 % de los residuos eran materia orgánica, siendo este un indicativo de lo importante que resulta para la comuna generar y apoyar proyectos para la valorización de estos residuos.

En base al estudio ya mencionado en la sección 3.1 de residuos orgánicos, se tiene que en la comuna de Ancud el 3.81 % de los residuos estudiados corresponde a papel, cartón y productos de papel, como papel blanco, diarios, revistas, papel Kraft y otros. Luego, el 2.17 % corresponde a textiles, el 8.58 % a plásticos, con una predominancia en plásticos flexibles (bolsas de uso diario, envases), el 3.14 % a metales (principalmente hojalatas), el 0.04 % a residuos voluminosos (predominancia de madera) y el 28.22 % a otros residuos, tales como el papel y celulosa sanitaria, jeringas, huesos y cuescos. En marco a lo analizado se establece la estrategia Ancud Circular con tres ejes estratégicos a trabajar (Figura 1).

**Figura 1**  
*Estrategia Ancud circular*



Fuente: Elaboración propia Ancud Circular.

## 5.2. Ancud Composta (Inició en el año 2019)

Los residuos orgánicos son aquellos provenientes de desechos con origen animal o vegetal. Estos se caracterizan por su rápida capacidad de degradación mediante un proceso de transformación de materia orgánica.

Algunos de los residuos orgánicos que se suelen generar en los domicilios son: cáscara de fruta o verdura, cascarones de huevos, filtros para café, bolsas de té, lácteos no envasados, pasto, restos de comida, entre muchos otros. Si bien es cierto que estos residuos son biodegradables, el problema de que estén presentes en vertederos o rellenos sanitarios radica en que tienen efectos muy negativos con el medioambiente, como la generación de gases (como el metano) de efecto invernadero, o bien la contaminación por lixiviación y los malos olores en las zonas pobladas cercanas.

A partir de lo anterior, se han realizado estudios para determinar qué tipos de residuos se generan en la comuna de Ancud, y sus porcentajes de distribución, con tal de conocer los principales enfoques que se deban priorizar al momento de valorizar.

#### *a) Impacto del proyecto Ancud Composta primera etapa (640 Kits)*

Primera caracterización: El total de RSD medidos fue de 881 kg, correspondientes a 349 habitantes de 90 viviendas. De este total, el 45.6 % corresponde a residuos compostables, mientras que el restante 54.4 % pertenece a residuos no compostables. Segunda caracterización: El total de RSD medidos fue de 318 kg, correspondientes a 208 habitantes de 59 viviendas. De este total, el 11.0 % equivale a residuos compostables, mientras que el restante 89.0 % corresponde a residuos no compostables. Por lo tanto, se estimó que se redujeron 357.7 kg diarios de residuos sólidos domiciliarios, que equivalen a 129.1 toneladas al año. Continuando con el proyecto Ancud Composta, a la fecha se han entregado más de 3 500 composteras domiciliarias, logrando con esto valorizar aproximadamente 1.711 toneladas de residuos orgánicos durante el año 2023.

#### *b) Proyecto Planta de compostaje (Status: Proyecto en espera de asignación de fondos)*

En un trabajo conjunto por parte del Programa Reciclo Orgánicos, consultora del convenio Chile-Canadá, con la Ilustre Municipalidad de Ancud, se postuló al fondo nacional de desarrollo regional un proyecto para la construcción de una planta de compostaje en la comuna con un finan-

ciamiento de 1 200 000 pesos chilenos, para así reducir el volumen de residuos orgánicos que son llevados actualmente a relleno sanitario. Con esto, se busca ampliar la valorización de los residuos orgánicos, los cuales son responsables de la generación de gases de efecto invernadero, transformándolos en energía limpia y fertilizante natural.

Con este proyecto se espera tratar 5.2 toneladas al día de residuos orgánicos domiciliarios o bien, por lo menos, 5.2 toneladas por día de podas municipales, lo que equivale a 1898 toneladas al año con un funcionamiento continuo, mediante un proceso de compostaje de pila. Contará con una máquina chipeadora de poda, 2 galpones y 2 oficinas en un terreno de más de 11 000 metros cuadrados. Al mismo tiempo, se sumará un sistema de recolección diferenciada de residuos orgánicos para complementar el funcionamiento de la planta de compostaje.

### 5.3. Ancud Recicla (Inicio: abril de 2018)

La línea estratégica Ancud Recicla basa su funcionamiento operativo en un sistema mixto de recolección y recepción de residuos valorizables; los 5 ejes operativos se describen en la siguiente imagen (Figura 2).

**Figura 2**  
*Estrategia Ancud recicla*



*Fuente:* Elaboración propia Ancud Circular.

### *a) Descripción general:*

Los residuos inorgánicos son aquellos que no son biodegradables, es decir, tienen una procedencia no biológica, generalmente en industrias o procesos no naturales, que al ser expuestos al medioambiente tardan bastante tiempo en degradarse. Entre los principales desechos de este tipo se encuentran: Los plásticos, el papel, el vidrio, las latas y chatarra, entre otros. La ventaja que tienen este tipo de residuos es que, si bien tardan muchos años en degradarse, una gran parte de ellos puede ser reciclada y recuperada a los procesos productivos, cuidando así el medioambiente.

- i) Punto Limpio Galpón Circular Bellavista: Proyecto del año 2020, con una inversión de CLP\$234.000.000, financiado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE). Este cuenta con equipo capaz de acopiar, separar, compactar y enfardar los residuos recolectados. Tiene dimensiones de 600 metros cuadrados, en las que se encuentran las oficinas, los camarines para el personal, baños, duchas y las maquinarias para tratar los residuos. Entre la maquinaria que posee el galpón se encuentra la compactadora, la cual tiene una capacidad de 16 maxi-sacos para los plásticos que convierte en fardos de 250 kilogramos, facilitando el proceso de transporte. También, se cuenta con una máquina microchipeadora para potenciar la reducción del plástico y una enfardadora. Durante el 2021 se tuvieron 11 trabajadores a jornada completa para actividades de valorización, mientras que para el 2022 se contemplan 17 trabajadores de jornada completa.
- ii) Puntos Verdes Móviles: Camión recolección diferenciada y carros de arrastre.

### *b) Camión recolección diferenciada - Puntos verdes móviles*

Se cuenta con un sistema de recolección diferenciada de residuos valorizables, tales como los plásticos, las latas, los vidrios, el tetrapack y los cartones y papeles. Esto se realiza mediante el camión recolector descrito en el Punto Limpio Móvil y cubre el 100 % del radio urbano de la comuna, aproximadamente 9.000 viviendas.

Para lo anterior, se establecieron 5 cuadrantes dentro de la comuna, donde a cada uno le corresponde 1 día de la semana desde lunes a viernes

(este sistema de cuadrantes es compartido con el camión de recolección de basura), con un horario de recolección desde las 08:45 a las 12:00, luego se tiene un horario de almuerzo junto a la descarga del camión (de lo que se llenó por la mañana), retomando así desde las 13:45 hasta las 17:15. Todos los residuos recolectados son llevados al galpón circular. Además, se recolecta en zonas rurales cada 2 o 3 semanas, dependiendo de las cantidades que se tengan acumuladas.

El financiamiento de la carrocería del camión fue gestionado a través del proyecto “Potenciando el reciclaje y el compostaje desde las comunidades” en el año 2020, el cual fue financiado por el Ministerio de Medio Ambiente mediante el fondo para reciclaje con un monto de CPL\$48.750.00. En este proyecto se construye la carrocería del camión, que cuenta con unas medidas de 5 metros de largo por 2 metros de alto por 2.4 metros de ancho, además de la iluminación e infografías.

### *c) Carros de arrastre - Puntos verdes móviles*

Se cuenta con 2 carros de arrastre para acople a vehículos municipales, los cuales recolectan residuos inorgánicos en distintos lugares de la comuna. Durante el verano 2022 y 2023, fueron dispuestos en la totalidad de actividades culturales de la comuna, desde muestras costumbristas urbanas y rurales hasta eventos de música electrónica. La implementación de estos carros permitió desarrollar dos aspectos críticos de la estrategia, como la recuperación de material valorizable y generar concientización sobre la importancia del reciclaje en nuestra comuna.

### *c) Puntos verdes fijos*

Los puntos verdes corresponden a puntos sin vigilancia, es decir, no es necesario que haya personal asistiendo a las personas que van a depositar residuos reciclables. Una de estas es, por ejemplo, la jaula PET, que es solo para botellas plásticas. También, se tienen los puntos verdes con formato contenedor plástico de 1 100 lt que reciben residuos reciclables variados como plástico, vidrio, latas y cartones que se ubican en el perímetro de organismos públicos, como en organizaciones comunitarias de sectores rurales de la comuna.

Para su retiro, se cuenta con un sistema semanal por cuadrantes financiado por la municipalidad, donde puede ser retirado por el camión de recolección diferenciada o por empresas contratistas, dependiendo de la ubicación del punto verde. Por otra parte, el número de puntos verdes ha ido en aumento desde el año 2018, donde se tenía solo 10. Actualmente, en total, hay 96 puntos verdes repartidos por la comuna, tanto en sectores urbanos como rurales. El link de georreferenciación de los puntos verdes en la comuna de Ancud es:

#### *d) Centro de Acopio y Punto Limpio Pudeto Bajo*

Este centro de acopio recibe distintos tipos de residuos diferenciados como plástico, vidrio, lata, cartón y papel, tetrapack, chatarra, escombros, residuos voluminosos, restos de poda, pasto y ramas. Este cuenta con un horario de lunes a sábado desde las 8:20 a 5:20 en horario continuado y es, aparte de un centro de acopio, uno de los dos puntos limpios de la comuna de Ancud. En las instalaciones del punto limpio Pudeto se recibe material voluminoso no orgánico como, por ejemplo, escombros de construcción, restos de materiales de construcción incendiados, colchones, lavadoras y electrodomésticos en general. El material recibido es seleccionado, acopiado y llevado al lugar de disposición final.

#### *e) Disposición final de material reciclado*

Por otro lado, se tienen los destinos finales de los residuos inorgánicos entregados por parte de la I. Municipalidad de Ancud. Todas las empresas a las cuales se hace entrega de materiales para reciclaje cuentan con su respectiva Resolución Sanitaria y se encuentran inscritas en el sistema nacional de declaración de residuos SINADER. Estas empresas entregan de forma mensual certificados de disposición final a la DIMAO de la Ilustre Municipalidad de Ancud (Tabla 4).

**Tabla 4***Disposición final de los residuos inorgánicos proporcionados por la I. Municipalidad de Ancud*

<b>Materiales</b>	<b>Disposición final</b>	<b>Ubicación</b>
Vidrios	Verallia	Rengo
Papeles/Cartonés	Reciclados Industriales S.A.	Santiago
Chatarra	EXXAN	San Bernardo, Santiago
Aluminio	Resimex	Santiago
Aceite doméstico	Rendering	Santiago
Plásticos PET 1	Reciclados Industriales S.A.	Santiago
Plástico HDPE 2	Reciclados Industriales S.A.	Santiago
Plástico LDPE 4	GUPLAS	Santiago
Plástico PP 5	GUPLAS	Santiago
Plástico 6	Soprole	Santiago
Tetrapack	Reciclados Industriales S.A.	Santiago
Eco ladrillos	Son entregados a quien los soliciten en oficinas de DIMAO, en general son utilizados para proyectos de construcción sustentable	Dentro de la comuna

*Fuente:* Elaboración propia Ancud Circular.

## 5.4. Ancud Emprende Circular

Como ya se mencionó anteriormente, la economía circular es el nuevo paradigma económico sobre el manejo de los residuos, y para que esta se integre en la sociedad, es necesario el apoyo e incentivo a los emprendimientos con bases circulares. Por ello, para dejar de lado la economía lineal, es necesario que todas las personas y organizaciones generen un cambio mediante ideas creativas, con tal de generar procesos productivos más eficientes en el uso de sus recursos en distintas etapas. Al mismo tiempo, se tiene que implementar un enfoque innovador respecto a la creación

de nuevos productos, para que sigan una línea de producción circular. También, hay que generar un espacio propicio para la investigación y el desarrollo científico y tecnológico, lo cual acelerará el proceso de cambiar de paradigma productivo. Por esto, se tienen que apoyar a los emprendimientos que sigan esta línea de acción, con fondos públicos enfocados en el financiamiento de estas iniciativas, o bien mediante la entrega de residuos que puedan ser valorizados con fines de potenciar los negocios.

Es importante mencionar que este trabajo debe ser ejecutado al mismo tiempo en que se controle el no generar nuevos impactos ambientales que puedan provocar el retroceso de esta línea de trabajo, es decir, evitar el surgimiento de nuevos problemas lineales mientras se crean soluciones circulares. Producto de lo anterior, dentro de la I. Municipalidad de Ancud ya está ayudando a emprendedores externos mediante la entrega de materias primas (residuos reciclables inorgánicos), los cuales presentan proyectos para negocios que estén en la misma línea de trabajo circular que se describió anteriormente. Además de lo anterior, se habilitó el Laboratorio Circular en el Complejo de Gestión Sostenible de Residuos de Ancud, el cual cuenta con el siguiente equipamiento para que los emprendedores puedan trabajar a costo cero:

- a) Máquina extrusora y moldes: Esta es una máquina que, a través de la presión generada por un motor, permite la extrusión horizontal de plástico, modificando la forma de salida del material. Esta cuenta con un peso de 68 kg y unas medidas de 140 cm de alto por 50 cm de ancho por 96 cm de largo. Posee un consumo máximo de 1.6 kWh dado los 4 calefactores que tiene, y el motor consume 2.2 kWh. Este tipo de máquina es utilizada principalmente para procesar Plásticos HDPE 2 y PP5.
- b) Trituradora primaria de voluminosos y trituradora secundaria de HDPE: Se cuentan con dos máquinas trituradoras para ayudar en la labor de reciclaje, con las siguientes características:
- c) Máquina trituradora SJ-280-k: Esta trituradora es parte del proyecto “Potenciando el reciclaje y el compostaje desde las comunidades”, junto a la carrocería del punto limpio móvil. Tiene una potencia de 11 kW y un voltaje de corriente trifásica de 380 voltios. Además, posee 20 cuchillas con un rendimiento de 1-2 toneladas por hora. Sumado a lo

anterior, la máquina tiene un peso de 1.7 toneladas y dimensiones de 1.8 x 1.2 x 1.8 m.

- d) Máquina chipeadora trituradora de plástico Kösner KSN-400: Cuenta con una potencia del motor de 7.5 kW con una tensión de 380 V a 50 Hz. Además, poseen 12 cuchillos giratorios y 2 fijos con una capacidad de rendimiento de 300 kg por hora. Y tiene un peso de 580 kg con una dimensión de 1.36 x 0.93 x 1.4 metros.

En este contexto, los emprendimientos circulares que reciben materia prima por parte de la Ilustre Municipalidad de Ancud se indican en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Emprendimientos circulares que trabajan con la I. Municipalidad de Ancud*

<b>Emprendimiento relacionado a:</b>	<b>Emprendimiento:</b>
Botellas de vidrio	Reverdece
Artesanía con botellas	El Thrauko Store
Recolección de orgánicos	Kukupuku
Reutilización de ropa	Chilota Chic
Artesanía de residuos	Anpuq
Venta granel	Chiloé aseo

*Fuente:* Elaboración propia Ancud Circular.

## **I. Metas Ancud Circular**

### *I.1) Residuos Orgánicos (RO)-Ancud Composta*

Las metas de valorización impuestas por la municipalidad, se basan en las estrategias de valorización del país y se calculan con base en los porcentajes correspondientes a cada tipo de residuo, en el caso de los orgánicos el 48 % del total de los residuos y en base al 2020 con una generación total de RSD de 11.016 Toneladas correspondiendo a RO un total de 5.288 Ton. (Tabla 6).

**Tabla 6***Toneladas por valorizar de RO del programa Ancud Composta*

<b>Año objetivo</b>	<b>Porcentaje de valorización (%)</b>	<b>Toneladas por Valorizar</b>
2020 (año base)	6.6	364
2025	12	635
2030	30	1.586
2035	48	2.538
2040	66	3.490

*Fuente:* Elaboración propia Ancud Circular.

### **I.2) Residuos Inorgánicos (RI)-AncudRecicla**

Las metas de valorización impuestas por la municipalidad, se basan en las estrategias de valorización del país y se calculan en base a los porcentajes correspondientes a cada tipo de residuo, en el caso de los orgánicos el 22% del total de los residuos y en base al 2020 con una generación total de RSD de 11.016 Toneladas correspondiendo a RI un total de 2.424 Ton. (Tabla 7).

**Tabla 7***Toneladas por valorizar de RI del programa Ancud Recicla*

<b>Año objetivo</b>	<b>Porcentaje de valorización (%)</b>	<b>Toneladas por Valorizar</b>
2020 (año base)	7.9	191
2025	12	291
2030	30	727
2035	48	1.164
2040	66	1.600

*Fuente:* Elaboración propia Ancud Circular.

### **I.3) Economía Circular para emprendedores**

#### **#AncudEmprendeCircular**

Se enfoca en entregar instalaciones equipadas “Laboratorio Circular”, para la implementación de talleres comunitarios que fomenten la creación de nuevos emprendimientos circulares. Estas instalaciones cuentan con chi-

peadora de plástico, una máquina extrusora e inyectora de plásticos con sus respectivos moldes, además de una línea de reciclaje de textiles, todo abierto al uso de la comunidad.

**Tabla 8**

*Generación de RSD por año en toneladas*

<b>Año de generación</b>	<b>Toneladas de RSD</b>
2017	20.886
2018	23.219
2019	14.038
2020	11.016
2021	10.755
2022	9.944
2023	9.108

*Fuente:* Elaboración propia Ancud Circular.

Lo anterior se suma a políticas públicas comunales bastante agresivas, como eliminar contenedores comunitarios para RSD y realizar recolección puerta a puerta, pudiendo así generar de mejor manera la fiscalización ambiental en materia de residuos.

- a) Bajar de 3 veces a la semana a 1 vez a la semana la recolección de residuos.
- b) Realizar 1 vez a la semana recolección de valorizables inorgánicos puerta a puerta.
- c) Actualización de la ordenanza 12, prohibiendo disposición de residuos reciclables en contenedor de descarte.
- d) Educación ambiental formal e informal de manera diaria.

## **7. Resumen**

Adicionalmente Ancud Recicla, valoriza Residuos Inorgánicos Reciclables (RIR) que componen aproximadamente el 30 % del volumen de RSD. Nuestro galpón circular cuenta con equipamiento para el pretratamiento de RI, procesando más de 900 toneladas el 2023.

Ancud Emprende Circular cuenta con instalaciones equipadas (chipeadora, extrusora e inyectora para plásticos, y una línea de reciclaje de textiles) y abiertas a emprendedores de la comuna. La comunidad ancuditana ha comprendido la problemática y se ha sumado a su solución. Hemos disminuido en un 60 % los RSD enviados a disposición final entre 2018 y 2023 y en valorización superamos a la mayoría de los municipios del país alcanzando un 21 % de los RSD (2023).

Ancud Composta mediante la entrega de kits de compostaje, capacitación y visitas de seguimiento #AncudComposta apoya la gestión de RO de familias ancuditanas, desde 2020. A la fecha se han entregado más de 3 750 kits, lo que cubre el 25 % de las viviendas totales (al primer trimestre 2024) estimándose una valorización de más de 3 100 t en 4 años (3.7 % de RSD totales). Principales hitos: Año Kits entregados Financiamiento Toneladas estimadas compostadas % compostado de RSD 2020 640 Proyecto FPR (MMA) (\$110 000 000) 364 3.1 % 2021 340 Proyectos Luxemburgo-Chiloé (\$42.000.000) 515 4.4 % y FNDR 6 % (\$5 000.000). 2022 8 9 Proyecto FNDR 7 % (\$5 000 000) 543 4.8 % 2023 2.279 Proyecto Subdere (\$269 000 000) 1.711 14.6 % 2024: Avances en Proyecto de Planta de Compostaje Comunal para aumentar la valorización de RO provenientes de domicilios que no participan del programa.

Ancud Recicla ha valorizado 2.344 toneladas de residuos inorgánicos reciclables (RIR) entre 2018 y 2023 (2.8 % del total de RSD) con una estrategia diversificada de gestión, incluyendo puntos verdes, recolección diferenciada y centros de acopio, una inversión total de \$1.496 millones y dotación de 22 colaboradores. Principales hitos: - 2018: Inicio Puntos Verdes Fijos, donde vecinos concurren a depositar RIR. Actualmente contamos con 77 puntos fijos, en sectores urbanos y rurales. 2020: Inauguración Galpón Circular. Inversión de \$234 000 000, 600 m<sup>2</sup> y equipamiento para acopiar, separar, compactar y enfardar RIR, y oficinas, camarines, baños y duchas para personal. 2020: Puntos Verdes Móviles (camión de recolección diferenciada y carros de arrastre). En el 2020 se inició la recolección diferenciada de plásticos, latas, vidrios, tetrapack, papeles y cartones, con frecuencia urbana semanal (9 000 viviendas) y cada 2 o 3 semanas desde centros rurales. Esto mediante camión recolector financiado con proyecto FPR del MMA (\$48 750.000).

Los residuos recolectados son llevados al Galpón Circular. 2022: Inauguración Centro de Acopio y Punto Limpio Pudeto Bajo, que recibe RIR y chatarra, escombros, residuos voluminosos, restos de poda, pasto y ramas. El material es seleccionado, acopiado y reciclado, o llevado a disposición final, según el caso. 2023: Inicio Puntos Verdes Móviles (Carros de arrastre). Contamos con 2 carros de arrastre para acople a vehículos municipales, que recolectan RIR en distintos lugares de la comuna, especialmente en actividades culturales como muestras costumbristas o eventos deportivos.

Esto ha permitido aumentar la valorización de RIR y generar concientización sobre la importancia del reciclaje. 2023/2024: Proyecto de Valorización. Programa financiado por Subdere (\$270 millones) con entrega de 2 848 kits de reciclaje (2 contenedores de 120 lt, para RIR y desechos) para potenciar el reciclaje y facilitar la recolección diferenciada. El programa capacitó a 2 851 beneficiarios. Volúmenes reciclados Años Toneladas % de RSD 2018 4 0.0 % 2019 47 0.3 % 2020 191 1.7 % 2021 393 3.4 % 2022 774 6.9 % 2023 935 8.0 %.

Ancud Emprende Circular 2023 inauguración de laboratorio circular que brinda un espacio y tecnología para e desarrollo de emprendimientos a base de RIR. Entre 2018 y 2023 Ancud logró reducir significativamente los RSD enviados a disposición final: de 23 219 t a 9 108 t, un 61 % de disminución.

## 8. Referencias

- Chiloereduc. (2021). *Caracterización comunal de ancud*. [https://chiloereduc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/10/Caracterizacion-comunal\\_Ancud.pdf](https://chiloereduc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/10/Caracterizacion-comunal_Ancud.pdf)
- Google Map. (s. f.). *Manejo integral de Residuos*. [https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?hl=es&mid=1HxEPnEKA74EbZjFELx87z-TJ1m4-Hto1s&ll=-41.85819506190289%2C73.78723943308493&z=13&fbclid=IwAR3dko0QVFOrrRR2dezqs\\_C1CzGyWsKl2udS-Tvur8gynkhh-hZE4PjO8bGY](https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?hl=es&mid=1HxEPnEKA74EbZjFELx87z-TJ1m4-Hto1s&ll=-41.85819506190289%2C73.78723943308493&z=13&fbclid=IwAR3dko0QVFOrrRR2dezqs_C1CzGyWsKl2udS-Tvur8gynkhh-hZE4PjO8bGY)
- Ilustre Municipalidad de Ancud (12 de enero de 2023). DECRETO N°: 157. <https://www.muniancud.cl/transparencia/municipalidad/>

archivo/estandares/08%20Actos%20y%20Resoluciones/8.3%20 Ordenanzas/MODIFICACIONES%20ORDENANZAS/MODIFICACION%20ORDENANZA%20N%C2%BA%2012%20-%20 %2812-01-2023%29.pdf

Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (s. f.). *Hoja de ruta para un Chile Circular al 2040*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/chi211134.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente de Chile (s. f.). *Estrategia nacional de residuos orgánicos Chile 2040*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/chi205614.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2021). *Estrategia Nacional de Residuos Organicos Chile 2040*. <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/03/Estrategia-Nacional-de-Residuos-Organicos-Chile-2040.pdf>

Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

# Eje **II**

---

## **Acciones proambientales en el contexto social**



# Capítulo **II.1**

---

## **Aprovechamiento energético y material de la fracción orgánica de residuos sólidos municipales a través de procesos bio-óxido-reductivos aerobios y anaerobios**

*Nora Restrepo Sánchez*<sup>1</sup>

*Liliana Acevedo*<sup>3</sup>

*Miguel Acevedo*<sup>3</sup>

*Diego Londoño*<sup>3</sup>

*Alejandro Hurtado*<sup>3</sup>

*Amilvia Ortiz*<sup>3</sup>

*Alejandro Ruiz*<sup>3</sup>

*Joe Sánchez*<sup>3</sup>

*Juan F. Sierra De La Rosa*<sup>3</sup>

*Carlos Uribe*<sup>3</sup>

*Yony Zapata*<sup>3</sup>

*Carlos Peláez Jaramillo*<sup>3</sup>

<https://doi.org/10.61728/AE20251864>



---

<sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. E-mail: neugenia.restrepo@udea.edu.co

## 1. Introducción capitular

La gestión de los residuos sólidos urbanos se ha trabajado históricamente como una serie de estrategias para solucionar una problemática de salud pública. Esta visión ha venido cambiando en las últimas décadas y hoy en día la percepción de los residuos se acerca más a la de un recurso con potencial de ser utilizado en diferentes procesos productivos. La biodigestión anaerobia a partir de residuos ha sido desarrollada y adoptada para la estabilización principalmente de estiércoles y aguas residuales industriales, concebida como sistema de tratamiento para vertimiento. Sin embargo, en los últimos años, este proceso ha sido incorporado al concepto de biorrefinería, capitalizando el biogás producido como fuente energética, y articulándolo con el aprovechamiento material para la producción de fertilizantes. El reciclaje de residuos orgánicos contribuye a conservar la concentración de nutrientes en el suelo, mejorando su fertilidad, y ayudando a disminuir la dependencia de fertilizantes de síntesis convencionales sin comprometer el rendimiento de los cultivos (Ram et al., 2021; Zielińska y Bulkowska, 2024).

En 2020, Colombia dispuso 32 580.96 toneladas diarias de residuos sólidos como parte del servicio público de aseo. El 45.23 % de estas toneladas provino de las 8 ciudades más pobladas. Para el departamento de Antioquia se reportaron 4 421.48 ton/día dispuestas en los diferentes rellenos sanitarios autorizados del departamento, y más del 50 % son residuos orgánicos (Duque Márquez et al., 2021). Desde el entendimiento de la biomasa residual como sustancia con un contenido importante de energía almacenada en los enlaces químicos, el GIEM hace dos décadas incursionó en el estudio de la digestión anaerobia de diferentes tipos de sustratos, buscando diversificar las alternativas de solución para la industria agropecuaria del país.

Particularmente con la fracción orgánica putrescible de los residuos sólidos municipales o urbanos (FORSU), se han desarrollado múltiples

montajes de laboratorio, orientados a determinar el potencial de aprovechamiento material de este sustrato, así como su valorización energética. De igual manera, se han implementado sistemas de digestión anaerobia por etapas en procesos seco-húmedo y a escala tanto piloto como productiva para el aprovechamiento de FORSU en varios territorios del departamento de Antioquia. En los municipios de Támesis, Caramanta, Peñol y Carmen de Viboral, se establecieron sistemas para aprovechamiento del componente orgánico de los residuos sólidos municipales separados en fuente, siendo el sistema de Támesis el de mayor escala con capacidad de procesar hasta 60 ton/mes, que permite además un crecimiento modular que duplicaría su capacidad.

Para implementar este esquema de economía circular en el territorio colombiano, es indispensable disponer de residuos separados en la fuente. En Colombia los parámetros de referencia para los coproductos derivados de cualquier tipo de tratamiento de los residuos orgánicos aprovechables a escala industrial en agricultura, tienen que cumplir con la normativa aplicada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). El ICA a través de su Resolución 00150 de 2003 orienta la comercialización, uso y manejo adecuados de fertilizantes y acondicionadores de suelos. Así mismo el ICA acoge la Norma Técnica Colombiana (ICONTEC, 2011) que establece los requisitos específicos con los que deberán cumplir estos productos obtenidos desde diferentes tipos de materiales, entre ellos, la estabilización de residuos sólidos urbanos, los cuales deberán ser separados en la fuente.

Más allá del cumplimiento de la norma, la separación en fuente minimiza la migración de elementos contaminantes al prevenir su lixiviación cuando están en contacto con la materia orgánica en descomposición. En particular se previene la migración de metales pesados (obtenidos por procesos extractivos) desde las minas hacia los suelos. Una buena separación en fuente, incentiva a su vez el aprovechamiento del componente no putrescible de los residuos sólidos urbanos (RSU), favoreciendo la puesta en marcha de estrategias para la minería de residuos (Tai et al., 2011; Ferronato y Torretta, 2019).

La tecnología que el GIEM viene implementando para el aprovechamiento de FORSU, se basa en sistemas hetero fase que involucran múltiples operaciones unitarias en las diferentes etapas; la primera consiste en una fermentación en estado sólido, en la que se mantiene una humedad

del 80 %, para favorecer la consolidación de la microbiota autóctona, y optimizar la obtención de ácidos orgánicos de bajo peso molecular. La humedad de la materia orgánica se mantiene por recirculación del lixiviado, que a su vez incrementa la extracción de la fracción orgánica soluble.

## **2. Desarrollo**

El Grupo GIEM, adscrito a la facultad de ciencias exactas y naturales de la Universidad de Antioquia ha trabajado durante más de tres décadas, en la comprensión de los procesos de transformación-estabilización de la biomasa residual.

### **2.1. Evaluación impacto separación en fuente-compostaje**

En este contexto, entre los años 2000 y 2003, el GIEM incursiona en el reconocimiento de los residuos sólidos orgánicos municipales. Para ese momento, se dio el proceso de clausura del relleno sanitario Curva de Rodas, el cual operó durante dos décadas, con una cobertura de 62 hectáreas en la cuenca de la quebrada Rodas correspondiente a los municipios de Copacabana y Bello, Antioquia, Colombia. Durante su vida útil, en este relleno se dispusieron residuos sólidos en una cantidad superior a 7.500.000 toneladas, provenientes de más de 25 municipios (Yepes-García y Villarraga-Herrera, 2018; Posada y Colombia, 2019).

Desde aquel momento se identificaba la necesidad de disminuir el ingreso de residuos al nuevo relleno Parque Ambiental La Pradera. Frente a dicha intención, se tuvieron sobre la mesa ofertas de empresas que ofrecían tecnologías europeas para obtener compost a partir de residuos no separados en fuente, utilizando herramientas de separación en planta. Entendiendo la influencia que la materia orgánica en descomposición tiene sobre las dinámicas de solubilización y procesos de óxido-reducción de los metales pesados, se generó una alerta sobre la aplicación en suelos de compost provenientes de residuos no separados en fuente y sus posibles implicaciones agro-ambientales.

Se realizó un estudio comparativo de tratamiento aeróbico mecánico-oxidativo con residuos separados y sin separación en fuente, en el cual, además

de la cuantificación de algunos metales, se hizo un seguimiento cinético semanal en el que se evaluaron: Humedad, nitrógeno, cenizas, fósforo, carbono orgánico, pH, conductividad, densidad y microelementos, con el fin de establecer el tiempo de estabilización. Se tuvieron procesos de estabilización con tiempo de residencia de aproximadamente ocho semanas. En el transcurso del proceso se realizó un control de las principales variables por medio de toma de muestra representativa en cada semana y se realizó el análisis respectivo, manteniendo adecuada humedad y aireación.

## **2.2. Sistemas de aprovechamiento energético y material**

Reconociendo la importancia de avanzar en la investigación y desarrollo del manejo y valorización de residuos sólidos urbanos, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia estableció cuatro convenios con la Universidad de Antioquia, específicamente con el GIEM. El objetivo de estos convenios fue implementar sistemas de aprovechamiento energético y material basados en digestión anaerobia acoplada a estabilización aerobia. En los municipios de Támesis, Caramanta, Peñol y Carmen de Viboral, se desarrollaron e implementaron sistemas para el aprovechamiento de la biomasa residual presente en los residuos sólidos urbanos separados en la fuente. La selección de los municipios se hizo en cada momento, contando con la existencia de rutas selectivas de recolección de residuos y con avances en la cultura ciudadana de separación en fuente.

En estos proyectos se amplía el concepto de aprovechamiento de la fracción orgánica, a una estrategia de aprovechamiento tanto material como energético. El trabajo de compostaje se extendió, implementado un sistema combinado de biodigestión anaerobia para producción de biogás, y estabilización aerobia de las fracciones sólida y líquida. En este esquema se abarca tanto la generación de biogás, como la producción de enmiendas tanto líquidas como sólidas. En algunos casos, también se produjeron fertilizantes mineral-orgánicos específicos para los suelos de la región. El diseño conceptual para esta forma de aprovechamiento de FORSU comprende un sistema hetero-fase (en dos fases sólida-líquida) en cuatro etapas.

En primera instancia se realiza molienda para aumentar la eficiencia de las etapas siguientes, al adecuar el tamaño de partícula. En la segunda eta-



más simples como péptidos, aminoácidos, monosacáridos, disacáridos y ácidos grasos que pueden ser directamente empleados por los microorganismos como fuente de materia y energía (Sánchez Marín, 2019). En la acidogénesis subsiguiente se producen ácidos orgánicos de bajo peso molecular, que constituyen parte de la fracción orgánica soluble que pasa a la fase de metanogénesis en un reactor separado. El pH óptimo de la hidrólisis está alrededor de 5.5-6.0, en tanto la etapa metanogénica se acerca a la neutralidad (Dhull et al., 2023).

Esta separación de etapas mejora el rendimiento, ya que permite optimizar el proceso de solubilización-hidrólisis-acidogénesis de una matriz sólida como la FORSU. A su vez, se logra estabilizar el pH del efluente líquido (percolado) antes de pasar a la etapa metanogénica, evitando la inhibición de la microbiota en el segundo reactor. En esencia, esta separación en fases permite que cada concierto de microorganismos se adapte a su propio sustrato.

### **2.3. Planta Piloto Carmen de Viboral**

A través del convenio 2013-S.S.-1800.29, se desarrolló un sistema a escala piloto, el cual se implementó en las instalaciones del relleno sanitario La Cimarrona. La planta piloto constó de un molino de residuos en húmedo y seis reactores correspondientes a dos líneas de trabajo. Cada línea cuenta con un reactor de hidrólisis, lecho de lodos y filtro anaerobio. Las dos líneas alimentan al final un isotanque para el almacenamiento de efluente producido luego de la digestión anaerobia. Así mismo, el biogás producido en las dos líneas se almacena en una geomembrana cilíndrica de polivinilo de cloruro.

### **2.4. Plantas Támesis Escala Productiva**

En el municipio de Támesis (Antioquia, Colombia) se implementó otra planta piloto con capacidad de 1000 kg/bache de FORSU, en el mismo esquema de la planta descrita para el Carmen de Viboral. En un segundo convenio (código 4600009841) enfocado en el municipio de Támesis, se desarrolló una planta a escala productiva, que mantiene el diseño con-

ceptual ya mencionado, y evoluciona en la etapa metanogénica a un reactor anaerobio de flujo ascendente. Estos reactores son conocidos como UASB, por su sigla en inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket. Este nuevo sistema fue establecido en el terreno del relleno sanitario del municipio, donde ya se tiene definido el acopio de residuos provenientes de rutas de recolección selectiva.

## **2.5. Planta Morro Moravia**

Otro programa de investigación llevado a cabo por el GIEM en torno a FORSU se desarrolló en el Morro Moravia, localizado en el sector centro-oriental de Medellín. Este morro empezó a ser utilizado a inicios de los años 70 como un botadero a cielo abierto de escombros y residuos, y entre 1977 y 1984 funcionó formalmente con el relleno sanitario de la ciudad. En el sector se tuvo un proceso de invasión como asentamiento humano en viviendas, sobre lo que es considerado un sustrato antropogénico que no podría ser considerado como suelo. Las actividades del GIEM en el Morro se implementaron por alrededor de una década (2012-2022) en el marco del programa de la alcaldía de Medellín “Habilitación Ambiental del morro Moravia”. Este morro antropogénico de 35 metros de altura contiene 1.5 millones de toneladas de desechos, lo que hace que este lugar sea de particular interés, dado que no cumple con las exigencias de estabilidad y seguridad necesarias para permitir el fenómeno de asentamiento humano que allí se dio. Con el fin de aportar criterios para la evaluación del riesgo, se realizó la evaluación del contenido de metales pesados en el terreno, además de otros potenciales contaminantes.

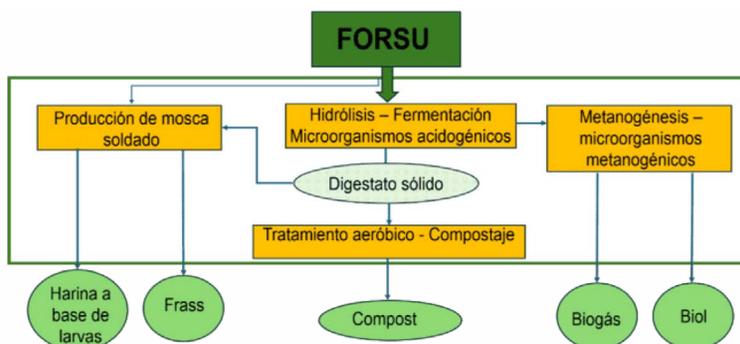
Hacia el año 2012, se establecieron protocolos para hacer seguimiento y mitigación de los procesos de autocombustión al interior de la masa de residuos. Para ello se instalaron sondas de muestreo, haciendo seguimiento semanal a los niveles de producción de biogás y temperatura. En los puntos críticos, se implementaron barreras físicas de aislamiento de la zona de combustión, para prevenir el intercambio de gases, en especial el ingreso del comburente oxígeno (Dávila, 2024). En paralelo, y dado que se tenía presencia permanente en el sitio, se estableció en la cima del morro un programa de compostaje en pilas con residuos orgánicos generados por pequeños mercados del sector.

## 2.6. Biorrefinería FORSU: energía-compost-acuaponía

Avanzando en la consolidación de estrategias de valorización de FORSU, se integró la producción de energía y compost a un esquema de biorrefinería a partir de residuos sólidos urbanos, articulando la producción de alimento (Figura 2). Dando continuidad al trabajo descrito en el ítem 2.3.1, el sistema se extendió articulando a un módulo de hidroponía. Como ya se mencionó, en el esquema original, el digestato sólido húmedo es terminado de estabilizar en condiciones aerobias para generar compost. Ese mismo digestato se puede utilizar de manera alterna para alimentar larvas de mosca soldado (*Hermetia illucens*), las cuales hacen la bioconversión a frass, otro coproducto de valor como fertilizante (Sierra de la Rosa et al., 2024).

**Figura 2**

*Esquema de Coproductos de Biorrefinería de FORSU*



*Fuente:* Elaboración propia.

La FORSU también puede llevarse directamente al cultivo de larvas de mosca soldado al inicio del proceso, favoreciendo la ruta de obtención de una fuente alternativa de proteína. Las larvas, en la fase de prepupas, una vez procesadas en harina, son utilizadas para la alimentación de peces. El ciclo continúa con un sistema acuapónico, en el que el amonio eliminado por los peces es pasado por un filtro de bacterias nitrificantes. El agua enriquecida en nitrato y suplementada con hierro es conducida como fertilizante líquido a unidades de cultivo hidropónico. El agua de las unidades hidropónicas, ya sin nutrientes, se recolecta en un tanque reservorio, luego

se bombea de nuevo a los tanques de peces y se repite el ciclo. Los productos de desecho del sistema acuapónico, tales como sedimentos y residuos de cosecha de peces y plantas, son retornados a los procesos de biodigestión y de cultivo de insectos, completando así el esquema de biorrefinería de FORSU (Sierra de la Rosa et al., 2024).

El sistema implementado en el morro de Moravia incluye cuatro tanques de peces (1000 l c/u), dos sedimentadores cónicos (500 l c/u), dos mineralizadores aerobios de 250 l c/u, un biofiltro (100 l), cuatro unidades de cultivo hidropónico en sustrato (1 m<sup>2</sup> c/u), un módulo de cultivo hidropónico en película delgada en tubos de PVC y un tanque reservorio (1000 l) para el agua de las plantas que se recircula a los tanques de peces. El módulo de acuaponía tenía capacidad para producir hasta 480 peces, y 300 plántulas de hortalizas. Como especie a utilizar se seleccionó tilapia negra (*Oreochromis niloticus*). Se evaluó el efecto de la densidad de siembra de alevinos sobre el crecimiento y supervivencia de los peces, realizando siembras a baja y media densidad (65 y 130 peces/tanque, respectivamente). En un segundo ensayo, se realizó siembra a densidad de 150 peces/tanque. Se hizo seguimiento de variables fisicoquímicas de calidad de agua en los tanques y el biofiltro. Se registró la concentración de oxígeno disuelto, así como las diferentes especies de nitrógeno evaluando amoníaco, nitritos y nitratos (Sierra de la Rosa et al., 2024). El componente hidropónico se desarrolló con plantas de alto porte (zucchini, tomate cherry, calabaza, berenjena) para el cultivo en sustrato. En el sistema de película delgada se sembró lechuga y albahaca. Las plántulas se sembraron, 40 días después de sembrados los dos últimos tanques de peces, una vez alcanzada la maduración del biofiltro con la transformación de amonio a nitrato.

### 3. Resultados

#### 3.1. Evaluación impacto separación en fuente-compostaje

La Tabla 1 presenta la relación entre el producto obtenido a partir de residuos sin separación en fuente y residuos separados en fuente (ssf/sf), para las variables de interés. Se calculó además el incremento o disminución comparativa para cada variable, tomando como el valor del 100 % aquel

correspondiente al material con separación en fuente. Como puede verse, los resultados muestran claramente el efecto negativo de la no separación en fuente. Se presenta un detrimento en las variables positivas tales como carbono orgánico, nitrógeno y capacidad de retención de agua. A su vez, se incrementa la concentración de metales pesados totales por un factor de 10, como es de esperarse por los procesos extractivos que la materia orgánica soluble, particularmente ácidos orgánicos de bajo peso molecular, ejercen al estar en contacto con los elementos metálicos presentes en los residuos no separados en fuente.

**Tabla 1**

*Comparativo Producto Estabilizado proveniente de Residuos Orgánicos Separados y Sin Separación en Fuente*

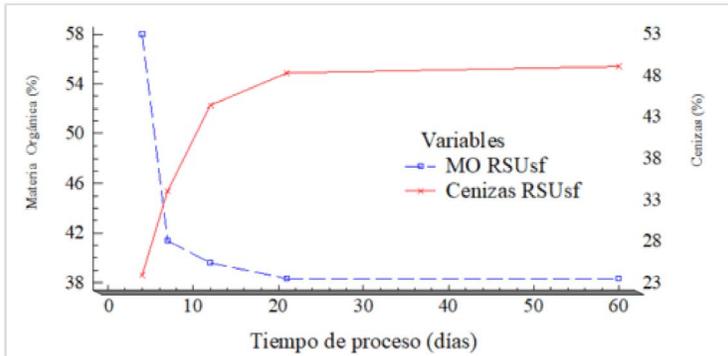
	Separados en Fuente (sf)	Sin Separación en Fuente (ssf)	ssf/sf	Incremento o disminución
Carbono orgánico CO (%)	32.6	21.9	0.672	-32.8
Nitrógeno (%)	2.79	2.21	0.792	-20.8
Fósforo (%)	1.44	0.923	0.641	-35.9
Potasio (%)	1.8	1.55	0.861	-13.9
Sodio (%)	0.33	0.91	2.758	175.8
Magnesio (%)	0.85	1.16	1.365	36.5
Zinc (%)	0.17	0.28	1.647	64.7
Cenizas (%)	13.2	36.1	2.735	173.5
Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100 g)	71.2	25	0.351	-64.9
Humedad (%)	37.4	21.5	0.575	-42.5
pH	8.34	8.19	0.982	-1.8
Conductividad (dS/m)	1100	1491	1.355	35.5
Cromo (ppm)	0.05	45.2	904.0	90300
Cadmio (ppm)	3.4	5.03	1.479	47.9
Plomo (ppm)	28.6	239.5	8.374	737.4
Níquel (ppm)	0.01	26.5	2650.0	264900
Aluminio (ppm)	0.72	1.26	1.750	75
Suma Metales (ppm)	32.78	317.49	9.685	868.5

*Fuente:* Elaboración propia.

En cuanto a la cinética de estabilización de la materia orgánica, en la Figura 3 se muestran los resultados para el contenido de materia orgánica (MO) y las cenizas en el ensayo realizado con residuos separados en fuente (RSU<sub>sf</sub>).

**Figura 3**

*Cinética de evolución de la biomasa residual en compostaje*



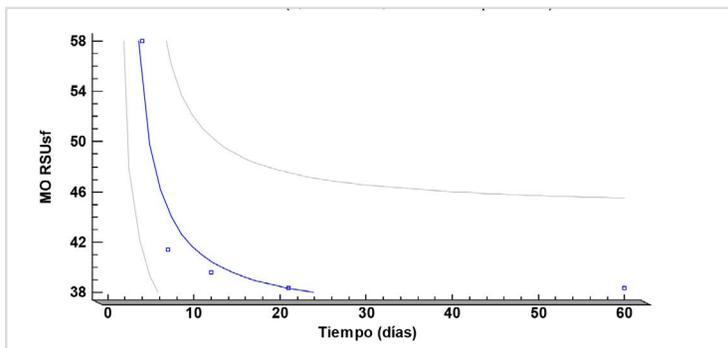
*Nota:* MO RSU<sub>sf</sub> =  $1 / (0,0279262 - 0,0384161 / \text{días proceso RSU}_{sf})$ .

*Fuente:* elaboración propia

Con base en este resultado, se implementó un modelo de regresión para la relación univariada de materia orgánica y tiempo de proceso. La Figura 4 presenta el modelo ajustado, el cual arrojó la siguiente ecuación.

**Figura 4.**

*Modelo de regresión ajustado relación univariada materia orgánica - tiempo de proceso de estabilización aerobia para FORSU<sub>sf</sub>.*



*Fuente:* elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 4, en un tiempo de residencia de 22 días, se estabiliza la pérdida de materia orgánica, después de lo cual el material sigue sufriendo una transformación bioquímica hasta llegar a un material maduro.

### 3.2. Sistemas de aprovechamiento energético y material de FORSU

En la Tabla 2 se resumen los parámetros de diseño de los diferentes sistemas que se han trabajado. En la primera parte se encuentran las características de los reactores de percolación-hidrólisis, y en la parte final los parámetros del reactor metanogénico principal (UT FORSU Medellín, 2023).

**Tabla 2**  
*Parámetros de diseño*

Etapa Percolación-Hidrólisis					
Ítem	Unidad	Moravia	El Peñol	Caramanta	Támesis
Geometría		Cúbico	Cilíndrico	Cilíndrico	Cilíndrico
Diámetro	m		1.25	0.981	3.5
Radio	m		0.625	0.491	1.75
Altura total	m	1	1.75	2.957	1.5
Área soporte	m <sup>2</sup>	1	1.227	0.756	9.621
Volumen útil	m <sup>3</sup>	1	1.718	1.788	11.545
Máxima presión sobre la masa	ton/m <sup>2</sup>	0.39	0.77	1.301	0.66
Tiempo de retención de sólidos máximo	días	14	20	20	12
Etapa Metanogénica					
Diámetro	m	1.3	0.863	0.83	2.4
Radio	m	0.65	0.432	0.415	1.2
Altura total	m	2	1.725	2.39	8.5
Área soporte	m <sup>2</sup>	1.327	0.585	0.541	4.524
Volumen trabajo	m <sup>3</sup>	2.538	0.807	1.035	30.762
Reactores	#	2	2	2	2

Máxima presión hidrostática	psi	27.81	20.35	27.81	96.36
Tiempo retención hidráulico	días	25	8	9.4	12
Demanda química de oxígeno	kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	91.1	140	47.72	58.5
Tasa de carga orgánica	kg DQO / (m <sup>3</sup> *d)	3.64	17.50	5.07	4.88

Fuente: Elaboración propia.

Nota: ton/m<sup>2</sup>: tonelada/metro cuadrado, psi: pounds per square inch

### 3.3. Planta Piloto Carmen de Viboral

Las cargas totales del sistema inicialmente se concibieron para tratar 500 kg en cada reactor de hidrólisis, pero observaciones realizadas en un primer bache evidenciaron una reducción importante de la altura de la columna de material orgánico. Lo anterior permitió aumentar la cantidad máxima de carga en cada reactor de percolación-hidrólisis hasta 715 kg. Durante la fase de estabilización del sistema se ajustó la operación, principalmente con base en la recirculación de efluente hacia la línea de hidrólisis. Una recirculación del 50 % del efluente permitió mantener valores de relación ácidos grasos volátiles/alcalinidad (AGV/ALK) menores a 0.6. En condiciones estables del sistema, se calculó una tasa de producción de biogás entre 0.8 y 1.2 m<sup>3</sup> biogás/día. Según los registros de biogás producido y la carga al inicio del proceso, se calculó un rendimiento entre 100 y 130 de biogás generado por cada kg de material orgánico alimentado. La composición del biogás fluctuó en el contenido de metano entre 54 y 60 %.

### 3.4. Planta Támesis Escala Productiva

El diseño de la planta comprende dos reactores de percolación-hidrólisis, con capacidad para procesar 60 ton/mes de FORSU. El sistema ha operado con alimentación de cerca de 2 toneladas/día, con tiempos de retención de sólidos de 12 días en esta etapa de percolación. El producto sólido estabilizado (compost) es entregado a cultivadores de la región como abono.

La etapa metanogénica quedó implementada con capacidad para procesar el percolado obtenido de hasta 120 ton/mes de FORSU. El diseño modular de la planta permite que esta máxima capacidad del reactor metanogénico se alcance si se adicionan dos reactores más de percolación-hidrólisis. El reactor metanogénico de segunda generación UASB tiene un volumen útil de trabajo de 30 m<sup>3</sup>, que recibe por bombeo el percolado almacenado en el tanque pulmón. El bombeo es programable y se ajusta de acuerdo con las condiciones encontradas en el percolado y de acuerdo con el monitoreo del reactor metanogénico para garantizar su correcto funcionamiento.

En la Figura 5 se presenta una foto del reactor metanogénico primario, en donde se puede apreciar la geometría de este reactor UASB, que, junto con el diseño interior, facilita la separación de las fases sólida (lodos), líquida (biol) y gaseosa (biogás).

**Figura 5**

*Reactor metanogénico primario – Támesis, Antioquia, Colombia*



*Fuente:* Elaboración propia.

### **3.5. Planta Morro Moravia**

El sistema se consolidó con el procesamiento de alrededor de 500 kg/día de FORSU en el ingreso al tanque de percolación-hidrólisis (Sánchez Marín, 2019). El digestato generado se terminaba de estabilizar de manera aerobia, dando lugar a la obtención del compost. Este producto cumplió

con los parámetros de calidad de la normativa colombiana para los productos orgánicos a ser usados como fertilizantes o enmiendas, que incluye el requisito de separación en fuente para la materia prima FORSU. La calidad del compost obtenido permitió su uso como enmienda en la superficie del morro, sustituyendo la compra de fertilizantes de síntesis que venían siendo aplicados en el proceso de generación de cobertura vegetal, en un esquema de paisajismo de jardinería.

### **3.6. Biorrefinería FORSU: energía-compost-acuaponía**

En cuanto a la producción de peces, en las primeras siembras se tuvo un problema de mortalidad que llegó al 85 % en el caso del tanque a densidad media. Se identificó un problema de diseño en los drenajes que provocó la acumulación de precipitaciones en el fondo de los depósitos, el cual se resolvió después de la primera cosecha, con un rediseño de las rejillas. Esto afectó de manera drástica a los peces de la primera cosecha, dado los hábitos de media agua y fondo que presenta la tilapia, que al llegar a los sedimentos entra en contacto con materia orgánica en descomposición con una alta carga bacteriana. Se descartó que la mortalidad se debiera a la disponibilidad de oxígeno o a una alta carga de amoníaco. La concentración de oxígeno fue superior a 5 mg O<sub>2</sub>/l, que es el valor óptimo para la especie. En cuanto a la concentración de amoníaco ( $\leq 0.5$  mg/l NH<sub>3</sub>), se mantuvo por debajo del valor tóxico de referencia de 2 mg/l NH<sub>3</sub> (Sierra de la Rosa et al., 2024).

Una vez resuelta la acumulación de sedimento, se sembraron alevinos a una densidad de 65 y 150 peces/tanque, respectivamente. Aunque la mortalidad disminuyó, la cosecha mostró una baja tasa de crecimiento que se atribuyó al efecto de la temperatura ambiente que estuvo entre 4 y 9 °C por debajo de la temperatura óptima para la especie seleccionada. Según datos de referencia de crecimiento para esta especie, una tilapia de 21 semanas (~ 150 días), cultivada a temperatura óptima (28-30 °C), tendría un peso aproximado de 180 g, lo cual contrasta con los  $104.7 \pm 33.4$  g de peso promedio obtenido en los tanques de baja densidad y aún más con los  $35.9 \pm 15.2$  g de peso promedio obtenido en los tanques de densidad media (Sierra de la Rosa et al., 2024). Los tiempos de cosecha en el módulo

hidropónico correspondieron a lo reportado en la literatura para las especies trabajadas. Para lechuga y albahaca, se tuvo cosecha entre 40-50 días, mientras que para las plantas de alto porte el tiempo fue de 70-80 días. La cosecha arrojó productos de muy buena calidad, evidenciada el desarrollo de biomasa y parámetros organolépticos (Sierra de la Rosa et al., 2024).

#### **4. Conclusión capitular**

Con base en los resultados del estudio comparativo de estabilización de residuos orgánicos separados versus sin separación en fuente, se ratifica el postulado de que, para hacer un aprovechamiento material de estos residuos, en la orientación de su retorno a los suelos agrícolas es indispensable el establecimiento de estrategias integrales de gestión que garanticen la disponibilidad y calidad del FORSU. Al no tener separación en fuente, no hay garantía de inocuidad sanitaria de las materias primas, lo que ocasiona un incremento significativo de riesgo de inclusión de residuos peligrosos en el material.

La transición de la gestión de residuos sólidos municipales, de la disposición final a la recuperación-valorización, se alinea con el objetivo de desarrollo sostenible 12 (ODS12) de garantizar modelos sostenibles de producción y consumo. La gestión ecológica de los residuos a lo largo de su ciclo de vida, meta 4 del ODS-12, se aborda mediante el sistema de valorización energética y material planteado para FORSU, que convierte la basura en un insumo para la agricultura. Al retornar a los suelos, en forma de enmiendas o fertilizantes, la materia orgánica que se extrae como biomasa de los cultivos, se está contribuyendo a la meta 5 del ODS 12.

En las condiciones del territorio colombiano, la sostenibilidad ambiental y financiera de este tipo de plantas de aprovechamiento de FORSU debe dar el retorno de la materia orgánica a su origen en formulaciones de enmiendas o fertilizantes. Los sistemas de producción agropecuaria en los entornos periurbanos de las grandes ciudades demandan un sistema que garantice seguridad sanitaria y ambiental para garantizar la inocuidad de estos materiales como insumos agrícolas.

Los programas de separación en fuente para acopiar la biomasa residual de los residuos sólidos urbanos, son requisito para generar coproductos que cumplan con la normatividad colombiana aplicada por el instituto

colombiano agropecuario. La sinergia de los tres componentes (bio-digestión, larvas y acuaponía) permite un eficiente reciclaje de nutrientes a partir de fuentes orgánicas, en este caso particular, hortalizas y frutas de descarte de un supermercado local, que usualmente son tratadas como desperdicios. Este modelo de bio-refinería tiene el potencial de reducir emisiones, al tiempo que produce energía, alimentos para humanos y fuentes alternativas de alimento para animales de cultivo.

Los sistemas acuapónicos reciclan el agua además de los nutrientes y requieren poco espacio, lo que los convierte en sistemas con potencial para comunidades rurales o urbanas de bajos/medianos ingresos en prácticamente todas las regiones del territorio colombiano. Este tipo de sistema productivo amerita continuar el proceso de investigación y desarrollo para optimizar la productividad a la par de una fácil operatividad y bajos costos de mantenimiento.

## 5. Referencias

- Dávila, C. (2024). *Implementación de una medida de control ambiental para el proceso de combustión interna* [Tesis de maestría. Repositorio institucional.]. Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38289/2/D%c3%a1vilaCarlos\\_2024\\_MoraviaCombusti%c3%b3nResiduos.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38289/2/D%c3%a1vilaCarlos_2024_MoraviaCombusti%c3%b3nResiduos.pdf)
- Dhull, P., Lohchab, R. K., Kumar, S., Kumari, M., Shaloo, & Bhankhar, A. K. (2023). *Anaerobic Digestion: Advance Techniques for Enhanced Biomethane/ Biogas Production as a Source of Renewable Energy*. Bioenergy Research. <https://doi.org/10.1007/s12155-023-10621-7>
- Duque Márquez, I., Avendaño García, N., Eduardo Bayona Bonilla, Armando Ojeda Acosta, Amanda Bustos Pineda, K., Madrid Gallego, N., Margarita Camelo Olarte, D., Alejandra Páez Lugo, Marlon Jaramillo Zapata, & Paula Andrea Mora Adán. (2021). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2020*. [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/informe\\_df\\_2020%20%281%29.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/informe_df_2020%20%281%29.pdf)
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/>

ijerph16061060

- Juan F- Sierra de la Rosa, Nora Restrepo-Sánchez, Carlos Peláez, Joe Sánchez, & Carlos Uribe. (2024). Sustainable Production of Energy and Alternative Fish Feed by Anaerobic Biodigestion and Insect Culture from Waste Biomass Utilisation. In I. Y. and D. R. Helen Macbeth (Ed.), *Fish as Food: Anthropological and Cross disciplinary Perspectives* (pp. 255–274).
- Helen Macbeth, Iain Young & Diana Roberts (ed.), *Fish As Food Anthropological And Cross Disciplinary Perspectives*, Enfield, ICAF UK, 2024: ICAF UK, Helen Macbeth, Iain Young & Diana Roberts (ed.). *Free Download, Borrow, and Streaming*. Internet Archive.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5167. (2011). *Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo*. <https://es.scribd.com/document/451121592/NTC-5167>
- Posada, E., & Colombia, H. A. S. (2019). Perspectives of Project Engineering in the Disposal of Solid Waste in Colombia and Possibilities of Energy Use and Valuation. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 6(9), 22–44. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3464941>
- Ram, C., Kumar, A., & Rani, P. (2021). Municipal Solid Waste Management: A Review of Waste to Energy (WtE) Approaches. *BioResources*, 16, 4275–4320. <https://www.semanticscholar.org/paper/Municipal-solid-waste-management%3A-A-review-of-waste-Ram-Kumar/83bcaa-14f65943143dcbe20b2e6f34f8fc953baf>
- Sánchez Marín, J. (2019). *Aprovechamiento energético y material mediante digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que se producen en el barrio Moravia - Medellín*. [Tesis de Maestría. Repositorio institucional.]. Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14222/1/SanchezJoe\\_2019\\_AprovechamientoEnergeticoMaterial.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14222/1/SanchezJoe_2019_AprovechamientoEnergeticoMaterial.pdf)
- Tai, J., Zhang, W., Che, Y., & Feng, D. (2011). Municipal solid waste source-separated collection in China: A comparative analysis. *Waste Management*, 31(8), 1673-1682. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.014>
- Tsegaye, D., Khan, M. M., & Leta, S. (2023). Optimization of Operating

- Parameters for Two-Phase Anaerobic Digestion Treating Slaughterhouse Wastewater for Biogas Production: Focus on Hydrolytic–Acidogenic Phase. *Sustainability* (Switzerland), 15(6). <https://doi.org/10.3390/su15065544>
- UT FORSU Medellín - Unión Temporal Aprovechamiento FORSU Medellín (2023). Informe Final Contrato PAF-ATF-C-014-2021. Elaboración de los Estudios y Diseños de una Planta de Aprovechamiento Energético y Material Mediante el Tratamiento de Residuos Orgánicos en la Ciudad de Medellín.
- Yepes-García, J. A., & Villarraga-Herrera, M. R. (2018). Análisis de los asentamientos en los rellenos sanitarios La Pradera y Curva de Rodas. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 43, 24-33. <https://doi.org/10.15446/rbct.n43.61433>
- Zielińska, M., & Bulkowska, K. (2024). Sustainable Management and Advanced Nutrient Recovery from Biogas Energy Sector Effluents. *Energies*, 17(15). <https://doi.org/10.3390/en17153705>

# Capítulo **II.2**

---

## **ACCEDM: cultura ciudadana ecoambiental. Una responsabilidad individualmentecolektiva con el territorio**

*Christian Harvis Oviedo Ruiz<sup>3</sup>  
Edith Yalenny Castro Hernández<sup>4</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20251871>



---

<sup>3</sup> Licenciado en Diseño Tecnológico, Universidad Pedagógica Nacional. E-mail: dte.coviedo@gmail.com, dte\_coviedo093@pedagogica.edu.co

<sup>4</sup> Licenciada en Diseño Tecnológico, Universidad Pedagógica Nacional, E-mail: edycastroh@upn.edu.co

## 1. Introducción capitular

Colombia en su constitución Política de 1991, en su proceso de reorganización Estatal en todas sus formas, obligó al esquema de aseo como un servicio público a transformar sus prácticas, los botaderos a cielo abierto entraron a ser rellenos sanitarios, dando un manejo técnico de disposición final al residuo producido por las comunidades aglutinadas en centros poblacionales y por consiguiente un proceso de saneamiento ambiental, consolidándose una narrativa y práctica cultural contemporánea que alimenta el esquema lineal de explotación de recursos hasta el enterramiento de sus residuos, en este sentido, la constituyente del 91 planteó que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado.

Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley; podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios. Si, por razones de soberanía o de interés social, el Estado, mediante ley aprobada por la mayoría de los miembros de una y otra cámara, por iniciativa del Gobierno decide reservarse determinadas actividades estratégicas o servicios públicos, deberá indemnizar previa y plenamente a las personas que, en virtud de dicha ley, queden privadas del ejercicio de una actividad lícita (artículo 365 de la Constitución Política de Colombia).

Un meganegocio que devasta la madre tierra en los lugares destinados para la disposición final respecto a flora, fauna, aire, aguas subterráneas y, por supuesto, los ríos necesarios para el recibimiento de lixiviados, que aunque en algunas universidades estudios digan que para el caso de Bogotá el río Tunjuelo es libre de estos fluidos, es el río mismo quien manifiesta otra cosa en sus cambios coloridos y de olores fétidos luego de pasar por

doña Juana, relleno hoy llamado parque de innovación tecnológica, el cual concentró el negocio de los residuos en el suroeste de la Ciudad Capital, que para 2105 se calcularon en 6.300 toneladas de residuos entrantes día a día (UAESP 2017).

En concordancia, la ley 142 de 1992 desarrolla dicho postulado constituyente en su articulado, que, la comunidad recicladora de oficio respaldaría lo que corresponde la actividad propiamente del servicio público de aseo, legislación en constante debate. Ya para la década del 2000 la corte constitucional se pronuncia frente a la obligatoriedad de la nación en contribuir a la dignificación de esta población vulnerada e invisibilizada, al convertirse en quienes le quitan peso al camión recolector, siendo en términos reales una competencia directa de la economía lineal que devasta la vida.

## 1.1. Economía lineal

En el análisis del sector de residuos, se utiliza una metodología que divide el diseño en partes. Esto implica examinar la economía lineal en sus componentes. La explotación de recursos naturales, la transformación de estos, el empaquetado, el comercio, el consumo y su desecho para el enterramiento del sobrante del producto. Para el caso de Bogotá, según la UAESP, a doña Juana entran alrededor de 6.800 toneladas al día (datos de 2015), de las cuales el 54 % es residuo orgánico susceptible de ser reincorporado a la restauración de suelos para agroecología y estructura ecológica principal, el 30 % de residuo inorgánico susceptible de ser reciclado y reincorporado a su cadena de valor en la industria y un 10 % de materiales no aprovechables.

El documento maestro del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2027 de la Ciudad de Bogotá, en su capítulo de cultura ciudadana, enuncia explícitamente la necesidad urgente de intervenir en educación y cultura, como lo plantea también el CONPES 3874/16. La investigación experimental inició con la pregunta orientadora “Si la basura no es basura, entonces, ¿qué es la basura?”, arrojando como resultado final un ejercicio educativo ambiental madurado en el Programa de Cultura Ciudadana Eco Ambiental “ACCEDM: acciones educativas ecoambientales, una respon-

sabilidad individual y mente colectiva con el territorio”, gobernadas por un taller de pedagogía que permite transformar la narrativa y práctica cultural y cumplir las líneas base de la política pública de gestión integral de residuos sólidos y la economía circular en lo que respecta a cultura ciudadana.

## **2. Desarrollo**

### **2.1. Taller de pedagogía ambiental**

Se ha diseñado una intervención pedagógica de 90 minutos, que aborda los pilares base para la transformación de la narrativa y práctica cultural actual con los residuos, que, convertidos en una mercancía de alto impacto socioambiental dispuesta para el enterramiento, se traduce en el relleno Doña Juana, que recibe residuos de Bogotá y 7 municipios (+/- 8.000 toneladas/día), y Mondoñedo con 78 municipios (+/- 2.000 toneladas/día) en el caso de Cundinamarca, producto del esquema de la economía lineal.

En el texto *Decisiones ambientales del Consejo de Estado* (Amaya, Quintero, Bejarano, 2023) manifiestan que:

La pedagogía cumple un papel fundamental para la cultura ambiental, como un instrumento de transformación social, por lo que podría decirse que es el mecanismo a través del cual se socializan y materializan los principios del derecho ambiental [...] De igual forma, la educación ambiental se ha caracterizado por asegurar una opinión pública adecuada y racional que, complementada con las conductas adecuadas de los individuos y las empresas motivadas hacia la protección, el respeto y el mejoramiento del medio ambiente, constituya un proceso participativo cuya finalidad no sea otra que contribuir a la preservación de la biodiversidad ecológica y cultural.

Es así que como activación cognitiva se abordan los objetivos 2030, promoviendo la reflexión de las posibles formas de vida a las que en menos de una década nos veríamos avocados. La invitación al aprendizaje está mediada por la puesta en escena recreando la dinámica actual del manejo de los residuos para luego trabajar la pregunta clásica orientadora de ¿Qué

es la basura? En el abordaje de la economía lineal para su comprensión, se realiza un breve desglose por partes, explicando cada una de ellas en ese tránsito de los productos hasta la disposición final de los residuos:

## 2.2. El bosque

Primer escenario de explotación de recursos naturales y materias primas, especialmente madera y minerales, transformado en campos, suelos para agricultura, monocultivos, ganadería y centros poblados. Ya existen abundantes estudios del ritmo de deforestación que lleva Colombia y sus regiones, hoy con gran énfasis en la selva amazónica (Figura 1).

Figura 1. *Los bosques*



Fuente: elaboración propia, The Guardian 2024, SINC, 2022 y Ardila.

## 2.3. La industria

Como siguiente eslabón para la transformación de materias primas para la elaboración de productos de consumo acelerado, sean alimenticios, cosméticos, de entretenimiento, entre otros. Allí el diseño industrial ha cumplido una labor interesante en la creación de nuevos productos en diversidad de materiales cada día. En este eslabón el impacto ambiental es de gran escala en este afán de masificar la producción y aumentar el consumo (Figura 2).

**Figura 2**  
*La industria*



*Fuente:* Investigación, desarrollo e innovación, 2021, Unión Radio, SAGGES, Pinterest.

## 2.4. El comercio

Aparecen las tiendas de comercialización de estos productos, controladas por las grandes superficies, centros comerciales, quienes se encargan de realzar aún más la apariencia de los productos con empaques y envolturas atractivos a la compra, al consumo, y les imprimen un “valor agregado” para su consumo (Figura 3).

**Figura 3**  
*El comercio*



*Fuente:* Mall & Retail.

Dichas mercancías llegan embaladas y suministradas en diversidad de empaques y envolturas para fácil transporte y almacenamiento rumbo a su

consumo en centros de acopio y redistribuidos de cadena en cadena, llegando finalmente a la alacena de cada hogar. Así mismo, en la dinámica voraz del consumo acelerado, tales empaquetaduras son de materiales no reciclables; bajo las dinámicas actuales son de corto rendimiento, productos de rápido uso de obsolescencia programada en bajo tiempo. El ejemplo más claro de esto es el plástico de un solo uso, que Colombia ya prohibió.

## 2.5. Centros poblados

Claves en la garantía para el consumo acelerado de los productos; vale la pena girar la mirada en torno al desplazamiento masivo de campesinado a las grandes ciudades a engrosar los cordones de miseria y, en general, una concentración de personas, obligando a las comunidades a transformar su existencia rural en una urbana, logrando así una densificación poblacional acorde a estas dinámicas económicas de globalización degradantes de la vida y garantía del alto consumo de las mercancías (Figura 4).

**Figura 4**

*Centros poblados*



*Fuente:* Grupo América Latina, 2023, El espectador, 2024.

## 2.6. La fuente

En el contexto actual de lo que se denomina minería urbana, emerge el valor potencial dentro del sector de residuos en la economía lineal. En el marco de la propiedad horizontal, el *shut*, el cual, en el caso de los estratos 1, 2 y 3, suele estar ubicado en uno de los locales comerciales cercanos a las porterías, un local comercial que gestiona de manera constante un flujo de residuos, conocidos comúnmente como “basura”. Según los PGIRS, solo una pequeña parte de estos residuos es aprovechada por la comunidad recicladora de oficio, mientras que la mayoría termina en rellenos sanitarios. Esta basura suele acumularse en puntos comunes del barrio, como las esquinas, las cuadras o los postes. Estos puntos críticos y otros espacios se convierten en tiraderos informales de residuos, donde emergen diversos actores relacionados con el reciclaje, quienes no necesariamente son recicladores de oficio. Estos actores incluyen personas en situación de vulnerabilidad, como aquellas que viven en la calle, están sujetas a desplazamiento forzado, enfrentan migración, pobreza extrema, discapacidad, consumo de sustancias o problemas mentales, así como empresas privadas que participan en la gestión de residuos.

En Bogotá, para 2015-2017, la UAESP publicó estudios técnicos de la conformación de los residuos que entran al relleno, mostrando el gran desperdicio y contaminación, se calcula que circulan a diario por las calles más de mil millones de pesos en material aprovechable convertido en basura; es de allí que se comprenda la configuración de la dinámica en la calle con tanta población recicladora, claramente en dicha fuente existe el sustento también de miles de personas en diferente condición de miseria y empresas privadas que han visto la oportunidad de incursionar en el medio, situación base de la estigmatización de la población recicladora de oficio organizada, que si bien es cierto surgen de la extrema pobreza como lo narra el libro del reciclador de oficio (2021). Hoy, mediante fallos de la corte constitucional, son sujetos de protección especial en proceso de dignificación; es así que prevalece una participación activa de población no recicladora de oficio en calle debido a la cultura ciudadana actual que impera sobre los residuos de consumir y tirar (Figura 5).

**Figura 5***La fuente**Fuente:* Propia y Gutiérrez, 2020.

## 2.7. Relleno, hoy Parque de Innovación tecnológica doña Juana

Finalmente, en la línea se encuentra, para el caso de Bogotá, un relleno de 35 años de operación con sus respectivas tragedias ambientales recurrentes. En la actualidad recibe alrededor de 7 000 toneladas de residuos al día. Relleno al cual entran alrededor de 4 000 toneladas día de residuos orgánicos (comida cruda y cocinada), material vegetal de corte de césped y poda de árboles que contamina aproximadamente 2 100 toneladas día de material potencialmente aprovechable, fuente de ingresos de familias recicladoras de oficio y población en extrema pobreza. Y un 10 % de material no aprovechable conformado por pañales desechables, toallas eufemísticamente llamadas higiénicas, papel higiénico, entre otros residuos de tipo biológico, susceptibles de ser reducidos mediante uso y prácticas alternativas de métodos como, por ejemplo, la copa menstrual y la ergonomía adecuada de deposición para el caso del papel higiénico que de por sí también es compostable mediante métodos de baños secos y otros métodos alternativos para el manejo de heces humanas (vale la pena revisar qué otro animal defeca en agua limpia) (Figura 6).

**Figura 6***El proceso de recolección de residuos*

*Fuente:* Bogotá Limpia, Colprensa, Personería de Bogotá

En 1985 se concentró el negocio de la “basura” en doña Juana y en 1997 se derrumbaron sobre el río Tunjuelo más de un millón doscientas mil toneladas de residuos, generando una de las catástrofes ambientales más grandes en la capital colombiana. “En noviembre de 2012, el Consejo de Estado falló a favor de una acción interpuesta por un grupo de víctimas del relleno Doña Juana, quienes se vieron afectadas por el derrumbe sanitario que se registró en 1997. El alto tribunal ordenó el pago de \$227 440 511.400”. Una cifra correspondiente a dos años de financiación para 2015 de la Universidad Pedagógica Nacional, una de las universidades públicas del país (LA FM, 2022).

UAESP en sus capacitaciones arroja datos como que en periodos de fiestas decembrinas y el cese de actividades de la comunidad recicladora pueden entrar hasta 9 000 toneladas día al relleno; estima que volumétricamente se entierra una torre de Colpatria al día, entre otros datos relevantes de la dimensión de la tragedia, como por ejemplo más de 1100 elefantes o 200 buses biarticulados de Transmilenio (transporte masivo de la ciudad). Todo acompañado de un material educativo que permite la comprensión del problema y la incidencia en él como individuos. Dicho material también está compuesto por un grupo de elementos de color, los cuales representan la bolsa de basura domiciliaria con la cual se recrea dicha dinámica y así mismo recreando el hacer alternativo que contribuya a la disposición de los residuos para su manejo integral en economía circular de la mano con familias recicladoras (Figura 7).

**Figura 7**  
El proceso Educativo



Fuente: Imágenes propias

### 3. Conclusión capitular

Como principales conclusiones tenemos:

- En la economía lineal el proceso de reciclaje no existe.
- Los rellenos sanitarios son el resultado de la continuidad de la explotación de los recursos naturales convertidos en mercancía.
- La comunidad recicladora no hace parte integral de los planes de gestión integral de los residuos sólidos.
- El problema de los residuos radica en la necesidad de pedagogía ambiental.
- La basura no es el artículo\_mercancía susceptible de enterramiento; la basura es una narrativa y práctica cultural de la sociedad contemporánea.

### 4. Referencias

Amaya, O., Quintero, M., Bejarano, C. (2023). *Decisiones ambientales del Consejo de Estado*. Universidad Externado de Colombia. Bogotá. <https://www.>

- consejodeestado.gov.co/documentos/biblioteca/libros/2024/D%20AMBIENTALES-(descargable)%20pa%CC%81ginas%20(1).pdf
- Ardila, S. (7 de noviembre de 2023). Dejusticia. En Pía Wohlgemuth N. *Cuatro comunidades indígenas de la Amazonía exigen que las incluyan en medidas contra la deforestación*. <https://cambiocolombia.com/pais/cuatro-comunidades-indigenas-de-la-amazonia-exigen-que-las-incluyan-en-medidas-contra-la>
- Bogotá Limpia. (s/f). *Recolección domiciliaria*. <https://www.bogotalimpia.com/recoleccion-domiciliaria/>
- Colprensa. (15 de septiembre de 2017). En Romero M. C. *Infraestructura tecnambiental, posible solución para Doña Juana*. <https://www.larepublica.co/infraestructura/infraestructura-tecnambiental-posible-solucion-para-dona-juana-2548332>
- CONPES 3874 de 2016. (2016). *Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%0-C3%B3micos/3874.pdf>
- Decreto 1713 de 2002. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542>
- Decreto 345 de 2020 por el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS- del Distrito Capital, y se dictan otras disposiciones.
- 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
- El Espectador*. (8 de junio de 2024). Sicariato en Ibagué: le dispararon en la cabeza a un hombre que iba caminando. <https://www.elespectador.com/colombia/mas-regiones/sicariato-en-ibague-le-dispararon-en-la-cabeza-a-un-hombre-que-iba-caminando/>
- Rojas Hernández, L. (2 de septiembre de 2020). El duro golpe para el reciclaje y los recicladores del país. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/noticias-reciclaje-el-duro-golpe-para-el-recicla>

- je-y-los-recicladores-del-pais-535610
- Grupo América Latina. (2 de abril de 2023). *Conoce Bogotá, sede del Congreso Bilateral de enfermería*. [https://www.facebook.com/photo.php?fbid=597679659045841&id=100064114355725&set=a.450674120413063&locale=sk\\_SK](https://www.facebook.com/photo.php?fbid=597679659045841&id=100064114355725&set=a.450674120413063&locale=sk_SK)
- Investigación, desarrollo e innovación. (4 de noviembre de 2021). *Cae un 11,7% la producción de azúcar por clima e incertidumbre*. <https://www.facebook.com/1287592347985327/photos/a.1289094564501772/4319534364791095/?type=3>
- LA FM. (22 de junio de 2022). Relleno Doña Juana: afectados no recibirán la suma de dinero que esperan. <https://www.lafm.com.co/bogota/relleno-dona-juana-afectados-no-recibiran-la-suma-de-dinero-que-esperan>
- Ley 142 de 1992. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>
- Mall & Retail. (s. f.). *Quien es quien, en los supermercados en Colombia*. [https://www.mallyretail.com/index.php?id=&id\\_news=372](https://www.mallyretail.com/index.php?id=&id_news=372)
- Martínez, A., Castro, J. y Noguera, C. (1995). Crónicas del desarraigo. Historia del Maestro en Colombia. Mesa redonda del magisterio.
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Programa de Residuos Sólidos. <https://minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/programa-de-residuos-solidos>
- Personería de Bogotá (Doña Juana: bitácora de un desastre anunciado). [https://www.google.com/search?sca\\_esv=14988c4722c11c49&rlz=1C5GCEA\\_enMX950MX950&q=do%C3%B1a+juana+bit%C3%A1cora+de+un+desastre+anunciado&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwix7YzDhaeKAXV5umMGHax2OIYQBSgAegQIDBA-B&biw=1151&bih=774&dpr=2#vhid=zephyr:0&vssid=atritem-https://www.personeriabogota.gov.co/sala-de-prensa/notas-de-prensa/item/719-dona-juana-bitacora-de-un-desastre-anunciado](https://www.google.com/search?sca_esv=14988c4722c11c49&rlz=1C5GCEA_enMX950MX950&q=do%C3%B1a+juana+bit%C3%A1cora+de+un+desastre+anunciado&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwix7YzDhaeKAXV5umMGHax2OIYQBSgAegQIDBA-B&biw=1151&bih=774&dpr=2#vhid=zephyr:0&vssid=atritem-https://www.personeriabogota.gov.co/sala-de-prensa/notas-de-prensa/item/719-dona-juana-bitacora-de-un-desastre-anunciado)
- Pinterest. (s/f). *Venta de productos colombianos*. <https://es.pinterest.com/pin/558235316304219859/>
- Radio La FM. (2016) <https://www.lafm.com.co/bogota/relleno-dona-juana-afectados-no-recibiran-la-suma-de-dinero-que-esperan>

- SAGGES (s/f). *La riqueza minera de Colombia en otros materiales*. <https://www.sagges.com/la-riqueza-minera-de-colombia-en-otros-materiales/>
- SINC. (7 de marzo de 2022). La selva amazónica se acerca a un punto de inflexión crítico. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/La-selva-amazonica-se-acerca-a-un-punto-de-inflexion-critico>
- The Guardian*. (26 de marzo de 2014). Is APP's zero deforestation pledge a green villain's dramatic turnaround?. <https://www.theguardian.com/environment/2014/mar/26/app-deforestation-greenpeace-campaign>
- UAESP. (2015). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2016 – 2027. [https://www.uaesp.gov.co/uaesp\\_jo/images/direccion/PGIRS\\_FINAL\\_18-12-2015.pdf](https://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/direccion/PGIRS_FINAL_18-12-2015.pdf)
- UAESP. (2022). El Reciclador de Oficio en Bogotá. Una labor que dignifica la Ciudad. Segunda Edición. Constitución Política de Colombia de 1991. Artículo 365.
- Unión Radio*. (20 de septiembre de 2024). Ecopetrol suspendió suministro de gas vehicular a 13 empresas distribuidoras. [https://unionradio.net/ecopetrol-suspendio-suministro-de-gas-vehicular-a-13-empresas-distribuidoras/#google\\_vignette](https://unionradio.net/ecopetrol-suspendio-suministro-de-gas-vehicular-a-13-empresas-distribuidoras/#google_vignette)

# Capítulo **II.3**

---

## **Gestión y aprovechamiento de material Tetra Pak: evaluación del comportamiento**

*Beatriz Elena Ortiz Gutiérrez<sup>3</sup>  
Liseth Dayana Piñeros Peña<sup>4</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20251888>



---

3 Docente, investigadora y directora del Observatorio de Economía Circular de la Universidad de La Salle; [beortiz@unisalle.edu.co](mailto:beortiz@unisalle.edu.co)

4 Investigadora del Observatorio de Economía Circular e innovación de la Universidad de La Salle; [lpeneros14@unisalle.edu.co](mailto:lpeneros14@unisalle.edu.co)

## 1. Introducción capitular

Según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, para el año 2021 se dispuso cerca de 33 938.58 toneladas por día de residuos sólidos, lo cual representa un aumento del 4.16% respecto al año 2020. “Del total de toneladas diarias dispuestas, el 42.52% corresponde a las 8 ciudades con mayor población: “Bogotá D.C., Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, San José de Cúcuta, Soacha y Soledad” (Superservicios, 2021).

Pese a los avances en políticas públicas frente a la gestión de residuos sólidos y tecnologías para la disposición final de estos, en el país, las cifras de disposición final a través de botaderos a cielo abierto siguen siendo altas, lo que puede ser un indicador de diversas problemáticas previas como la falta de recursos e inversión pública en tecnología e innovación para el manejo de los residuos, así como la falta de formulación e implementación de instrumentos de planificación territorial y la falta de educación y capacitación en los diferentes sectores para disminuir la demanda de recursos naturales y la inadecuada disposición de los residuos que se genera.

Según el DANE, para el año 2021, la tasa de reciclaje de residuos sólidos fue de 13.46 % respecto al total de residuos generados en Colombia. Esta ha sido una cifra que ha estado en aumento durante los últimos años; sin embargo, no es lo suficientemente alta para representar avances significativos en procesos como el aprovechamiento (DANE, 2021).

Frente al panorama de aprovechamiento de residuos sólidos, esta actividad ha registrado un aumento importante en los últimos años. Según el DANE, “en el año 2022 se reportó en total 2.439.619,91 toneladas aprovechadas, de las cuales el 94.7 % fueron reportadas por prestadores en formalización progresiva” (DANE, 2021). Este es un indicador positivo, teniendo en cuenta que el número de recicladores de oficio y de las estaciones de clasificación y aprovechamiento ECA registradas en el SUI (Sistema Único de Información) es cada vez mayor, lo que permite mejorar las condiciones de esta actividad.

En términos del Tetra Pak, se debe mencionar que este es un material multicapa cuyas cifras de aprovechamiento se reportan en materiales de la familia del papel y cartón, que para el año 2022 registró una tasa de aprovechamiento del 3.07 % del total generado en el país, lo que significa que respecto al valor total de toneladas de residuos aprovechados representa cerca de 34 392 toneladas anuales.

Es importante mencionar que el proceso de aprovechamiento del material Tetra Pak es complicado debido a su composición multicapa, que combina diferentes materiales como cartón (75 %), polietileno (20 %) y aluminio (5 %). Estas capas están diseñadas para proteger los alimentos y bebidas, pero al mismo tiempo hacen que el proceso de reciclaje sea más costoso y técnicamente complejo.

La empresa TetraPak en 2023, según su informe de sostenibilidad, invirtió alrededor de 40 millones de euros en programas de reciclaje a nivel mundial, que para el caso de Colombia representó una oportunidad para fortalecer la economía circular en el país, teniendo en cuenta los retos existentes en la recuperación de envases multicapa (TetraPak, 2023).

Bogotá es la ciudad con mayor tasa de generación de residuos diarios del país y se reconoce que este fenómeno se presenta debido a la alta densidad poblacional de la ciudad como uno de los factores principales. Sin embargo, factores como la informalidad en los procesos de gestión no permiten cuantificar de manera precisa las cifras de aprovechamiento y reciclabilidad. Para el caso del Tetra Pak, en Bogotá no se reconoce con exactitud tasas de gestión y aprovechamiento, debido a dos factores importantes, falta de información (construcción de una línea base a partir de reportes oficiales de ECA y bodegas de reciclaje) y dificultades técnicas frente a su gestión y aprovechamiento, que genera incertidumbre en la recolección por parte de los recicladores de oficio.

Bajo este contexto, desde el Observatorio de Economía Circular e Innovación, se formuló un proyecto de investigación para realizar un diagnóstico inicial del contexto en la gestión del material Tetra Pak en estaciones de clasificación y aprovechamiento, bodegas de reciclaje e información diagnóstico por parte de recicladores de oficio. Lo anterior se desarrolló por medio de visitas a campo y el desarrollo de encuestas para la consolidación de una base de datos.

Posteriormente, se desarrolló un proceso de visualización de la información a través de un geovisor (dashboard) en la plataforma ArcGIS Online, que permite consultar no solamente la distribución de los puntos de las estaciones de clasificación y aprovechamiento y bodegas de reciclaje, sino que también permite generar consultas online que el mismo usuario determina a través de filtros en ventanas interactivas de mapas y gráficas de tendencia que reflejan la información de interés de la base de datos, haciendo la experiencia de consulta mucho más dinámica para el usuario.

Se desarrollaron una serie de reflexiones sobre los desafíos en el acceso a la información para el levantamiento de datos y del porqué este tipo de material representa tantas dificultades en su gestión por parte de los recicladores de oficio. Lo anterior permite identificar unas tendencias en comportamiento social y formular unas estrategias que permitan motivar cambios en actores estratégicos para que se impulse el aprovechamiento de este material y en general se promueva la economía circular.

## **1.1. Objetivos:**

### *a) General*

Evaluar el comportamiento de actores estratégicos en la gestión y aprovechamiento del material Tetra Pak en Bogotá.

### *b) Específicos*

- i) Comprender el proceso de reciclaje y recuperación del material Tetra Pak en estaciones de clasificación, aprovechamiento y bodegas de reciclaje.
- ii) Analizar las perspectivas de los gestores y recicladores informales respecto al potencial de aprovechamiento del material Tetra Pak en Bogotá, a través de una visualización de información.
- iii) Desarrollar una evaluación del comportamiento de la gestión y aprovechamiento de materiales como el Tetra pak, para promover estrategias de mejora en estos procesos.

## 2. Metodología

Para llevar a cabo la investigación, se dividió el proceso en tres fases, las cuales facilitaron el cumplimiento de los objetivos establecidos, en ese orden, a continuación, se expone cada una de las fases metodológicas aplicadas:

- a) Fase 1: En la primera fase, se realizó un levantamiento de información secundaria y bibliográfica. En esta etapa se construyó una línea base de información utilizando fuente oficial, brindada desde el sector público que para este caso corresponde principalmente a datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios para el contexto nacional en la gestión de residuos y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP para el caso específico de Bogotá. Es de mencionar que la información aquí consultada se desarrolló por medio de datos abiertos de las entidades públicas y derechos de petición para el caso de información puntual sobre Tetra Pak y estaciones de clasificación y aprovechamiento en Bogotá. Se consultó información de artículos científicos relevantes, que no solo permitiera diagnosticar el estado en la gestión de este tipo de material, sino que también permitiera construir una base para generar estrategias en el cambio de comportamiento social frente al manejo general de residuos sólidos.
- b) La segunda fase consistió en el levantamiento de información primaria mediante visitas técnicas a Estaciones de clasificación y aprovechamiento, así como en centros de reciclaje privados (bodegas de reciclaje), también, se desarrollaron encuestas en estos establecimientos y a recicladores de oficio, que permitieran levantar información sobre:
  - i) La compra de material Tetra Pak
  - ii) Precio en el mercado
  - iii) Condiciones para el aprovechamiento del material
  - iv) Ubicación geográfica

También se desarrollaron otras preguntas diagnóstico hacia los recicladores de oficio que considera aspectos como:

- i) Horas dedicadas al oficio del reciclaje
- ii) Comprador de material Tetra Pak (en caso que aplique) y
- iii) Tipo de materiales que gestiona.

Posteriormente, se realizó una depuración de estos datos para la investigación, en donde se desarrolla la estructuración de la información a formatos geográficos, se realiza el geoprocésamiento de datos y el diseño e implementación de ventanas de visualización a través de un tablero de control diseñado en la aplicación ArcGIS Online.

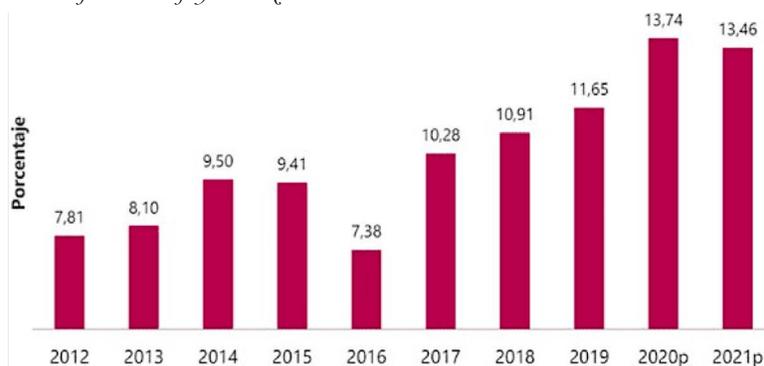
Finalmente, en la tercera fase se desarrollaron estrategias específicas basadas en los resultados obtenidos para mejorar la gestión y el aprovechamiento del material Tetra Pak en Bogotá con la perspectiva de mejorar los hábitos de comportamiento en la gestión de residuos y la implementación de enfoques de economía circular, teniendo en cuenta los desafíos, las oportunidades identificadas y las barreras encontradas durante el estudio, lo anterior, por medio del análisis de la información consultada y información primaria (Dashboard).

### 3. Resultados

Frente al desarrollo de la fase 1 del levantamiento de información secundaria y bibliográfica, se obtuvo que, para el orden nacional, en el caso de la gestión de residuos sólidos, según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, para el año 2021 se dispuso en promedio 33 938.58 ton/día, las cuales presentan un aumento del 4.16 % respecto al año 2020 (Figura 1).

**Figura 1**

*Porcentaje de reciclaje y reutilización de residuos sólidos en 2021*



Fuente: Superservicios, 2021.

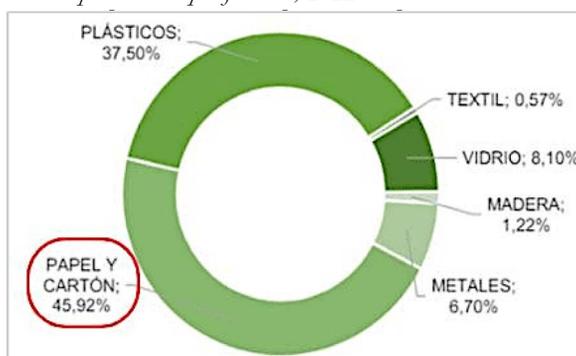
Por otro lado, según el DANE, para el año 2021, el porcentaje de reciclaje de residuos sólidos fue de 13.46 % respecto al total de residuos generados a nivel nacional.

Cabe resaltar que, para el caso del Tetra Pak, al contar con un alto porcentaje de cartón en su composición (75 %), en el grupo familiar de material, se encuentra ubicado en la familia de papel y cartón.

Para el año 2022, según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, cerca del 46 % de las toneladas aprovechadas correspondió a la categoría de papel y cartón. La Gráfica 2 muestra la distribución porcentual de las distintas familias frente al total de toneladas de materiales aprovechados (Figura 2).

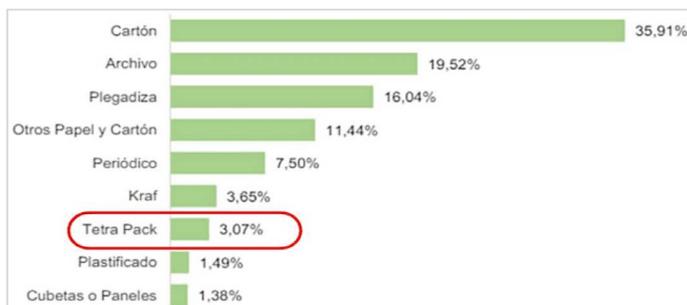
**Figura 2**

*Reporte de toneladas aprovechadas por familias, 2022*



*Fuente:* Superservicios, 2022.

Dentro del 46 % de toneladas aprovechadas que corresponde a la categoría de papel y cartón, se encuentran identificadas 9 subcategorías de materiales que incluye al Tetra Pak y que expone una tasa de aprovechamiento correspondiente al 3.07 %. La Gráfica 3 muestra la distribución de porcentajes por cada una de las categorías de papel y cartón (Figura 3).

**Figura 3***Reporte de materiales de la familia de papel y cartón-2022**Fuente:* Superservicios, 2022.

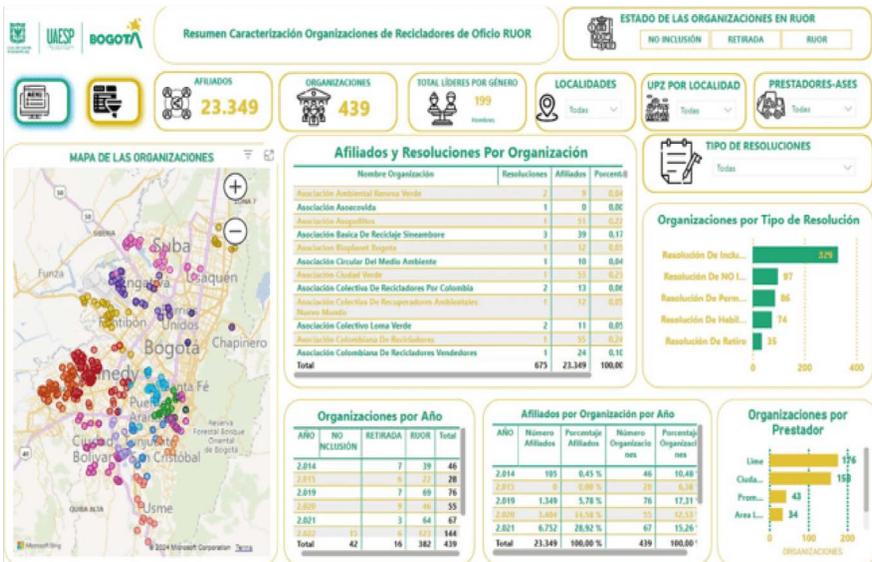
Para el caso de Bogotá, según datos de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) para corte de 2023, se dispusieron 2 470 638 toneladas, donde solo el 29.9 % fueron aprovechados de ese total. La familia del papel y cartón (que incluye al Tetra Pak) son los que más tasa de aprovechamiento presentan (43.7 %), que corresponde a alrededor de 54 toneladas/año. Sin embargo, no se reporta de manera específica la información de gestión y aprovechamiento del material Tetra Pak. Por medio del Derecho de Petición, entre otras, se preguntó a la entidad sobre la existencia de programas de concientización hacia la ciudadanía para la reducción, separación y aprovechamiento adecuado de materiales como cartón, papel, vidrio, metal y Tetra Pak en Bogotá.

En respuesta, se encuentra que la entidad, en el marco de un cambio en su administración, está ajustando sus estrategias y procedimientos para mejorar la atención a la ciudadanía, lo que implica que está reorganizando a sus equipos de trabajo para tener una mayor presencia en la ciudad, de este modo optimizar la gestión de los residuos, lo cual se lograría con el apoyo de líderes locales o comunitarios.

Lo anterior, refleja la intención de fortalecer los programas de formación a la ciudadanía, sin embargo, no establece una hoja de ruta concreta para el desarrollo de dichas actividades. Por otro lado, se buscó identificar actualmente, la cantidad de estaciones de clasificación y aprovechamiento y de asociaciones de recicladores de oficio en la ciudad, para ello, se consultó la información suministrada por el SUI y en ROUR, se logra conocer

que actualmente se encuentra un total de 439 organizaciones adscritas a la UAESP de recicladores de oficio, sin embargo, el sistema no especifica el tipo de materiales aprovechados o tendencias de aprovechamiento. La gráfica 4 expone la interfaz del sistema de información, que, entre otras, contine variables con información operativa correspondiente a los registros de cada organización (Figura 4).

**Figura 4**  
Caracterización de Organizaciones de recicladores de oficio ROUR



Fuente: UAESP, 2023.

Adicionalmente a los datos reportados por parte de las entidades públicas, se consultó la literatura académica, con el fin de identificar los procesos de gestión de Tetra Pak y las dificultades para su correcto aprovechamiento. Es así como se logró conocer que el principal desafío en la gestión del Tetra Pak en Bogotá y Colombia radica en su compleja composición multicapa de cartón, polietileno y aluminio, lo que dificulta su reciclaje y separación eficiente de los materiales. Aunque existen propuestas para mejorar el reciclaje de este material, como las implementadas en centros de acopio y plantas transformadoras, la falta de infraestructura adecuada, costos altos y baja sensibilización de los consumidores y recicladores siguen sien-

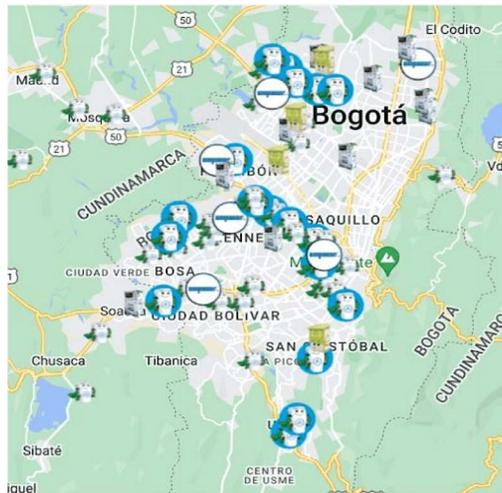
do barreras. Lo anterior se refleja en investigaciones como la revisión de “alternativas de implementación mundial de logística inversa para reciclaje de Tetra Pak”: Este artículo explora iniciativas de logística inversa para el manejo de envases Tetra Pak y su transformación en productos derivados. Analiza diferentes métodos de procesamiento de los componentes de Tetra Pak y cómo estos se pueden reutilizar en nuevas aplicaciones industriales (Riveros Cendales, 2018).

- a) “Propuesta para la implementación de reciclaje de envases Tetra Pak en el centro de acopio de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito” (Ascencio Naranjo, P. 2020): Este estudio busca incentivar el reciclaje de Tetra Pak, enfocándose en los beneficios económicos y medioambientales del reciclaje y la reutilización de este tipo de material.
- b) “Diseño de procesos de logística inversa para el aprovechamiento de envases de Tetra Pak obtenidos en jardines infantiles de la ciudad de Bogotá” (Hernández Bernal. 2020): Este trabajo investiga el diseño de estrategias para la recolección y el reciclaje de envases Tetra Pak en jardines infantiles, enfocándose en la logística inversa y su impacto ambiental positivo.
- c) “Diseño de una red de logística inversa para envases de Tetra Pak® en la ciudad de Manizales” (Prieto Montoya, M. 2016): Este proyecto resalta la importancia de integrar la logística inversa en los sistemas de manejo de residuos sólidos para enfrentar problemas ambientales actuales. Promueve no solo la sostenibilidad ambiental sino también la generación de valor económico a partir del reciclaje. Sin embargo, también reconoce que el éxito depende de la gobernanza.
- d) Por otro lado, se logró identificar que, para el caso de Colombia, existe la Guía fácil para el reciclaje del Tetra Pak, en donde se expone que, todos los envases de este tipo son reciclables y muestra organizaciones encargadas de la transformación de este material como Proplanet ubicada en La Estrella, Antioquia y Comolsa ubicada en Buga Valle del Cauca, ambas, desarrollan alternativas de reaprovechamiento y gestionan grandes volúmenes de material para el desarrollo de productos específicos y envases o empaques a parte de esa materia prima reciclada. (TetraPak, s. f.).

Adicionalmente, la empresa Tetra Pak, para el caso de Bogotá, cuenta con puntos específicos de reciclaje de envases de este tipo de material distribuidos en todas las localidades, con gestores específicos. La Gráfica 5 muestra la distribución espacial de estos puntos; cabe resaltar que la información que se puede consultar a través de ese geovisor contiene únicamente información de ubicación y contacto (Figura 5).

**Figura 5**

*Puntos de aprovechamiento de envases de Tetra Pak en Bogotá*



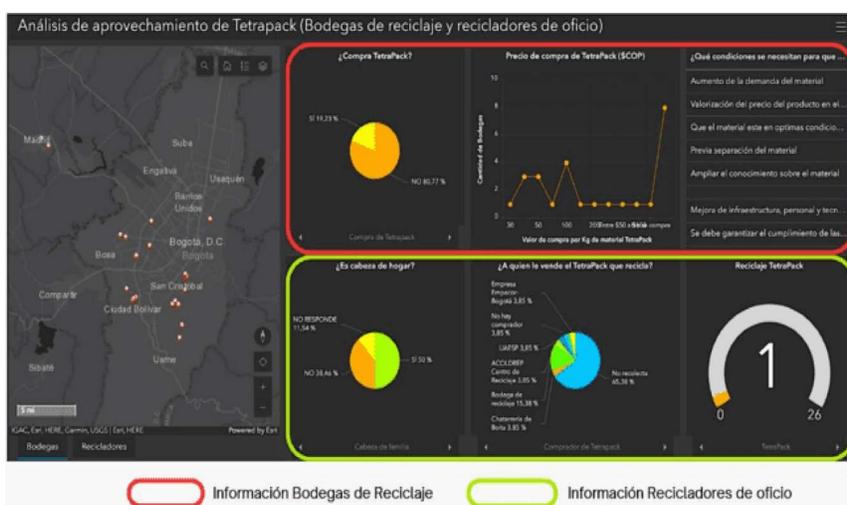
*Fuente:* Geovisor TetraPak, S/f

En la fase 2 de la investigación, producto del levantamiento de información primaria, se desarrolló un total de 26 visitas técnicas en diferentes Estaciones de Clasificación y aprovechamiento o bodegas de reciclajes, en donde se obtuvo información tanto de los encargados de los establecimientos así como de los recicladores de oficio directamente, se desarrolló un Dashboard por medio de la herramienta Arcgis Online, en donde se refleja la geolocalización de los puntos de información y la estadística de los datos (si bien se puede indicar que los resultados obtenidos no generan una representatividad frente a todas las organizaciones dedicadas a esta actividad legalmente registradas en Bogotá, si reflejan una tendencia o comportamiento que podría dar indicios de un comportamiento más genérico si se amplía la escala en la búsqueda de información).

Cabe mencionar que parte de los factores en la cantidad total de visitas técnicas realizadas responden a condiciones presupuestales y de seguridad. La Gráfica 6 muestra la interfaz de la herramienta, la cual es completamente abierta a cualquier usuario que desee consultar la información, que se compone de dos elementos principales:

- i) Salidas cartográficas
- ii) Estadística de datos.

**Figura 6**  
Interfaz Dashboard (análisis de aprovechamiento de Tetra Pak)



Fuente: Autores, 2024.

Es posible identificar que, frente a la información de las bodegas de reciclaje, el 80.7 % no compra material Tetra Pak a recicladores de oficio, debido principalmente a que “no existe una alta demanda en el mercado” y no se considera un material con valor comercial y existe una amplia dificultad en el aprovechamiento de este. Se buscó identificar en el levantamiento de información si existe algún precio estándar entre los que sí comercializan el material; sin embargo, no fue posible identificar un valor estándar debido principalmente a que no existe un mercado regularizado. Además, exponen que las condiciones necesarias para considerar la compra de este tipo de material a los recicladores de oficio deben contemplar:

- a) Aumento de la demanda del material
- b) Valorización en el mercado
- c) Condiciones óptimas para su gestión y aprovechamiento
- d) Ampliar el conocimiento
- e) Mejores condiciones de infraestructura, tecnología y personal capacitado

Frente a la información recolectada de los recicladores de oficio, cerca del 66 % no recolecta el material Tetra Pak (quienes sí desarrollan la actividad lo transportan a ECAS del distrito o a un centro de acopio especializado después de algún proceso de compactación o de lavado y secado). Las principales causas de este comportamiento se deben a que: Los gestores no lo compran, no tiene valor comercial y es complejo el manejo en la separación de materiales (cartón, plástico, metal). Al evaluar el comportamiento de la gestión y aprovechamiento de materiales como el Tetra Pak en Colombia, se encuentra que el reciclaje de este tipo de material enfrenta numerosos desafíos estructurales, operativos y sociales, que deben abordarse para mejorar las tasas de aprovechamiento. En los cuales se destacan los siguientes:

- i) Falta de infraestructura: El reciclaje del Tetra Pak requiere tecnologías especializadas para separar las capas de cartón, polietileno y aluminio, lo que limita las capacidades de las plantas actuales.
- ii) Falta de datos confiables: La informalidad en el manejo de residuos en el país, dificulta la recolección de estadísticas sobre la cantidad de materiales recuperados, especialmente en el caso de los recicladores de oficio que no reportan cifras oficiales.
- iii) Falta de garantías para los recicladores de oficio: Los recicladores de oficio son actores clave en el aprovechamiento de residuos en Colombia, pero a menudo enfrentan condiciones laborales precarias y una falta de reconocimiento institucional.

Cambios de comportamiento en la generación y manejo de residuos: Entender que el comportamiento y los hábitos de consumo obedecen a planteamientos cimentados desde la Psicología Ambiental, en donde se plantea que existen barreras psicológicas en los individuos que se reflejan en el impacto

ambiental a largo plazo. En ese sentido, parte de las estrategias que impulsarían una mejora frente a la gestión de este tipo de materiales contemplan:

- a) Fortalecimiento de capacidades y reconocimiento a los recicladores de oficio.
- b) Fortalecimiento institucional - Normatividad Ambiental.
- c) Seguimiento y monitoreo a datos de aprovechamiento reportados.
- d) Búsqueda de alternativas de financiación en procesos de gestión.
- e) Visibilización de oportunidades en modelos de negocio enfocados en la transformación de materiales (replicar casos de éxito).
- f) Fomento de la gobernanza para coordinación de una hoja de ruta que permita promover la economía circular.
- g) Entablar estrategias pedagógicas teniendo en cuenta planteamientos emergentes de Psicología Ambiental sobre la disposición de residuos sólidos.

#### **4. Conclusión capitular**

- a) Aumento en la generación y aprovechamiento de residuos sólidos: En Colombia, la generación de residuos sólidos ha crecido, con un promedio de 33 938.58 toneladas por día en 2021, un 4.16% más que en 2020. Sin embargo, el aprovechamiento de residuos sigue siendo bajo, con una tasa de reciclaje del 13.46 % en 2021. En 2022, se reportaron 2 439 620 toneladas aprovechadas, con el 46 % de estos residuos pertenecientes a la categoría de papel y cartón, que incluye al material Tetra Pak.
- b) Desafíos en el reciclaje del Tetra Pak: La gestión y aprovechamiento del Tetra Pak en Colombia enfrenta desafíos significativos debido a su composición multicapa (cartón, polietileno y aluminio), lo que complica su separación y reciclaje. Las dificultades incluyen la falta de infraestructura adecuada, los altos costos y la baja demanda en el mercado. Aunque existen centros de acopio y algunas empresas especializadas, como Proplanet y Comolsa, el reciclaje de este material sigue siendo limitado.
- c) Necesidad de fortalecer programas y capacidades de reciclaje: Los recicladores de oficio juegan un papel clave en la gestión de residuos, pero

enfrentan dificultades como la falta de demanda de materiales como el Tetra Pak y la ausencia de un mercado regularizado. Para mejorar la gestión, es necesario fortalecer las capacidades de los recicladores, mejorar la infraestructura, fomentar la economía circular y promover estrategias pedagógicas para concientizar a la ciudadanía sobre la separación y reciclaje de materiales.

- d) Importancia de la evaluación del comportamiento y la integración de enfoques transversales: El aprovechamiento de residuos no solo requiere mejoras tecnológicas e infraestructurales, sino también un cambio en el comportamiento social. Desde la Psicología Ambiental, se plantea que las barreras psicológicas y los hábitos de consumo juegan un papel fundamental en el manejo de los residuos por parte de las personas. Para impulsar un cambio significativo en el aprovechamiento de materiales como el Tetra Pak, es crucial desarrollar estrategias que incluyan enfoques interdisciplinarios, como campañas educativas basadas en principios psicológicos que promuevan hábitos sostenibles y la conciencia ambiental a largo plazo.

## 5. Referencias

- Ascencio Naranjo, P. (2020). *Propuesta para la implementación de reciclaje de envases tetra pak en el centro de acopio de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1217>
- DANE. (2021). *Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales de residuos sólidos (CAEFM-RS) 2020 provisional – 2021 provisional*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/CAEFM-RS/bol-CAEFMRS-2021pr.pdf>
- TetraPak. (s. f.). *Geovisor TetraPak. Puntos de reciclaje de envases de Tetra Pak®* <https://www.tetrapak.com/es-co/sustainability/focus-areas/food-access-availability-and-resilience/recicladores-en-colombia>
- TetraPak. (s. f.). *Guía fácil para el reciclaje del Tetra Pak*. <https://www.tetrapak.com/content/dam/tetrapak/media-box/global/en/documents/sustainability-report-FY23-executive-summary.pdf>
- TetraPak. (2023). *Executive Summary Sustainability Report FY23*. <https://>

- [www.tetrapak.com/es-co/sustainability/focus-areas/food-access-availability-and-resilience/recicladores-en-colombia](http://www.tetrapak.com/es-co/sustainability/focus-areas/food-access-availability-and-resilience/recicladores-en-colombia)
- Hernández Bernal, A, Cely Torres, L. & Ángel, L. (2020). *Diseño de procesos de logística inversa para el aprovechamiento de envases de Tetra Pak obtenidos en jardines infantiles de la ciudad de Bogotá*. [https://www.researchgate.net/publication/349087688\\_Diseño\\_de\\_procesos\\_de\\_logística\\_inversa\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_de\\_envases\\_de\\_Tetra\\_Pak\\_obtenidos\\_en\\_jardines\\_infantiles\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Bogotá](https://www.researchgate.net/publication/349087688_Diseño_de_procesos_de_logística_inversa_para_el_aprovechamiento_de_envases_de_Tetra_Pak_obtenidos_en_jardines_infantiles_de_la_ciudad_de_Bogotá)
- Prieto Montoya, M. (2016). *Diseño de una red de logística inversa para envases de Tetra Pak® en la ciudad de Manizales*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58293/1053812073.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Riveros Cendales, M. (2018). *Revisión de alternativas de implementación mundial de logística inversa para reciclaje de Tetra Pak*. Universidad Santo Tomás. <http://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-11634-12552>
- Superservicios (2021). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2021*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Disposicion-Final-de-Residuos-Solidos.pdf>
- Superservicios. (2022). *Informe sectorial de la actividad de aprovechamiento 2022*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-sectorial-actividad-de-aprovechamiento-2022.pdf>

Eje **III**

---

**Experiencias de sostenibilidad en el  
contexto territorial**



# Capítulo **III.1**

---

## **Logros de Sostenibilidad: Modelo circular en la gestión de residuos sólidos municipales**

*Edinson Fabian Monroy Ávila<sup>1</sup>  
David Ricardo Díaz Guevara<sup>2</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20251895>



---

<sup>1</sup> Investigador Facultad de Ingeniería Ambiental, Instituto del Agua y del Ambiente, CONRHI, Universidad Santo Tomás-Tunja. E-mail: edison.monroy@usantoto.edu.co, ingenierofabianm@gmail.com

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás-Tunja, Investigador Instituto del Agua y del Ambiente, CONRHI. E-mail: davidr.diazg@usantoto.edu.co

## 1. Introducción

Según Freiles Ariza (1970), desde que en el planeta habitan seres vivos, hace aproximadamente 4000 millones de años, existen residuos sólidos provenientes del uso de recursos naturales usados por el ser humano para satisfacer sus necesidades (Tchobanoglous, 2011, como se citó en Rodríguez, 2023), resaltan que estos desechos o residuos son originarios de hogares, negocios, industrias e instituciones, y que a su vez terminan en espacios públicos (Monreal y Depto, 1999). Como mencionan Vargas y Oliva (2017), la generación de residuos sólidos ha tenido y en la actualidad tiene repercusiones en el ambiente y en la salud de las personas.

El reto que hoy deben enfrentar las áreas urbanas es la elevada generación de residuos sólidos, siendo estos considerados un problema ambiental de alto impacto a nivel mundial (Rodríguez, 2023). Es por ello que, en este contexto del desarrollo social, económico y ambiental, la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) recobra importancia en los gobiernos a fin de evitar consecuencias en salud pública (Márquez 2020). Estos desafíos se deben a la falta de un modelo integral de economía circular que busque la articulación de los distintos instrumentos de planeación ambiental y territorial acorde a las capacidades de cada municipio.

Según Otárola Espinoza (2023), en la actualidad, numerosos países emiten normativas generales de aplicación en todo el territorio nacional, las cuales tienen validez y generan efectos sobre toda la población, sin establecer distinciones de carácter personal o territorial, es por ello que esta falta en la diferenciación de las capacidades administrativas, técnicas y financieras hoy se evidencian en la inadecuada GIRS a nivel municipal, con ello la ausencia de un enfoque integral que promueva el aprovechamiento, tratamiento y valorización de los residuos no solo incrementa los volúmenes enviados a disposición final en rellenos sanitarios, sino que también genera impactos ambientales significativos, como la contaminación de suelos y cuerpos de agua derivados de los lixiviados, la generación de gases como el metano

siendo este un gas de efecto invernadero, y los aspectos ambientales de salud pública en las comunidades aledañas a estos lugares.

Según la Superintendencia de Servicios Públicos (2022), en Colombia para el año 2022, se dispusieron un total de 11 983 709.70 toneladas de residuos, de las cuales el 98.11 % fue gestionado a través de sistemas autorizados, mientras que el 1.89 % restante se dispuso en sistemas no autorizados. Entre los sistemas de disposición, los rellenos sanitarios representaron el 96.7 % del total de residuos gestionados, mientras que otros sistemas, como las celdas de contingencia y los botaderos a cielo abierto, gestionaron el 1.4 % y el 1.8 %. El 91.98 % de los municipios disponen de rellenos sanitarios, lo que equivale a 1250 municipios, mientras que el 5.89 % utilizó botaderos a cielo abierto, resaltando además que, de las 11 983 709.70 toneladas dispuestas al año, 5 099 702 toneladas provienen de las ciudades principales, es decir, el 57.44 % restante proviene de municipios y ciudades intermedias, lo que demuestra que hoy el país no ha implementado modelos de economía circular en la GIRS municipal.

Actualmente en Colombia menos del 20 % de los municipios aprovechan los residuos sólidos de manera efectiva. En el año 2022 se lograron aprovechar 2 439 620 toneladas de residuos, destacándose entre los materiales más reciclados el cartón (15 %), el plástico PET (12 %), el papel de archivo (9 %), el vidrio (7 %) y las cajas plegadizas de cartón (6 %). A pesar de estos avances, la baja tasa de aprovechamiento refleja la necesidad urgente de impulsar la industria de transformación de materiales reciclables, mediante la creación de proyectos y empresas que permitan reutilizar estos materiales de manera sostenible en el marco de la economía circular. El limitado aprovechamiento de los residuos sólidos en el país subraya la falta de infraestructura y apoyo para fomentar una economía circular. Promover la transformación de materiales reciclables requiere incentivos para el desarrollo de iniciativas empresariales que den valor agregado a los residuos recuperados, permitiendo así una mayor inclusión de los municipios en programas de reciclaje y reduciendo el volumen de residuos destinados a rellenos sanitarios. Este enfoque no solo contribuiría a la sostenibilidad ambiental, sino que también podría generar nuevas oportunidades económicas para las comunidades locales enmarcadas en los logros de sostenibilidad con la innovación circular en la gestión de residuos municipales.

La gestión integral de sólidos contempla cada una de las actividades desde la prevención en la generación en la fuente, toda la parte de presentación y separación de los residuos sólidos, seguido del sistema de recolección, aprovechamiento, valorización, tratamiento, disposición final, áreas públicas, residuos especiales y lo relacionado con los aspectos de prestación del servicio, incluyendo los aspectos de reciclaje urbano (Lopez-Yamunaqué y Iannacone, 2021). De este modo, hoy en Colombia la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, el Plan Nacional de Desarrollo y los ODS buscan armonizar la GIRS con los aspectos de economía circular, de la cual, como lo mencionó Ellen MacArthur Foundation (2015, citado por Villavicencio, 2022), uno de los principios de la economía circular es optimizar el rendimiento de los capitales naturales mediante la circulación y el uso colectivo de productos con la finalidad de ampliar su vigencia.

El CONPES 3874 se constituye como el primer instrumento en Colombia que aborda las políticas públicas relacionadas con la gestión y la economía circular, estableciéndose como un pilar clave para la gestión integral de residuos sólidos (Blandón Correa, 2020). Esto permite evitar que la mayor parte de los residuos generados sean dispuestos en rellenos sanitarios, promoviendo en su lugar su reintegración en los ciclos productivos. Para Correa Escalante et al. (2023), este enfoque se logra a través de programas de aprovechamiento y tratamiento de residuos y la infraestructura de las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento - ECA, que fomentan la separación en la fuente desde el consumo responsable, el reciclaje y la valorización de los materiales. Sin embargo, para que estos programas sean efectivos, es crucial implementar acciones de educación y sensibilización ciudadana, que concienticen a la población sobre la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los residuos, impulsando prácticas sostenibles que disminuyan la carga sobre los rellenos sanitarios y los impactos ambientales asociados.

Actualmente, el modelo de GIRS en estos municipios suele enfocarse únicamente en un modelo lineal donde solo existen actividades de recolección y disposición final, sin contemplar la valorización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos. Este modelo de manejo de residuos resulta insostenible a largo plazo, especialmente en municipios distantes de los rellenos donde los costos operativos son mayores al recaudo. Es

por ello que la implementación de un modelo basado en economía circular permitiría no solo reducir las tasas de disposición en rellenos sanitarios, sino también generar oportunidades económicas mediante la creación de nuevos mercados basados en la economía de la producción y el consumo responsable.

## **1.1. Objetivo**

El objetivo principal del presente estudio fue diseñar e implementar un modelo de gestión integral de residuos sólidos (GIRS) basado en los principios de economía circular en el municipio de Coper, Boyacá. Este modelo buscó reducir la generación de residuos, promover la reutilización y el reciclaje de materiales, y minimizar el impacto ambiental derivado de la disposición final en rellenos sanitarios. A partir de un diagnóstico detallado de la situación actual de la gestión de residuos, luego con el diseño de un modelo basado en principios de economía circular, se buscó establecer la viabilidad de este en el Municipio.

## **2. Desarrollo**

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

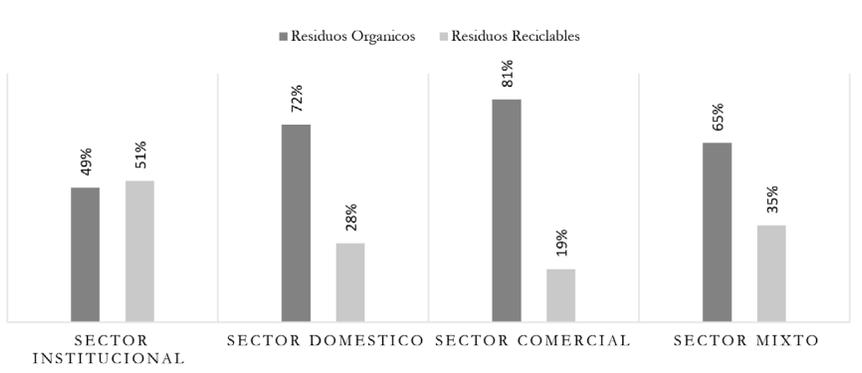
En la actualidad, los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) municipales se encuentran reglamentados por la Resolución Nacional 754 de 2014. Esta resolución establece los lineamientos para la implementación de actividades, programas y proyectos que buscan alinearse con los objetivos y directrices de la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Sin embargo, muchos municipios, a pesar de tener sus PGIRS actualizados y vigentes, continúan operando bajo un modelo lineal de manejo de residuos. Este enfoque, que solo contempla la producción y otros componentes, no incluye aspectos clave como el aprovechamiento, el tratamiento adecuado y la integración de la economía circular, especialmente en municipios pequeños. En la siguiente figura se presenta dicho modelo construido por Monroy y Frisneda (2019) (Figura 1).



y un 28 % de reciclables; el sector comercial presenta una alta generación de residuos orgánicos con un 81 %, debido a la presencia de restaurantes y supermercados, y un 19 % de reciclables; mientras que el sector mixto produce un 65 % de residuos orgánicos, similar al sector comercial, pero con una mezcla de otros usos. Estos resultados destacan la variabilidad en la composición de residuos por sector y subrayan la necesidad de adaptar las estrategias de gestión de residuos a las características específicas de cada sector para mejorar la eficacia del aprovechamiento y tratamiento de los residuos en el municipio (Figura 2).

**Figura 2**

*Porcentaje de residuos sólidos orgánicos y aprovechables por sector.*

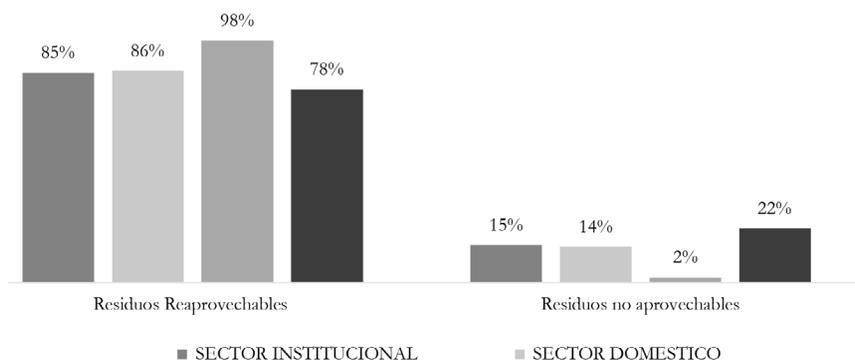


*Fuente:* Alcaldía Municipal de Coper, 2019.

En la Figura 3, se presentan los resultados por cada uno de los sectores monitoreados, encontrándose que el sector Comercial muestra la mayor fracción de residuos con potencial aprovechable fue en el sector comercial con una proporción de 98 %, el Sector Institucional (85 % de potencial de aprovechamiento) y el Sector Doméstico (86 %), mientras que el sector mixto alcanza el 78 % y esto se debe a la heterogénea composición y contaminación de materiales potencialmente aprovechables que fueron mezclados con otros.

**Figura 3**

Porcentaje de residuos aprovechables y no aprovechables por sector.

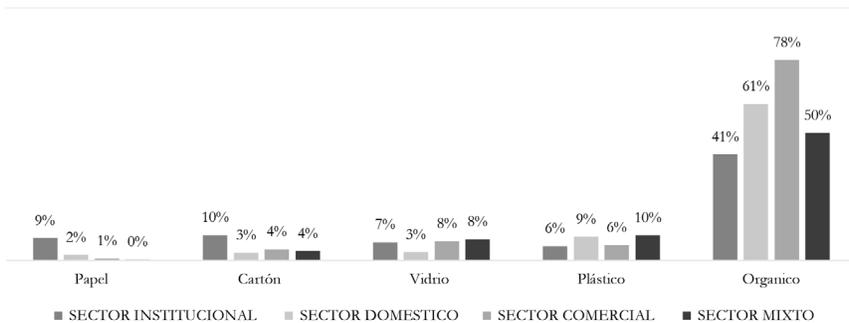


Fuente: Alcaldía Municipal de Coper, 2019.

Luego de determinar la composición aprovechable se adelantó la caracterización por cada sector de donde se encontró que el sector que más produce fracción orgánica es el sector comercial con el 78 % seguido del sector doméstico con el 61 % para luego estar el sector mixto con el 50 % y el institucional con el 41 %, las siguientes fracciones corresponden al plástico siendo el sector mixto el mayor generador con el 10 % de su fracción total, en el caso del vidrio en promedio los sectores mixto, institucional y comercial son los mayores productores con el 8 % en comparación con el doméstico, para el caso del cartón el sector institucional es el mayor productor con el 10 % al igual que la producción del papel con el 9 % (Figura 4).

**Figura 4**

*Caracterización por tipo de residuos aprovechables en los cuatro sectores.*

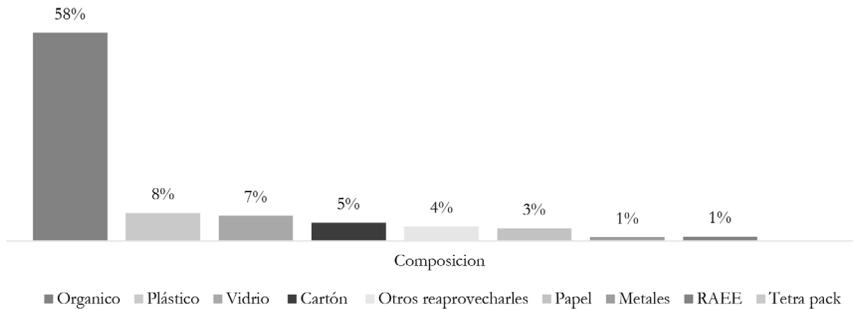


*Fuente:* Autores.

Posterior a ello, se realizó la caracterización para cada uno de los tipos y composiciones de las fracciones físicas, donde se encontró que los residuos orgánicos constituyen la mayor proporción con un 58 % en promedio de todos los sectores, lo que indica una significativa cantidad de desechos biodegradables. Los plásticos siguen como la segunda categoría más prominente con un 8 %, seguidos por el vidrio con un 7 %. El cartón 5 % y papel 3 %. Los metales tienen una menor. Este perfil de residuos destaca la necesidad de gestionar eficientemente los residuos orgánicos y plásticos, así como de mejorar el reciclaje de materiales menos voluminosos, pero igualmente importantes. Es así como se concluye que el 13 % de los residuos son no aprovechables, el 58 % son residuos orgánicos y el 29 % corresponde a la fracción aprovechable (Figura 5).

**Figura 5**

Caracterización por tipo de residuo para la fracción aprovechable.

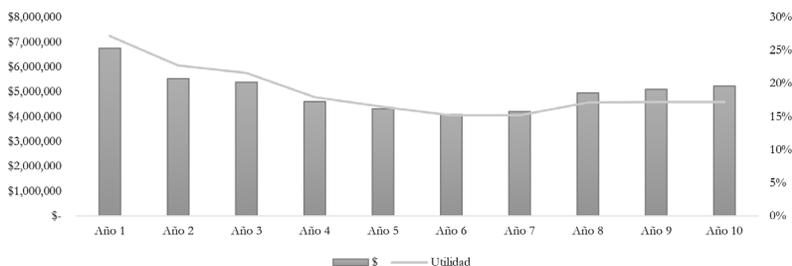


Fuente: Autores.

Posterior a ello, se realizó el estudio de mercado con los escenarios de flujos de fondos para el modelo de aprovechamiento con los análisis de oferta y demanda de la comercialización de residuos sólidos aprovechables, considerando y balanceando los egresos. Están incluidos los costos de recolección y personal que se requiere para la separación en el lugar donde se almacene. Los costos de tarifa de aprovechamiento significan los ahorros que tendrá el municipio por no seguir disponiendo los residuos sólidos en el relleno sanitario. Como se puede ver en la gráfica, la utilidad promedio al cabo de los 10 años evaluados es del 19 %, con ingresos esperados de hasta \$ 50.132.564. Los ingresos aquí establecidos se basan en la proyección de residuos del municipio, los aumentos en los precios establecidos según la demanda de las empresas que adquieren dichos residuos (Figura 6).

**Figura 6**

*Costos de inversión y operación para la actividad de aprovechamiento vs. utilidad.*



*Fuente:* Alcaldía Municipal de Coper (PGIRS, 2019)

De este modo, se consideró que la actividad de comercialización de residuos sólidos aprovechables en el municipio es viable de una manera condicionada, y esto se debe a las industrias que requieren un mínimo de toneladas, las cuales el municipio no está en capacidad de producir en un mes. Se recomienda que, para aumentar la viabilidad técnica, se compacten los residuos y se almacenen en las casetas que existen o se construyan mientras se reúne aproximadamente 5 toneladas de todos los residuos para poder transportarlos hasta la ciudad de Bogotá y así no afectar la viabilidad económica de la comercialización una vez se surtan los respectivos ajustes tarifarios.

El Municipio de Coper desde el año 2018 ha enfocado sus esfuerzos en la reducción, separación en la fuente, aprovechamiento y comercialización de residuos sólidos, conforme a la Resolución 754 de 2014. Este enfoque ha resultado en una reducción del 70 % en la disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario, un logro significativo. Se ha avanzado en la consolidación y aplicación de un modelo integral de gestión de residuos, extendiéndolo incluso a áreas rurales, alcanzando cada hogar del municipio. Este éxito demuestra la viabilidad y efectividad de un modelo sostenible, destacando el compromiso de Coper con la gestión responsable de sus recursos y el cuidado del medioambiente, conforme a los lineamientos establecidos para los planes institucionales, demostrando en gran medida la complementariedad de éxito con el modelo planteado en la resolución mencionada.

Como se presentó anteriormente, el 58% del total de los residuos clasificados corresponde a base orgánico, con base en esto se sugiere adelantar actividades de compostaje.



dos y tratados de acuerdo con su peligrosidad, como residuos no aprovechables. Por otro lado, los residuos generados en el programa de corte de césped y poda de árboles, que son mayoritariamente residuos orgánicos, se incluirán en un proceso de aprovechamiento, permitiendo su transformación en abonos orgánicos. En cuanto a los residuos domésticos, deberán ser separados según el código de colores establecido a nivel nacional para identificar los residuos aprovechables, los residuos orgánicos y los residuos no aprovechables. Con estas tres corrientes y programas, se establecen dos líneas principales en el modelo. La primera es la línea de residuos no aprovechables, que serán enviados a los rellenos sanitarios bajo el programa de disposición final, lo que corresponde a un 24 %. La segunda corresponde a los residuos orgánicos, los cuales serán tratados en plantas de compostaje u otras infraestructuras dedicadas, generando subproductos a partir de aproximadamente el 58 % de los residuos orgánicos. En el caso de los residuos secos aprovechables, después de su recolección, se recomienda llevarlos a un centro de acopio o a instalaciones temporales donde puedan almacenarse antes de iniciar su cadena de valorización y comercialización, facilitando su reincorporación en nuevos procesos y productos.

De esta forma, se espera reducir en un 76 % la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios, mientras que el tratamiento de residuos orgánicos incrementaría en un 58 %, y el manejo de los residuos aprovechables superaría el 18 %. Así, los programas de recolección, los programas de prestación de servicios y los programas institucionales establecidos en la Resolución 754 garantizarán la plena articulación del modelo, permitiendo la implementación de principios de economía circular enfocados en la sostenibilidad ambiental. Como resultado, se logrará una reducción significativa en las tasas de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios, lo que abrirá la puerta a nuevas alternativas de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos, más allá del reciclaje tradicional.

### **3. Conclusión**

La reducción del 76 % en la disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario no solo aumenta la vida útil de este, sino que también contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto inver-



- Freiles Ariza, N. S. (1970). Manejo y separación de residuos sólidos urbanos. Análisis comparativo entre Madrid (España) y el distrito especial industrial y portuario de Barranquilla (Colombia). *Observatorio Medioambiental*, 19, 197-211. <https://doi.org/10.5209/obmd.54168>
- José, N., & Márquez Cundú, J. S. (2020). Los residuos sólidos urbanos municipales en Luanda, caracterización y consecuencias ambientales de su inadecuada gestión. *Centro Azúcar*, 47(1), 33-42. [https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612020000100033](https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000100033)
- Lopez-Yamunaqué, A., & Iannacone, J. A. (2021). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en América Latina. *Paideia XXI*, 11(2), 453-474. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/4087>
- Monreal, J. C., & Depto. (1999). Seminario internacional gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, Siglo XXI The application of experience in european integrated waste management to latinamerican conditions Dr. Ing. Marina Fankerra - European recovery and recycling association. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:26705259>
- Monroy Ávila, E. y Frisneda Nieto, D. (2019), *Diseño de un modelo de gestión circular de residuos sólidos para municipios de Colombia*.
- Otárola Espinoza, Y. (2023). La función supletoria de las normas de derecho civil. *Revista Chilena de Derecho y Ciencia Política*, 3(2). <https://doi.org/10.7770/rchdcp-v3n2-art360>
- Rodriguez, E. D. P. (2023). Modelo de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos. *Revista de Investigaciones*, 12(1), 43-64. <https://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/3984>
- Superintendencia de Servicios Públicos. (2022). *Informe Nacional de disposición final de residuos sólidos 2020*. *Superservicios*, 20(281), 29. <https://Www.Superservicios.Gov.Co/Sites/Default/Files/Inline-Files/Informe-Nacional-de-Disposicion-Final-de-Residuos-Solidos-2022.Pdf>
- Vargas Inga, S., & Oliva, M. (2017). Factores socioeconómicos que influyen en la inadecuada gestión integral de residuos sólidos en el distrito de María. *INDES Revista de Investigación Para El Desarrollo Sustentable*, 3(2), 77. <https://doi.org/10.25127/indes.201502.009>
- Villavicencio, G. R. J. (2022). Análisis y perspectivas de la gestión integral de residuos sólidos hacia la economía circular en el contexto peruano. *Innova Biology Sciences*, 2(1), 94-106.



# Capítulo **III.2**

---

## **Sostenibilidad 360: Innovación empresarial para un futuro resiliente**

*Elena Lara Florián<sup>1</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20251918>



---

<sup>1</sup> Consultora empresarial. E-mail: elenalaraflorian@gmail.com

## 1. Introducción

La innovación es un componente clave en la transformación hacia un modelo de negocio sostenible. A través del desarrollo de nuevas tecnologías, las empresas pueden optimizar el uso de recursos y mejorar la efectividad operativa. Sin embargo, la innovación no puede limitarse únicamente a la implementación de soluciones tecnológicas; también implica implementar estrategias enfocadas a la sostenibilidad empresarial a través de crear una cultura enfocada a la sostenibilidad, gestión del cambio, donde la responsabilidad ambiental y social se convierte en un valor corporativo. Las empresas líderes en sostenibilidad no solo se enfocan en el corto plazo, sino que invierten en soluciones a largo plazo para las generaciones futuras, colaborando con otros actores del ecosistema empresarial, como proveedores, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, para promover iniciativas que contribuyan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Este enfoque de sostenibilidad también aborda las demandas del mercado actual, donde los consumidores y clientes valoran cada vez más las prácticas responsables y sostenibles. La mentalidad del consumidor ha cambiado, priorizando productos ecoamigables y servicios que respeten el medio ambiente y promuevan un impacto social positivo. Las empresas que adoptan la sostenibilidad 360 pueden diferenciarse en un mercado competitivo, alinear su oferta con las expectativas del consumidor y mejorar su reputación, lo que, a su vez, fortalece su competitividad.

Al integrar la sostenibilidad en el núcleo de su estrategia organizacional, las empresas se convierten en más resilientes y adaptables a los cambios en el entorno regulatorio y económico. La sostenibilidad 360 permite a las organizaciones equilibrar y adaptarse a las demandas a corto plazo con la inversión en un futuro sostenible, lo que les ayuda a mitigar riesgos y aprovechar nuevas oportunidades de crecimiento. En un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales y sociales, las empresas que lideren con un enfoque integral de sostenibilidad no solo garantizarán su supervi-

venencia en el mercado, sino que prosperarán, contribuyendo activamente a la construcción de un futuro más equitativo y sostenible para todos.

El cambio climático se ha convertido en una agenda prioritaria para empresas, ciudades y organizaciones debido a sus profundos impactos ambientales y sociales. Por ello, las empresas están reconociendo la importancia de realizar cambios internos hacia la sostenibilidad, lo que implica transformaciones en sus procesos productivos, cultura organizacional y recuperación de materias primas. Estamos cada vez más cerca de cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030. En esta ponencia, analizaré cómo las empresas han transformado sus modelos de negocio para incorporar prácticas sostenibles en la gestión de residuos. Ejemplos destacados incluyen Saju: “Somos una marca de gafas comprometida en hacerle la vida más fácil a nuestros clientes y al planeta”, Rembre, Chile y Latín Latas, que han adoptado la economía circular y el reciclaje, generando impactos positivos en el medioambiente. Otros beneficios de tener modelos de negocio sostenible son mejorar la reputación, innovación organizacional, ahorro de costos operativos, acceso a nuevos mercados con un impacto en incremento en las ventas, resiliencia ante los cambios de los mercados, atracción del talento y la productividad, menor uso de materiales y fuentes de financiamiento, continuidad del negocio a largo plazo.

## **2. Modelos de negocio sostenibles**

Los modelos traccionales o lineales tienen las mismas funciones: extraer, procesar, vender y desechar. Hoy estos modelos de negocio han generado impactos significativos en el ambiente y adicionalmente impacto en las comunidades, afectando la calidad de vida desde la salud, muchas veces por el mal manejo de residuos, generando vectores e infecciones respiratorias que tienen como consecuencia deteriorar la salud y en muchas ocasiones acelerar la muerte. Como ejemplo de esto encontramos en Colombia las curtiembres, ladrilleras y fábricas que producen olores ofensivos o realizan vertimientos.

Teniendo en cuenta estas problemáticas generadas por las empresas tradicionales, se hace necesario hacer un cambio en la forma de producción y aprovechamiento de los recursos en el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta la adquisición de materias primas y su comercializa-

ción. Aumentando la durabilidad del producto y reduciendo los gases de efecto invernadero.

De acuerdo con lo anterior, los modelos de negocio tradicional deben migrar hacia modelos de negocio sostenible, en donde desde el diseño del producto se debe pensar en los impactos ambientales y en cada etapa del proceso mitigar los efectos producidos en el ambiente. Eliminar materias primas que contaminen las fuentes hídricas y gestionar los residuos para introducirlos a nuevos procesos productivos, teniendo en cuenta la reducción, reutilización y recuperación de materias primas.

Los modelos de negocio sostenible priorizan la producción más limpia y la economía circular. Estas estrategias buscan no solo beneficios económicos, sino también un impacto positivo en comunidades y el medio ambiente. La producción más limpia reduce el uso de recursos naturales y la generación de residuos, mientras que la economía circular fomenta la reutilización, recuperación y el reciclaje. Ambas prácticas son esenciales en la lucha contra el cambio climático, ayudando a reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

La sostenibilidad también debe incluir el bienestar de los colaboradores y las comunidades. Las empresas deben prevenir enfermedades laborales y accidentes de trabajo que impactan la productividad y la sostenibilidad de las organizaciones, y garantizar condiciones de trabajo sanas y seguras. Contribuir a la reducción de la pobreza mediante la generación de empleo. La creación de oportunidades en las comunidades es fundamental para fortalecer el tejido social.

A nivel económico, es crucial que los nuevos negocios superen el “valle de la muerte”. Según Confecámaras, las empresas constituidas como sociedades tienen una tasa de supervivencia del 44.5 %, superior a la de personas naturales. La tasa de supervivencia es del 33.4 % para microempresas y del 85.7 % para grandes empresas, lo que resalta la necesidad de fomentar sociedades que ofrezcan mayor estabilidad.

Una de las causas de llegar al valle de la muerte es porque los modelos de negocio no innovan y tampoco mejoran sus procesos internos implementando prácticas sostenibles y estrategias de diferenciación en el mercado. Cambiando los modelos tradicionales de producción en línea y por consumos responsables e involucrando en la cadena productiva proveedores y materiales sostenibles, que propendan a los mismos objetivos de cuidado del medioambiente, las personas y la economía de la empresa.

## **2.1. La sostenibilidad como necesidad**

La sostenibilidad no es una moda; es una necesidad para corregir prácticas perjudiciales que han contaminado el mundo durante años. La producción más limpia y la economía circular son esenciales para gestionar residuos y mitigar impactos ambientales como la contaminación del suelo y el agua. Estas prácticas permiten aprovechar residuos que de otro modo terminarían en rellenos sanitarios.

## **2.2. El consumidor**

El consumidor actual ha transformado su forma de comprar, adoptando hábitos diferentes y mostrando una creciente preocupación por el medioambiente. Hoy en día, esperan que los productos que consumen sean amigables con el entorno, reutilizables o reciclables. Esto representa un gran desafío para las industrias, ya que el consumo ha dejado de ser la tendencia predominante.

Los consumidores ahora tienen una mayor conciencia ambiental y buscan productos a los que puedan dar un segundo uso. Entre sus hábitos destacan prácticas como evitar el uso de bolsas plásticas, vender ropa de segunda mano, reutilizar empaques, reparar productos en lugar de desecharlos, entre muchas otras. Estas nuevas conductas exigen a las empresas diseñar productos con mayor vida útil y que se adaptan a este cambio, brindar alternativas para que los envases y empaques sean aprovechados al 100 %, así mismo, involucrar a los proveedores para que las materias primas e insumos también estén alineados a estas políticas de sostenibilidad e innovación en los procesos productivos.

## **2.3. Los negocios verdes en Colombia**

Los negocios verdes en Colombia son aquellas iniciativas empresariales que buscan generar beneficios económicos mientras promueven la sostenibilidad ambiental y el bienestar social. Estos negocios están diseñados para reducir el impacto ambiental y fomentar el uso eficiente de los recursos, contribuyendo a la conservación del medioambiente y al desarrollo

sostenible. Los elementos clave para los negocios verdes son el impacto social y los efectos positivos que hace una empresa u organización en la zona de influencia con el objetivo de cuidar el medioambiente.

La responsabilidad social también es un pilar importante, ya que la ética, teniendo en cuenta los grupos de interés. La comunicación y divulgación de las acciones sostenibles también son de vital importancia para los negocios verdes. Otro elemento es el ciclo de vida del producto, en el cual se hace una gestión de los residuos más eficiente, ya que se controlan los desperdicios o se reutilizan materias primas. Los negocios verdes tienen una categoría según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2022).

## **2.4. Entidades comprometidas con la sostenibilidad en Colombia**

En Colombia existen muchas entidades las cuales están fomentando el consumo responsable y creando legislación y programas enfocados a la economía circular. Es el caso de la ANDI, la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, quienes tienen un programa llamado Visión ANDI – Visión 30/30, con el objetivo de aprovechar el 30 % de los envases y empaques al 2030. Los pilares son reducir, reciclar, reusar y transformar. Visión 30/30 potencia la transición hacia la economía circular, fundamental para el crecimiento verde y parte de la agenda de sostenibilidad de organismos internacionales, gobiernos y empresas. Además, tienen un componente legal con la Resolución 1407 de 2018. Aspecto fundamental para el cumplimiento por parte de las empresas, lo cual obliga a la gestión integral de los residuos generados en las organizaciones.

La iniciativa compromete a las grandes empresas del país como Ramo, alquería, Colombina y Team entre otras en un consumo responsable y asegurar que los productos que se producen tengan una disposición final de los envases. Garantizando que estos se puedan reutilizar o reciclar y disminuir la generación de residuos que se envían al relleno sanitario. Este programa no solo tiene un impacto en el ambiental sino también desde la parte social ya que tiene un impacto significativo con los recicladores de oficio y económico convirtiéndose en un programa sostenible. Obligando a las empresas en transformar sus modelos de negocio hacia la sostenibilidad y cambiando su producción lineal a un modelo de economía circular.

Teniendo en cuenta que el programa genera un cambio en la cultura por parte del consumidor y en los actores que hacen parte de la cadena del reciclaje. De esta manera contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y todos los impactos ambientales generados por la mala disposición de los residuos.

Es importante destacar la gestión y el compromiso de la ANDI en el fortalecimiento de la sostenibilidad en el país. Su trabajo contribuye significativamente a la economía, las cadenas productivas y, especialmente, a la generación de alternativas laborales y el impulso de nuevos negocios. Estas acciones promueven el fortalecimiento empresarial y la productividad nacional, al tiempo que se enfocan en buscar alternativas sostenibles que reduzcan la dependencia de la extracción de recursos naturales, garantizan el cuidado del medioambiente y protegen el bienestar de los grupos de interés. Sin comprometer a las generaciones futuras.

### **3. Categorías de negocios verdes en Colombia biocomercio**

- a) Se enfoca en el uso sostenible de recursos biológicos, incluyendo productos derivados de la agricultura, la pesca y la silvicultura.
- b) Promueve la comercialización de productos orgánicos, naturales y responsables con el medioambiente.

#### **3.1. Agro comercio**

- a) Incluye prácticas agrícolas sostenibles que reducen el uso de agroquímicos y promueven la agricultura ecológica.
- b) Fomenta la producción y comercialización de productos agrícolas que respeten el medio ambiente.

#### **3.2. Negocios para la Restauración**

- a) Se centra en actividades que buscan restaurar ecosistemas dañados o degradados.
- b) Puede incluir reforestación, rehabilitación de suelos y conservación de biodiversidad.

### **3.3. Ecoproductos industriales**

- a) Involucra la producción de bienes utilizando procesos sostenibles y materiales reciclados o de bajo impacto ambiental.
- b) Se enfoca en el ecodiseño y en minimizar residuos en la producción.

### **3.4. Fuentes no convencionales de energía renovable**

- a) Promueve el uso de energías limpias, como solar, eólica e hidroeléctrica, para reducir la dependencia de combustibles fósiles.

### **3.5. Construcción sostenible**

- a) Implica prácticas en la construcción que minimizan el impacto ambiental, utilizando materiales sostenibles y promoviendo la eficiencia energética.

### **3.6. Servicios verdes sostenibles**

- a) Engloba empresas que ofrecen servicios con un enfoque en la sostenibilidad, como consultorías ambientales, gestión de residuos y educación ambiental.

### **3.7. Innovación y emprendimiento**

La innovación se ha convertido en una necesidad para todos, no solo para crear nuevos productos, sino también para transformar procesos y mejorar la experiencia del usuario. En este contexto, el emprendimiento sostenible se presenta como una forma de hacer negocios que no solo busca el éxito inmediato, sino que también considera las necesidades de las generaciones futuras. Los modelos de negocio sostenibles integran prácticas de producción más limpia, integral de residuos y principios de economía circular. Estas estrategias no solo generan beneficios económicos, sino que también impactan positivamente en las comunidades y el medioambiente. Se fomenta la transición hacia un desarrollo más sostenible y resiliente.

## 4. Transformando modelos de negocio para generaciones futuras

El cambio climático y los impactos ambientales son una realidad incómoda que todos conocemos. Aunque muchos países han firmado la Agenda 2030 con sus 17 ODS, es esencial repensar y modificar hábitos de consumo y producción. Esta transición hacia la sostenibilidad representa un desafío para las empresas y emprendedores, quienes deben adaptarse a métodos de producción más amigables con el ambiente y las personas.

En cuanto a la construcción del modelo de negocio enfocado a la sostenibilidad, se deben tener elementos clave que evidencien la diferenciación del producto o el servicio y que ofrezcan ventajas competitivas respecto a la competencia y demuestren esa cadena productiva enfocada a la mitigación de impactos.

- a) Canales de distribución: Los canales de distribución deben estar enfocados a no generar impactos ambientales.
- b) Aliados clave: entidades y proveedores que estén alineados con la reducción de impactos ambientales negativos, conservación del medioambiente y reducción de gases de efecto invernadero.
- c) Propuesta de valor: aspectos diferenciales, atributos por los que estaría dispuesto a pagar el cliente. La diferenciación de la oferta de valor frente a los competidores. Mostrar las tracciones o los beneficios que generan a sus clientes y comunidades en las que se comercializa el producto.
- d) Productos y servicios: el producto debe tener una ficha técnica, ecoempaques, ecodiseño; el empaque se puede reutilizar o convertir en materia prima para otro proceso productivo. Algunas partes del empaque se pueden reciclar o reutilizar. Trazabilidad del origen del producto desde el inicio del ciclo de vida del producto, de principio hasta el fin.
- e) Gestión ambiental: medición de huella de carbono, manejo y disposición final de residuos, reducción de consumo de agua y energía. Implementación de indicadores de gestión para medir la efectividad de los programas. Asimismo, tener sellos verdes y cumplimiento de la legislación en materia de gestión ambiental. Realizar medidas de compensación ambiental o social por la naturaleza de mi negocio.
- e) Proveedores sostenibles: inclusión de comunidades, personas en con-

diciones de vulnerabilidad, conflicto armado entre otros. Asimismo, tener en cuenta la generación de puestos de trabajo, implementar un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo para prevención de accidentes de trabajo y enfermedad laboral, garantizar el bienestar de los colaboradores cumpliendo la normatividad vigente en seguridad y salud en el trabajo. Inclusión y equidad tener presente que la sostenibilidad implica incluir a todos sin discriminación de ningún tipo.

- f) Capacitación y entrenamiento: Los colaboradores de las empresas que están en camino a la sostenibilidad deben realizar capacitaciones constantes en temas de sostenibilidad, teniendo en cuenta los requisitos legales de Colombia. Congreso de Colombia. (2024). Ley 2427 de 2024.

## **5. Conclusión**

Los modelos de negocio sostenibles buscan equilibrar la generación de beneficios económicos con la preservación del medio ambiente y la promoción del bienestar social. Al adoptar un enfoque holístico que promueve el desarrollo armónico y sostenible en todos los niveles económico, social y ambiental el emprendimiento sostenible se convierte en una herramienta poderosa para transformar los negocios y construir un futuro más próspero y equitativo para todos.

## 4. Referencias

- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI)(2020). Visión 3030: Gestión de envases y empaques. <https://www.andi.com.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Actualización del Plan Nacional de Negocios Verdes 2022-2030. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/11/Actualizacion-Plan-Nacional-Negocios-verdes-2022-2030.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2024). *Informe de avance anual ODS 2023: Junio 2024*. [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/INFORME\\_DE\\_AVANCE\\_ANUAL\\_ODS\\_2023\\_junio\\_2024.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/INFORME_DE_AVANCE_ANUAL_ODS_2023_junio_2024.pdf)
- UNEP/PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2019). *Informe GEO-6: Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. <https://www.unenvironment.org/>
- Congreso de Colombia. (2024). Ley 2427 de 2024. Por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de sostenibilidad y se establecen incentivos para el desarrollo de prácticas empresariales sostenibles. <http://www.senado.gov.co>



# Capítulo **III.3**

---

## **Comunidades circulares y sostenibles, por el desarrollo y optimización de cadenas de suministro de materiales aprovechables**

*Gemay G. Bonilla Arboleda<sup>1</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20251925>



---

<sup>1</sup> Ingeniero Químico y MSc en Ingeniería, CEO y Fundador de Dasein Circularidad, Profesor Cátedra Universidad de Antioquia. Correo electrónico: [dasein.circularidad@gmail.com](mailto:dasein.circularidad@gmail.com)

## 1. Introducción

Colombia genera cerca de 24.8 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales cerca de 12 millones de toneladas se generan en el sector domiciliario, con una tasa de reciclaje que apenas alcanza el 17 % (Guía de residuos sólidos digital, 2022). Esto refleja la gran dificultad que tienen las ciudades para la gestión de los residuos que generan los ciudadanos y que son dispuestos en rellenos sanitarios con la problemática asociada desde el punto de vista ambiental y financiero; queda evidenciada entonces la gran oportunidad que se tiene para lograr una gestión integral de los residuos con un enfoque en economía circular centrado en el ciudadano y en la creación de comunidades aprovechando las nuevas dinámicas de construcción de soluciones de vivienda tipo apartamentos en las ciudades.

Se estima que cerca del 25 % de las viviendas en Colombia son del tipo apartamento (DANE, Tipología de Vivienda, 2005). Actualmente se estima que cerca del 80 % de las soluciones de vivienda en Colombia son construidas en edificios llamados unidades residenciales en el marco de un concepto que se llama propiedad horizontal. Algunas de estas soluciones pueden integrar varios bloques de edificios, logrando generar en algunos casos hasta 1200 unidades de vivienda o más. Si a esto se suma que la población urbana llega cerca del 77 %, nos pone en un contexto dramático desde el punto de vista de atender las necesidades de movilidad, servicios públicos como agua, energía, vías, espacio público y las dinámicas sociales y de convivencia que ello conlleva. Adicional a lo anterior y como foco de nuestra atención, está la generación de residuos sólidos, considerando que en Colombia tenemos una producción per cápita de 0.58 kilos de residuos diarios. (Gestión de Residuos Sólidos, 2022).

Es claro que estas nuevas formas de sociedad requieren soluciones enfocadas a promover acciones sostenibles en todos los frentes, cubriendo desde el consumo responsable, la convivencia ciudadana, la gestión de los residuos, energía y movilidad sostenible, seguridad alimentaria y hábitos

saludables, entre otros. El reto es empoderar al ciudadano con la suma de capacidades de todos los actores involucrados para conformar comunidades o ecosistemas en el marco de la sostenibilidad social y ambiental que de paso genera una sostenibilidad económica; es así como surge nuestro modelo Comunidades Circulares y Sostenibles, una solución que busca rescatar el poder individual para hacerlo parte de un colectivo que responda a los nuevos retos que estas dinámicas generan.

### **1.1. Concepto de comunidades circulares y sostenibles**

Es claro que estamos en el marco de nuevas formas de interacción social donde, a pesar de que cada vez estamos más cerca, las formas de interacción persona a persona son cada vez más limitadas, lo cual podemos asociar a varios aspectos, dentro de los cuales rescatamos:

- a) Las soluciones de vivienda del tipo apartamentos en unidades residenciales, en Colombia, se estima que hasta un 80 % de las nuevas soluciones de vivienda son de este tipo.
- b) Los altos tiempos invertidos en conectividad a Internet y planes de datos de nuestros celulares; se estima que cerca de 7 horas/día estamos conectados con las diferentes herramientas allí presentadas.
- c) La disminución en los índices de natalidad, el incremento de los hogares unipersonales y multispecie asociado a la tenencia de mascotas.

Ante estas nuevas realidades debemos generar soluciones que permitan conectar nuevamente a las personas con propósitos comunitarios, partiendo de un compromiso individual que haga parte de un colectivo para lograr un impacto social, ambiental y económico. Esto difícilmente se generará espontáneamente considerando las barreras que hemos expuesto y que, por lo contrario, no promueven la construcción de estas interacciones.

Entender las unidades residenciales como comunidades que pueden ser organizadas para lograr beneficios comunes es un reto que puede lograrse fortaleciendo este tejido con nuevos actores que dinamicen estas interacciones y hagan visibles el impacto de sus decisiones para dar paso a la conformación de ecosistemas donde estén todos los involucrados con soluciones, productos o servicios basados en economía circular y soste-

nibilidad para este tipo de comunidades. Comunidades circulares y sostenibles es un modelo que hemos desarrollado como un gran ecosistema conformado por una amplia red de aliados para cubrir seis ejes temáticos que hemos priorizado, los cuales listamos a continuación:

- a) Gestión integral de residuos y economía circular
- b) Agua, energía y movilidad sostenible
- c) Seguridad Alimentaria y alimentos orgánicos
- d) Hábitos saludables, arte, cultura, recreación y deporte
- e) Mascotas y tenencia responsable
- f) Convivencia ciudadana

El primer eje temático ha sido desarrollado a lo largo de cuatro años haciendo un trabajo de campo, interactuando con toda la cadena de reciclaje y aprovechamiento en el marco de las herramientas con las cuales cuenta Colombia para acelerar la transición a la economía circular; dentro de estas herramientas rescatamos:

Programa de Responsabilidad posconsumo de empaques y envases. Resolución 1407 del 2018, se establecen metas de recuperación de empaques de papel, plástico, metales y vidrio desde el 10 % al 30 % en un horizonte de tiempo del 2021 al 2030 (Resolución 1407, 2022).

Programas posconsumo de pilas, medicamentos, luminarias, RAEEES, envases de plaguicidas, generados desde el 2007 hasta el 2010 (Residuos Posconsumo, 2024)

Estrategia Nacional de Economía Circular. En ella se priorizan 6 flujos de materiales; industriales y productos de consumo masivo, envases y empaques, biomasa, fuentes y flujos de energía, agua y materiales de construcción. (Estrategia nación de Economía Circular, 2019).

Código de colores para clasificación de residuos. Resolución 2184 del 2019 se simplifica a 3 colores, verde para orgánicos, blanco para aprovechables y negro para no aprovechables (Resolución 2184, 2019).

Otras iniciativas de emprendedores que gestionan ropa de segunda mano, aceite de cocina, entre otros.

## 2. Eje 1. Gestión integral de residuos

Se estima que cerca del 66.7 % de los residuos generados provienen del sector residencial, según reporte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, con tasas de reciclaje que a lo sumo llegan al 17 % y una muy pobre gestión de materiales posconsumo, especiales y peligrosos; de allí la relevancia de operar en la propiedad horizontal, que es donde se concentra una gran parte del sector residencial. Para ello diseñamos un modelo innovador y único para resolver esta problemática basado en conceptos de economía circular y economía del comportamiento; recuperamos así el concepto de comunidad con nuestro programa Comunidad Circular y Sostenible.

Esta comunidad ampliada está conformada por una gran red de aliados de todos los actores involucrados en la cadena de suministro de materiales aprovechables y posconsumo. Proveemos al ciudadano con cada una de las soluciones para convertirlo en un Ciudadano Circular. Dentro de esta gran red de aliados están los siguientes sectores:

- a) Administradores de propiedad horizontal, hemos operado en 27 unidades residenciales, representadas en más de 4000 apartamentos integrados y una comunidad de más de 12 000 personas impactadas.
- b) Gestores de materiales aprovechables: integramos organizaciones de reciclaje, gestionamos todos los materiales aprovechables, mejorando indicadores de recuperación per cápita, optimizamos la segregación de los materiales, aumentamos la calidad de los mismos promoviendo su entrega limpia y ordenada, así como también optimizamos la logística de acopio, clasificación, almacenamiento y transporte con rutas de recolección sectorizadas.
- c) Gestores de residuos posconsumo; hemos logrado desarrollar alianzas con cada uno de los gestores aprobados por la autoridad ambiental, dentro de las cuales están Pilas con el Ambiente (pilas): Fundación Botellas de Amor (empaques plásticos flexibles), ecoshoping (ropa usada), Cierra el Ciclo (empaques de plaguicidas e insecticidas), Punto Azul (medicamentos). Hemos gestionado más de 3 toneladas de estos residuos y 40 t de RCD.
- d) Transformadores: alianzas con la empresa Proplanet para fortalecer la cadena de aprovechamiento del Tetrapak, con la empresa Fractal para

fortalecer la cadena de aprovechamiento de envases de vidrio; con la Fundación Botellas de Amor para fortalecer la cadena de suministro de materiales de empaques plásticos de difícil reciclabilidad con su programa Botellas de Amor, quienes captan y transforman estos empaques. Estos tres materiales se caracterizan por tener dificultades en la separación en la fuente y logística en almacenamiento y transporte.

- e) Empresas con responsabilidad posconsumo. Tenemos una alianza con la empresa Nutresa y su programa Nutresa Retoma para fortalecer la cadena de aprovechamiento de empaques plásticos con las Botellas de Amor y las ya mencionadas anteriormente.
- f) Constructoras de vivienda. Diseñamos un modelo para que las constructoras conciban dentro de sus diseños los aspectos de infraestructura, dotación, almacenamiento y logística para el manejo de todos los tipos de residuos en las unidades residenciales una vez habitadas. En alianza con la constructora de vivienda Conaltura, implementamos nuestro modelo en su proyecto de vivienda Bora Serravento para 600 apartamentos.

### **1.1. Plan de membresía**

Hemos diseñado 3 categorías que se ajustan a las necesidades y capacidades de las copropiedades, lo cual ha sido parte de entender las dificultades asociadas para que el administrador de estas copropiedades se integre a nuestro modelo.

Categoría Crisálida: Gestión de materiales aprovechables y posconsumo:

- a) Categoría Oruga, diseño y acompañamiento en la implementación del plan de manejo de residuos, e incluye programa Crisálida.
- b) Categoría monarca, proyectos de interés de la copropiedad, compostaje, huertas caseras, energía solar, aplicar a beneficio en la tarifa de aseo.
- c) Cada categoría cuenta con el respaldo de nuestro Programa de Mejoramiento Continuo.

## 1.2. Programa de mejoramiento continuo

Con nuestro trabajo de campo hemos logrado identificar algunas dificultades que limitan hacer una correcta gestión de los residuos por los habitantes, dentro de las cuales resaltamos:

- a) La desconexión que existe entre el material reciclado y el uso real del mismo; muchos desconocen su integración a las diferentes cadenas productivas y no asocian productos, empresas o marcas que utilicen estos materiales.
- b) El desconocimiento con respecto a los programas posconsumo y la gestión de residuos especiales y peligrosos con los cuales cuenta Colombia, también las barreras y dificultades para entregar estos materiales y el desconocimiento del impacto que se genera en la disposición de los mismos. La mayoría no conoce los planes posconsumo existentes para pilas, medicamentos, aparatos eléctricos y electrónicos, envases de insecticidas, así como la importancia de la gestión de cortopunzantes, residuos de demolición y construcción, ropa y las botellas de amor con los plásticos de difícil reciclabilidad.
- c) La falta de integración de todos los programas para lograr generar un mayor impacto.
- d) La falta de acompañamiento, retroalimentación e indicadores que muestren la gestión lograda y las oportunidades de mejora.

Partiendo de las dificultades anteriores hemos diseñado un programa de 7 planes que busca cerrar las brechas identificadas:

- i) Plan de sensibilización y capacitación con las comunidades y empleados: hemos logrado acuerdos con todos los gestores y programas posconsumo para dar a conocer sus iniciativas con los habitantes que hacen parte de nuestro modelo en nuestros programas de capacitación y sensibilización enfocados en promover la separación en la fuente, los riesgos asociados a la mala disposición y la normativa asociada.
- ii) Plan de dotación de implementos: contamos con un grupo de soluciones que van desde puntos ecológicos que promueven la separación en la fuente y acopio de residuos posconsumo, contenedores de nuestros aliados para el almacenamiento, así como sistemas para el acopio mate-

riales aprovechables, canecas para residuos no aprovechables, especiales y peligrosos; señalética para identificación de ductos, rutas, unidades de almacenamiento.

- iii) Plan de gestión documental y cumplimiento de regulación ambiental: hemos diseñado indicadores de gestión, formatos para el registro de información, ofrecemos el servicio de diseño, implementación y mejora del plan de manejo integral de residuos, informes de gestión para retroalimentar la comunidad.
- iv) Plan de certificación de aprovechamiento y disposición de todos los materiales y residuos: con nuestros aliados logramos hacer la certificación de aprovechamiento y disposición de cada uno de los materiales gestionados.
- v) Rutas selectivas de recolección de todos los residuos. Optimizamos la logística interna en las unidades residenciales asegurando una clasificación, empaque y almacenamiento de los materiales en cantidades mínimas que generan valor en los procesos de recolección en rutas por sectores.
- vi) Valorización de residuos basados en economía circular: Promovemos la integración de las empresas generadoras con los transformadores o gestores para trabajar en el aumento de las tasas de recuperación, minimizar la intermediación y promover el desarrollo de cadenas de suministro de materiales, conectar sus productos y marcas con los ciudadanos. De igual manera, podemos cubrir los compromisos de los programas posconsumo de empaques y envases en los componentes de sensibilización y capacitación.
- vii) Otros proyectos. Gestión de disminución en tarifa de aseo, sistemas de compostaje, huertas caseras, energía solar, entre otros que puedan ser integrados dentro de estas comunidades.

### **3. Caso de estudio**

Para explicar el concepto y las oportunidades, haremos una valoración de la generación de residuos de una comunidad que representa los complejos habitacionales que se vienen construyendo en el país; tomaremos entonces una ciudadela habitacional que detallaremos a continuación:

- a) Nombre de la ciudadela: Tierra Firme

- b) Ubicación: Sector San Germán, centro occidente de Medellín, construido en un lote por parte de la misma constructora.
- c) Número de unidades residenciales: Son 9 unidades residenciales independientes.
- d) Número de unidades habitacionales: 2900 apartamentos

Actualmente operamos en dos de estas unidades residenciales que suman 724 unidades habitacionales, pero haremos el ejercicio de evaluar el potencial que se puede tener con el 100 % de las unidades residenciales con un ejercicio teórico basado en estadísticas generadas por el DANE y el Área Metropolitana del Valle de Aburra que integra 10 municipios cercanos a Medellín, capital del departamento de Antioquia. De acuerdo con los datos del DANE una familia promedio cuenta con 2.75 personas, de allí tendremos que contamos con una población en esta comunidad de cerca de 7900 personas que supera hasta en un 50 % la población de un municipio pequeño como Hispania, municipio de Antioquia, Colombia, que cuenta con cerca de 5470 habitantes pero distribuidos en un área de 58 kilómetros cuadrados.

### **3.1. Generación estimada de residuos en ciudadela Tierra Firme**

De acuerdo con las métricas otorgadas por el Área Metropolitana del Valle del Aburrá, la generación de residuos del sector residencial por persona y día es de 0.57 kilos. Bajo estas condiciones, la ciudadela puede llegar a generar hasta 135 toneladas de residuos al mes. Las caracterizaciones hechas por otras entidades estiman que la distribución de estos residuos puede ser hasta un 50 % de material orgánico, 30 % de aprovechables, 15 % no aprovechables y 5 % posconsumo, especiales y peligrosos, lo cual permite concluir que en esta ciudadela se generarían mensualmente hasta:

- a) 67.5 toneladas de residuos orgánicos
- b) 40 toneladas de residuos aprovechables
- c) 20 toneladas de residuos no aprovechables
- d) 7 toneladas mensuales de residuos posconsumo

Estas cifras son teóricas y llamativas; pueden estar sobredimensionadas a la realidad de cada comunidad, pues se parte de datos estadísticos generalizados, pero como ejercicio nos permiten hacer reflexiones con respecto a estos elementos:

- a) Que tanto se tiene en cuenta durante el diseño del edificio para generar los espacios y condiciones que optimicen los procesos de separación en la fuente, acopio, clasificación, empaque y almacenamiento de materiales aprovechables, posconsumo, especiales y peligrosos generados por estas comunidades.
- b) Están los administradores de propiedad horizontal concientizados de esta problemática y preparados para afrontarla.
- c) Las acciones tomadas han sido efectivas para lograr la gestión integral de los residuos.
- d) Cómo optimizar la logística de acopio, clasificación, empaque y almacenamiento en la propiedad horizontal para alinearlos con las estrategias de economía circular.

Pasamos entonces a dar nuestra visión para cada uno de los cuestionamientos:

- a) Efectivamente hemos encontrado que en muchas edificaciones los espacios concebidos para el acopio y almacenamiento son pequeños, oscuros, no ergonómicos y ubicados en espacios donde el habitante no puede interactuar con ellos lo cual dificulta que se promueva la separación en la fuente.
- b) Si bien los administradores pueden ser conscientes de la problemática la realidad es que no cuentan con las herramientas para asegurar una gestión integral de los residuos, de allí la importancia de generar soluciones que acompañen estos procesos de manera similar a los programas de seguridad y salud en el trabajo.
- c) El estancamiento en las tasas de reciclaje y los pobres indicadores de separación en la fuente de el resto de materiales da cuenta que falta un acompañamiento directo al ciudadano más allá de las capacitaciones eventuales que se hacen en medios.
- d) La gestión de los residuos se debe basar en la valorización de los residuos con herramientas de Economía Circular, uno de los retos e im-

pactos que hacen poco viable es la logística de almacenamiento y transporte de los materiales.

### **3.2. Resultados de comunidades circulares y sostenibles**

Después de cuatro años de operación presentamos los macro indicadores logrados:

- a) Más de 150 toneladas/año de materiales aprovechables
- b) Más de 3 toneladas de residuos posconsumo gestionados
- c) 27 unidades residenciales integradas
- d) Más de 4000 apartamentos integrados
- e) Más de 12 000 personas impactadas
- f) 2 gestores de materiales aprovechables integrados
- g) 6 gestores integrados de residuos posconsumo
- h) 1 proyecto de la constructora Conaltura intervenido previa a la entrega
- i) 3 alianzas para eventos, Sena-Medellín, Fundación EPM, La Lonja
- j) 2 empresas transformadoras integradas. Fundación Botellas de Amor y Proplanet
- k) 1 empresa con responsabilidad posconsumo de empaques y envases. Nutresa
- l) 1 organización cultural integrada, Circo Medellín.
- m) Cuenta de Instragram con 480 seguidores y grupos de difusión con cada grupo de interés.

### **3.3. Resultados logrados asociados al Programa de Mejoramiento Continuo**

- a) Plan de sensibilización, capacitación y fidelización. Hemos involucrado a empleados de oficios varios, administración y habitantes donde incluimos además de los materiales aprovechables los residuos posconsumo de pilas, medicamentos, bombillos, electritos y electrónicos (RAEE), aceite de cocina, ropa de segunda mano, botellas de amor, empaques de insecticidas y otros como RCD, cortopunzantes, hemos logrado impactar mas de 12 mil personas con capacitaciones presenciales, piezas digitales e impresas, informes de gestión, programa de incentivos con

apoyo de nuestros aliados, ferias ambientales, videos y publicaciones en instgram del programa, grupos de difusión por WhatsApp, eventos presenciales con la Fundación EPM y con la Lonja organismo que agremia a los administradores de propiedad horizontal.

- b) Plan de dotación de implementos. Hemos instalado más de 15 Puntos Ecológicos Integrados, de diseño propio, que nos permite promover separación en la fuente y el acopio de residuos posconsumo, informar a la comunidad y generar un punto de conexión permanente. De igual manera, diseñamos un plan de señalización articulado con el programa que nos permite conectar y relacionar toda la estrategia. Hemos suministrado contenedores de nuestros gestores aliados para almacenamiento de medicamentos, pilas, botellas de amor, ropa y RAEE. Hemos asesorado algunos edificios para optimizar los espacios en las unidades de almacenamiento.
- c) Plan de gestión documental y cumplimiento de regulación ambiental. Hemos intervenido 5 unidades residenciales con el diseño, implementación y plan de mejora del Plan de Manejo Integral de Residuos; hemos diseñado formatos de recolección de datos y un tablero de indicadores, dentro de los cuales está la recuperación per cápita de materia aprovechable que nos muestra datos entre 12 y 26 kilos de materiales aprovechables por persona.
- d) Plan de certificación de aprovechamiento y disposición de todos los materiales. Hemos logrado certificar mas de 3000 kilos de residuos posconsumo y 40 toneladas de RCD.
- e) Rutas selectivas de recolección de todos los residuos: hemos desarrollado rutas selectivas que nos permiten optimizar la logística interna en las unidades residenciales, asegurando al interior materiales sin contaminación cruzada por otros residuos, entregados en buenas condiciones por los habitantes y asegurando un correcto acopio, selección, clasificación, empaque y almacenamiento para por lo menos 250 kilos de materiales aprovechables, lo cual agiliza los procesos de pesaje y transporte. Generamos rutas quincenales o mensuales ajustadas a la cercanía de las unidades residenciales, logrando optimizar el transporte y agilizando los procesos. Hoy tenemos 4 rutas selectivas consolidadas que nos permiten gestionar cerca de 10 toneladas al mes.

- f) Valorización de residuos basados en economía circular: Logramos hacer una clasificación óptima de los diferentes tipos de materiales y sus categorías de papel, plásticos, metales y vidrio, de manera tal que buscamos optimizar las cadenas de suministro y minimizar los procesos de clasificación por parte de nuestros gestores aliados. Hemos logrado optimizar 3 cadenas de suministro de materiales que tienen dificultades por bajas tasas de separación o la logística asociada; entre ellas están el Tetrapak, el cual lo venimos articulando con la empresa transformadora Proplanet, el envase de vidrio con la empresa Fractal y las Botellas de Amor con plásticos de difícil reciclabilidad con el programa Nutresa Retoma de la empresa Nutresa y la Fundación Botellas de Amor.
- g) Otros proyectos. Gestión de disminución en tarifa de aseo, sistemas de compostaje, huertas caseras, energía solar, entre otros. Hemos logrado gestión para una unidad residencial de 106 apartamentos con el beneficio en la tarifa de aseo con ahorro de hasta 24 millones anuales.

Recientemente desarrollamos dos nuevos servicios con aliados para incorporar sistemas de compostaje en pacas y sistemas fotovoltaicos para suministro de energía en zonas comunes de los edificios. De allí que concebamos a las unidades residenciales como pequeñas unidades de acopio o mini ECAS no formales (estaciones de clasificación y aprovechamiento) donde hemos logrado optimizar la logística interna de clasificación, empaque y almacenamiento, trasladando esa optimización a la logística del gestor con las rutas selectivas con cantidades por encima de 300 kilos para cada unidad residencial y el material debidamente clasificado, empacado y sin contaminación cruzada con el resto de residuos.

Un tratamiento similar hemos logrado con los residuos posconsumo, logrando tener puntos ecológicos diseñados para el acopio de cada uno de los tipos de materiales, los cuales son almacenados en las unidades de almacenamiento en contenedores de nuestros aliados, los cuales son posteriormente recogidos en rutas selectivas en cantidades mínimas pactadas con cada uno que permiten optimizar también su logística.

#### **4. Tipología de residuos aprovechables promedio, obtenidos como parte del programa comunidades circulares y sostenibles**

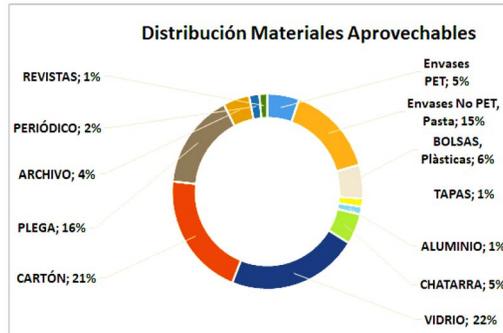
En las unidades residenciales se logran integrar todo tipo de materiales aprovechables en cuatro categorías, las cuales son presentadas a continuación con sus subcategorías:

- I. Papeles: cartón, plegadiza, archivo, periódico, revista y tetrapak; 44 % del material total.
- II. Plásticos: PET, Pasta (HDPE; PVC, PP), tapas plásticas (PP), bolsas plásticas (LDPE); 27 % del material total.
- III. Metales: Chatarra (latas de conservas, ollas, cubiertos, tapas, etc) y Aluminio (las de cerveza, bebidas energéticas, sodas, ollas, etc); 6 % del material total.
- IV. Vidrio: Vidrio de envases no importa color, tamaño; 22 % del material total.

Adicionalmente, se integran otros materiales como palos de escoba. Materiales que actualmente tienen dificultades: envases y empaques de poliestireno, PET de laminilla, cubetas de huevos hechas en papel. En la Figura 1, se presenta la distribución promedio para una unidad residencial operada con nuestro modelo para estrato 4-5. Estos materiales son separados desde la fuente donde hemos hecho un trabajo con las comunidades para que los materiales se entreguen en las mejores condiciones de limpieza, sin contener alimentos o bebidas, lo cual son formas de agregar valor a la cadena. La optimización de la cadena de suministros también se logra con la clasificación que se hace al interior de las copropiedades en las diferentes subcategorías que corresponden a las industrias que las consumen. Estos materiales son empacados de manera independiente y almacenados para ser recogidos por el gestor en las Rutas de Reciclaje, que son quincenales o mensuales de acuerdo con el tamaño de las copropiedades, mejorando la productividad de los procesos logísticos de transporte hasta en un 20 % para los gestores de reciclaje.

**Figura 1**

*Distribución de materiales aprovechables promedio en unidades residenciales gestionadas en el programa Comunidades Circulares y Sostenibles*



*Fuente:* Datos estadísticos propios de separación en la fuente de la empresa Dasein Circularidad

Estos datos dan cuenta de la oportunidad que tenemos para integrar las empresas generadoras de los envases y empaques, así como quienes transforman estos materiales para conectarlos con las personas. Esto es parte de lo que hemos logrado hacer con lo que hemos llamado las Triadas de Valor conformadas por Generador-Transformador-Ciudadano. Algunas de las que hemos concretado son con Proplanet-Tetrapak, Fundación Botellas de Amor-Nutresa y Fractal-Empresas envasadoras de productos.

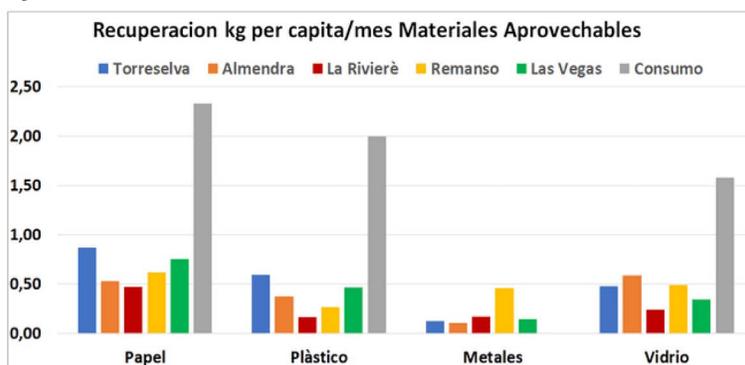
#### **4.1. Indicador recuperación per cápita**

En Colombia se habla de cifras del reciclaje que oscilan entre el 11 y el 17 %. Este indicador difícilmente compromete al ciudadano, pues no lo relaciona directamente con su compromiso para hacer separación en la fuente; los datos generados en la fuente para cada unidad residencial nos han permitido desarrollar el indicador recuperación per cápita de materiales. En la Figura 2 se presenta el indicador que construimos con base en los resultados de kilos de materiales aprovechables o reciclaje logrados anualmente para sacar un promedio mensual. El número de habitantes se obtiene con base en el número de apartamentos y el promedio de habitantes por familia del DANE de 2.75 personas. De allí surge el indicador recuperación kilos per cápita por mes de materiales aprovechables por mes.

Este indicador lo construimos para algunas de las unidades residenciales más características por tipo de material y comparado con indicadores de consumo de materiales promedio mes. El mejor indicador logrado es para las unidades residenciales que llevan más tiempo de hacer parte de nuestro modelo, alcanzando un total de hasta 2.2 kilos de materiales aprovechables al mes para un total de 26 kilos de materiales aprovechables al año. Normalmente, en una copropiedad no intervenida, este valor puede llevar a 12 kilos de materiales aprovechables al año.

**Figura 2**

*Indicador kilos recuperados mes per cápita para comunidades operadas en el programa Comunidades Circulares y Sostenibles*



*Fuente:* Datos estadísticos propios de separación en la fuente de la empresa Dasein Circularidad

## 4.2. Resultados residuos posconsumo

Dentro del programa de gestión integral de residuos hemos logrado vincular por medio de alianza los diferentes tipos de residuos con gestores aprobados por la autoridad ambiental, dentro de los cuales tenemos:

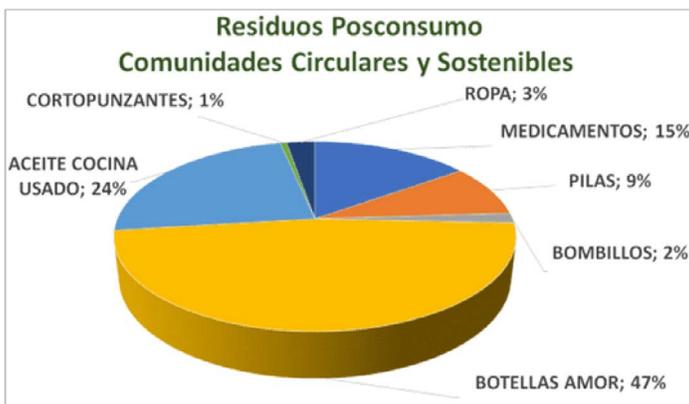
- Pilas, gestor: Pilas con el ambiente
- Medicamentos, gestor: Corporación Punto Azul
- Aparatos eléctricos y electrónicos, gestor: Ecocomputo
- Aceite de cocina, gestor: Ecogras
- Ropa usada, gestor: Ecoshipping
- Ecobotellas, gestor: Fundación Botellas de Amor

Otros residuos que gestionamos sin alianzas directas están: i) Material cortopunzante, RCD gestor: Empresas de prestación de servicio público de aseo y ii) Luminarias, gestor: Lumina

Hemos logrado gestionar cerca de 3000 kilos distribuidos en los porcentajes presentados en la Figura 4. Donde se identifica que 47 % son botellas de amor, 24 % son de aceite de cocina, 15 % de medicamentos, 9 % pilas y ropa y cortopunzantes con 3 y 1 % respectivamente (Figura 3).

**Figura 3**

*Distribución residuos posconsumo gestionados en el programa comunidades circulares y sostenibles*



*Fuente:* Datos estadísticos propios de separación en la fuente de la empresa Dasein Circularidad.

## 5. Conclusión capitular

La creación de ecosistemas enmarcados en los conceptos de comunidad e integrando a todos los actores involucrados permite que el ciudadano adopte de mejor manera su responsabilidad individual en los aspectos relacionados con la sostenibilidad. Hacer una intervención integral a las comunidades que contemplen la sensibilización, capacitación, adecuación de espacios, puntos ecológicos para acopio de todos los tipos de residuos, la generación de métricas e indicadores, el acompañamiento, el acompañamiento permanente y el apoyo de empresas, así como la retroalimentación hacen que el ciudadano se sienta comprometido y reconocido en su contribución individual que hace parte de un colectivo.

## 6. Referencias

- Guía de Residuos Sólidos-Digital (2022). [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Guia\\_Residuos%20Solidos\\_Digital.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Guia_Residuos%20Solidos_Digital.pdf)
- DANE- Tipología de vivienda. (2005). [https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo\\_II\\_Social/1.2.-tipolog%C3%A1Da-de-la-vivienda.html](https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo_II_Social/1.2.-tipolog%C3%A1Da-de-la-vivienda.html)
- Gestión de Residuos Sólidos. (2022). <https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/Documents/Gesti%C3%B3n%20de%20Residuos%20Solidos%20%202022.pdf>
- Resolución 1407. (2022). [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201407%20de%202022.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201407%20de%202022.pdf)
- Residuos Posconsumo. (2024). <https://quimicos.minambiente.gov.co/residuos-posconsumo/>
- Estrategia nación de Economía Circular. (2019). <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/>
- Resolución 2184 (2019). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-2184-de-2019.pdf>

*Perspectivas de Sostenibilidad en la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales.*

Se terminó de editar en abril de 2025

en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: [edicion@astraeditorial.com.mx](mailto:edicion@astraeditorial.com.mx)

[www.astraeditorialshop.com](http://www.astraeditorialshop.com)

En esta obra se ha conformado material de investigación, donde bajo el auspicio de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), se han conjuntado esfuerzos de profesores, investigadores, consultores, empresarios y autoridades universitarias para concretar este proyecto. No obstante, no hubiera sido posible este material sin la revisión minuciosa de los integrantes del Comité científico internacional y las gestiones administrativas de los integrantes del Comité Editorial.

Se han agrupado diferentes perspectivas relacionadas con la sostenibilidad en la gestión integral de los residuos sólidos municipales, las cuales han quedado circunscritas en tres ejes temáticos: a) Revalorización de residuos sólidos orgánicos en el contexto económico, b) Acciones proambientales en el contexto social y c) Experiencias de sostenibilidad en el contexto territorial.

ISBN: 979-13-87631-90-1



Consulta y descarga

