

**SISTEMA INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA PLAZA DE
MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN POPAYÁN (CAUCA)**



Diego Fernando Caicedo Ordoñez

Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Popayán-Cauca

2026

**SISTEMA INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA PLAZA DE
MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN POPAYÁN (CAUCA)**



Diego Fernando Caicedo Ordoñez

Trabajo de grado modalidad pasantía para optar al título de Ingeniero Ambiental y
Sanitario

Directora:

phd. Diana Milena Muñoz

Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

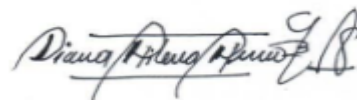
Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales

Popayán-Cauca

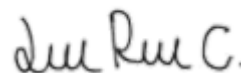
2026

Nota de aceptación

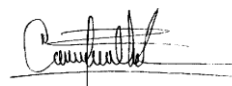
El director y los jurados del trabajo de grado en modalidad pasantía titulado **“SISTEMA INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA PLAZA DE MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN POPAYÁN (CAUCA)”** realizado por el estudiante Diego Fernando Caicedo Ordoñez. Una vez realizado el informe final y aprobado la sustentación, autorizan para que se realicen los trámites referentes para optar al título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario.



Director de trabajo



Jurado 1



Jurado 2

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este logro a mi madre, que me enseñó a luchar con el corazón en alto y los pies firmes en la tierra. Gracias por tu paciencia, ternura y por no rendirte nunca ni siquiera cuando las circunstancias eran difíciles. Tu fortaleza y tu entrega me inspiran cada día de mi vida.

A mí padre, por ser mi ejemplo de esfuerzo, constancia y dignidad. Gracias por enseñarme con actos más que con palabras que los sueños se logran con trabajo, disciplina y humildad. Cada paso que doy lleva la fuerza de tus valores, esta tesis también es fruto de tu esfuerzo silencioso, de tus consejos y tu presencia firme, incluso en la distancia. Todo este logro tiene un pedazo de ti.

A mis hermanos, mis mejores amigos y compañeros. No hay nadie en el mundo que pueda reemplazarlos. Tengo la suerte de que la vida me regalara los mejores compañeros de vida, ustedes. Aunque no pasemos mucho tiempo juntos por cuestiones de la vida, quiero que sepan que siguen y seguirán siendo las personas más importantes en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a quienes hicieron posible la realización de esta tesis. A mis profesores y asesores por su guía constante, paciencia y valiosos comentarios. Completar esta tesis ha sido un proceso de aprendizaje y crecimiento y no podría haberlo logrado sin ustedes.

Es difícil expresar con palabras todo lo que significa para mí este logro, gracias por su apoyo y acompañamiento. Gracias a ustedes por ser mi sombra en este camino, gracias por creer en mí, por motivarme, por cuidarme y por hacerme crecer tanto.

Este logro no solo refleja mi esfuerzo, sino también el reflejo de quienes creyeron en mí. Les dedico mis más profundos agradecimientos.

Tabla de Contenido

CAPITULO I: PROBLEMA.....	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. Objetivo general.....	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES.....	15
2.2. BASES TEÓRICAS.....	19
2.2.1. Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).....	19
2.2.2. Separación en la fuente y clasificación de residuos.....	22
2.2.3. Caracterización de Residuos.....	23
2.2.4. Evaluación Ambiental.....	25
2.2.5. Evaluación de Impactos Ambientales.....	25
2.2.6. Estrategias de Manejo y Aprovechamiento de Residuos Sólidos	26
2.3. BASES LEGALES.....	28
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	29
3.1. FASE 1: DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE LA PLAZA DE MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.....	29
3.1.1. Actividad 1: Recolección y análisis de documentación institucional	29
3.1.2. Actividad 2: Visita técnica para reconocimiento del manejo de residuos	30
3.1.3. Actividad 3: Identificar el manejo de los residuos generados en la plaza de mercado	32
3.1.4. Actividad 4: Caracterización física de residuos sólidos.....	34
3.2. FASE 2: IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS .	35
3.2.1. Actividad 1: Evaluación de impactos ambientales	35
3.2.2. Actividad 2: Determinación de la importancia ambiental.....	37
3.3. FASE 3: FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	39

3.3.1. Actividad 1: Priorización de residuos y formulación inicial de estrategias.....	39
3.3.2. Actividad 2: Evaluación técnica de las estrategias propuestas	41
3.3.3. Actividad 3: Evaluación económica de las estrategias.....	42
3.3.4. Actividad 4: Formulación de una propuesta educativa.....	43
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. FASE 1: DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE LA PLAZA DE MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.....	45
4.1.1. Estado actual de la generación de residuos solidos	45
4.1.2. Reconocimiento del Manejo de Residuos	46
4.1.3. Caracterización del del manejo de los residuos generados	47
4.1.4. Identificación Física de los Residuos	55
4.2. FASE 2: IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS .	58
4.2.1. Valoración de impactos ambientales	59
4.2.2. Determinación de la importancia ambiental potencial (IAP).....	61
4.3. FASE 3: FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	62
4.3.1. Residuos prioritarios y primeras estrategias de manejo	63
4.3.2. Revisión técnica de las estrategias sugeridas	65
4.3.3. Análisis de costos de las estrategias	66
4.3.4. Elaboración de estrategias educativas	67
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones	72
Bibliografía	73
ANEXOS	79

Lista de Tablas

Tabla 1 Ejemplos de productos cubiertos por REP en Colombia	19
Tabla 2 Aplicación del ECV en plazas de mercado	21
Tabla 3 Componentes de la GIRS.....	21
Tabla 4 Variables que se analizan en la caracterización.....	24
Tabla 5 Etapas del Proceso de Evaluación Ambiental	25
Tabla 6 Estrategias para plazas de mercado	27
Tabla 7 Marco Legal.....	28
Tabla 8 Criterios de búsqueda para la recolección de información	30
Tabla 9 Matriz de Leopold	36
Tabla 10 Escala Cualitativa (IAP).....	38
Tabla 11 Indicadores técnicos de reducción	42
Tabla 12 Indicadores técnicos de aprovechamiento	42
Tabla 13 Estrategias formuladas para el manejo y aprovechamiento de residuos solidos	43
Tabla 14 Resultados observados a partir de la lista de chequeo	46
Tabla 15 Clasificación y porcentaje de residuos sólidos caracterizados	56
Tabla 16 Resumen general de la valoración de impactos	60
Tabla 17 Resumen de la tabla condesa	61
Tabla 18 Escala Cualitativa (IAP).....	62
Tabla 19 Manejo de residuos inorgánicos.....	63
Tabla 20 Manejo de residuos orgánicos.....	64
Tabla 21 Reducción en la generación de residuos.....	64
Tabla 22 Indicadores técnicos de reducción de residuos.....	65
Tabla 23 Indicadores técnicos de aprovechamiento de residuos	65
Tabla 24 Análisis de costos de las estrategias.....	66
Tabla 25 Programa educativo 1: Manejo de Residuos Orgánicos.....	68
Tabla 26 Programa educativo 2: Manejo de Residuos Inorgánicos	69
Tabla 27 Programa educativo 3: Reducción en la Generación de Residuos	70

Lista de Figuras

Figura 1 Ciclo de vida de un producto común de plaza de mercado	20
Figura 2 Beneficios de implementar una GIRS	22
Figura 3 Separación en la fuente	23
Figura 4 Lista de chequeo para el diagnóstico ambiental	31
Figura 5 Encuesta	33
Figura 6 Método de Cuarteo.....	34
Figura 7 Matriz de Leopold Aplicada en la Plaza de Mercado	36
Figura 8 Matriz de Conesa	38
Figura 9 Estrategias de priorización	40
Figura 10 Tipología de Residuos Generados	48
Figura 11 Prácticas de almacenamiento y separación	50
Figura 12 Disposición final de los residuos	52
Figura 13 Conocimiento y percepción del servicio de recolección	53
Figura 14 Frecuencia de recolección	53
Figura 15 Percepción del servicio de recolección y almacenamiento	54
Figura 16 Porcentaje de Residuos	57

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo formular un Sistema Integral de Residuos Sólidos (SIRS) para la Plaza de Mercado del barrio Bello Horizonte en la ciudad de Popayán (Cauca), a partir del diagnóstico del estado actual de la generación de residuos, la evaluación de los impactos ambientales asociados a su manejo y la formulación de estrategias sostenibles de manejo y aprovechamiento, la investigación se desarrolló bajo un enfoque técnico–ambiental, estructurado en tres fases metodológicas articuladas con los objetivos específicos del estudio.

En la fase diagnóstica se identificó que la plaza de mercado presenta una alta generación de residuos sólidos, predominando los residuos orgánicos provenientes de la comercialización de frutas, verduras y alimentos frescos, acompañados de residuos inorgánicos reciclables como cartón, plástico y vidrio. Se evidenció una deficiente separación en la fuente, almacenamiento inadecuado y una dependencia casi total de la disposición final en relleno sanitario, lo que limita las posibilidades de aprovechamiento.

Posteriormente, mediante la aplicación de herramientas de evaluación ambiental como la matriz de Leopold y la matriz de Conesa, se identificaron impactos ambientales negativos relevantes asociados al manejo inadecuado de los residuos, tales como la generación de lixiviados, emisiones de olores ofensivos, proliferación de vectores y afectaciones a la salud pública y al entorno urbano. Varios de estos impactos fueron clasificados con importancia ambiental moderada y severa, evidenciando la necesidad de intervención.

Con base en los resultados obtenidos, se formularon estrategias de manejo y aprovechamiento orientadas a la gestión de residuos orgánicos mediante compostaje, el fortalecimiento del reciclaje de residuos inorgánicos y la reducción en la generación de residuos desde la fuente, complementadas con un componente educativo, estas estrategias buscan reducir la presión sobre el relleno sanitario, mitigar impactos ambientales y fortalecer una cultura ambiental sostenible en la plaza de mercado.

Palabras clave: Gestión Integral de Residuos Sólidos, plazas de mercado, residuos orgánicos, impactos ambientales, aprovechamiento de residuos.

ABSTRACT

The objective of this study is to develop an Integrated Solid Waste Management System (ISWMS) for the Bello Horizonte Marketplace in Popayán (Cauca). This was achieved by diagnosing the current state of waste generation, evaluating the environmental impacts associated with its handling, and formulating sustainable management and recovery strategies. The research followed a technical-environmental approach, structured into three methodological phases aligned with the study's specific objectives.

During the diagnostic phase, it was identified that the marketplace generates a high volume of solid waste, predominantly organic waste from the commercialization of fruits, vegetables, and fresh produce, alongside recyclable inorganic waste such as cardboard, plastic, and glass. The findings revealed deficient source separation, inadequate storage, and a near-total dependence on landfill disposal, which limits recovery opportunities.

Subsequently, through the application of environmental assessment tools specifically the Leopold Matrix and the Conesa Matrix significant negative environmental impacts associated with improper waste management were identified. These include leachate generation, offensive odor emissions, vector proliferation, and adverse effects on public health and the urban environment. Several of these impacts were classified as having moderate to severe environmental importance, highlighting the urgent need for intervention.

Based on these results, management and recovery strategies were formulated, focusing on organic waste treatment through composting, the enhancement of inorganic waste recycling, and source reduction. Complemented by an educational component, these strategies aim to reduce pressure on landfills, mitigate environmental impacts, and foster a sustainable environmental culture within the marketplace.

Keywords: Integrated Solid Waste Management, marketplaces, organic waste, environmental impacts, waste recovery.

INTRODUCCIÓN

La producción de residuos sólidos se ha convertido en una de las principales problemáticas ambientales vinculadas al aumento de la población, los procesos acelerados de urbanización y los actuales modelos de consumo. A escala global, se estima que cada año se generan más de 1,4 billones de toneladas de residuos sólidos urbanos, de los cuales una fracción considerable es gestionada de forma inadecuada, lo que ocasiona efectos adversos sobre el suelo, los recursos hídricos, la calidad del aire y la salud pública [1]. Esta problemática también se manifiesta en el contexto colombiano, donde el crecimiento constante en la generación de residuos, sumado a una limitada capacidad de aprovechamiento, pone en evidencia falencias en los sistemas de gestión actualmente implementados.

A nivel local, el departamento del Cauca presenta importantes desafíos en materia de gestión de residuos sólidos, ya que únicamente un municipio dispone de un relleno sanitario con características técnicas adecuadas. Esta situación incrementa la presión sobre los sistemas de disposición final existentes y propicia prácticas inapropiadas, como la quema de residuos y el vertimiento ilegal. En el caso de la ciudad de Popayán, las plazas de mercado se consolidan como puntos críticos de generación de residuos, particularmente de tipo orgánico, debido a la intensidad de la actividad comercial y a las prácticas tradicionales empleadas en el manejo de los desechos [2].

La Plaza de Mercado del barrio Bello Horizonte constituye un caso representativo de esta problemática, donde se evidencia una gestión deficiente de los residuos sólidos, caracterizada por la escasa separación en la fuente, limitadas estrategias de aprovechamiento y una elevada dependencia del relleno sanitario Los Picachos [3], esta situación genera impactos ambientales como la producción de lixiviados, emisiones de gases de efecto invernadero, olores ofensivos y proliferación de vectores, afectando tanto el ambiente como la calidad de vida de comerciantes y usuarios.

Frente a este escenario, la formulación de un Sistema Integral de Residuos Sólidos se plantea como una opción técnica y ambientalmente factible, orientada a mejorar de manera integral el manejo de los residuos desde su punto de generación hasta su aprovechamiento y disposición final. Este enfoque permite integrar principios de sostenibilidad, economía circular y corresponsabilidad entre los actores involucrados, fortaleciendo la gestión ambiental en el ámbito urbano y aportando a la reducción de los impactos derivados de prácticas inadecuadas en el manejo de residuos en las plazas de mercado de Popayán [4].

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el inicio de la humanidad, la producción de residuos sólidos ha sido una constante, así como su disposición directa sobre el suelo y las fuentes hídricas, en esta instancia, comienza a convertirse en una problemática ambiental, la cual se puede ver reflejada en la actualidad mundial. De acuerdo a registros, en el planeta se presenta una generación 1,4 billones de toneladas residuos sólidos urbanos (RSU) cada año, para un promedio de 0,012 ton por habitante por día [5]. Entre estos solo el 60% son manejados adecuadamente mediante sitios de disposición final, sistemas de incineración y sistemas de aprovechamientos, por ende el 40% de estos son dispuestos inadecuadamente en zonas urbanas, rurales y fuentes hídricas, esta inadecuada disposición conlleva a efectos secundario mediante la generación de compuestos gaseosos de efecto invernadero (CH_4 y CO_2), así mismo la segregación de residuos líquidos producidos en la fases descomposición de los residuos orgánicos y la lixiviación por el aporte de aguas lluvias obre estos [6].

En el territorio colombiano la situación mundial se replica, el crecimiento en la tasa de generación de los R.S.U en el país va en crecimiento, en el año 2020 de acuerdo a datos de la superintendencia de servicios públicos, la cantidad de residuos sólidos fue de 32.580 ton/día, que representan un 0,89% más que en el 2019. Esto evidencia que las acciones gubernamentales no han tenido efecto sobre la reducción y generación de los (RSU), en cuanto al tipo de manejo de acuerdo al DANE 2022, para el año 2020 el uso de productos excedentes fue de 3,6 millones de toneladas. Sin embargo, la contribución del reusó de residuos en las actividades económicas fue negativa, con una variación del -2,6%, lo que evidencia una baja eficiencia en los procesos de recuperación y reincorporación de materiales [6], esta situación sugiere un creciente volumen de residuos y una deficiente disposición, lo que a su vez altera los ecosistemas donde estos desechos se acumulan.

Particularmente en el departamento del Cauca, la gestión de residuos sólidos presenta retos preocupantes. De los 42 municipios que lo conforman, solo uno cuenta con un relleno sanitario tecnificado: el ubicado en el municipio de Popayán, operado por la empresa Urbaser S.A. E.S.P., con capacidad de recibir cerca de 300 toneladas diarias. Este relleno acoge los residuos de 22 municipios, dejando a los 20 restantes en una situación incierta. Muchos de estos solían operar con celdas de contingencia que ya cumplieron su vida útil y fueron clausuradas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), debido a deficiencias operativas y estructurales [3]. Además, los sistemas de aprovechamiento establecidos en los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) municipales no han sido efectivos, lo que incrementa la proliferación de puntos críticos tanto en zonas urbanas como rurales. En estos lugares, prácticas como la quema de residuos inorgánicos (plásticos, papeles, madera) continúan siendo frecuentes, generando

emisiones de dioxinas y furanos altamente tóxicas, producto de la combustión incompleta de materiales como el PET [7].

En Popayán, capital del Cauca, se generan alrededor de 232 toneladas de residuos sólidos diariamente, de las cuales el 52% (aproximadamente 120 toneladas) corresponde a residuos orgánicos, de estos, el 20% proviene de las plazas de mercado de la ciudad, siendo la del Barrio Bolívar la principal fuente, con cerca de 7 toneladas diarias, en contraste, la plaza de mercado de Bello Horizonte produce un estimado de 0,85 toneladas diarias de residuos orgánicos [4]. A pesar de múltiples intentos administrativos por implementar programas de aprovechamiento en estos recintos, los resultados han sido nulos, y los residuos continúan siendo dispuestos en los rellenos sanitarios de la ciudad: El Ojito (hasta 2014) y actualmente Los Picachos, esta situación ha generado impactos significativos en las zonas aledañas. Se estima que una tonelada de residuos orgánicos, con una humedad entre el 30% y 50%, puede generar hasta 220 litros de lixiviados y cerca de 723 m³ de gases como CH₄, CO₂, H₂S y vapor de agua, los cuales, además de ser gases de efecto invernadero, producen olores ofensivos que afectan directamente la calidad de vida de las comunidades cercanas [8].

A partir de este contexto, se infiere una gestión deficiente de los residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Popayán y sus plazas de mercado, particularmente en la de Bello Horizonte, donde se evidencia una ausencia de estrategias sostenibles para su aprovechamiento, esta situación sugiere un incremento en los puntos críticos de acumulación y prácticas inadecuadas como la quema, lo que deteriora el ambiente y la salud pública, en consecuencia, se hace necesario formular estrategias de gestión integral que permitan el aprovechamiento adecuado de los residuos orgánicos, contribuyendo así a la reducción de su impacto ambiental.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La gestión adecuada de los residuos sólidos constituye hoy una necesidad global prioritaria ante el creciente volumen de desechos y sus impactos negativos sobre el ambiente y la salud pública, en este contexto, las políticas de sostenibilidad, como el reciclaje, el aprovechamiento de materiales y la economía circular, han sido integradas por países desarrollados con altos índices de recuperación, como Alemania, Corea del Sur y los Países Bajos, que han superado el 50 % de reciclaje gracias a sistemas integrales y educación ambiental consolidada [9].

En América Latina, los avances han sido más lentos pero significativos. Colombia, por ejemplo, alcanzó un índice de aprovechamiento del 17,4 % en 2020, superando el promedio regional del 13,5 % [10], este indicador, aunque aún insuficiente, demuestra un progreso tangible y señala la importancia de consolidar políticas de residuos sólidos que incluyan separación en la fuente, reciclaje, valorización y reducción en la generación, en este escenario, el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) se presenta como una herramienta indispensable para

articular acciones orientadas a la gestión eficiente de los residuos en el ámbito municipal, promoviendo el cumplimiento de las metas ambientales nacionales y regionales, su aplicación no es solo un requisito normativo [11], sino también una estrategia estructurada para transformar la relación entre las comunidades y su entorno, optimizando recursos, reduciendo pasivos ambientales y fomentando la sostenibilidad urbana.

La pertinencia del presente proyecto radica en focalizar estas acciones en la Plaza de Mercado del Barrio Bello Horizonte, en la ciudad de Popayán, un espacio de alta actividad comercial y productiva que genera importantes volúmenes de residuos, en su mayoría orgánicos e inorgánicos aprovechables. Este contexto plantea una oportunidad para demostrar cómo la implementación de un sistema integral de gestión puede tener resultados directos en la reducción de residuos enviados a disposición final, al tiempo que se fomenta una cultura de separación en la fuente, reciclaje y valorización.

En cuanto a la viabilidad, el proyecto cuenta con sustento técnico (diagnóstico previo, caracterización, evaluación de impactos) y respaldo institucional, la infraestructura existente como los centros de acopio municipales y la planta de compostaje de la Secretaría de Desarrollo Agroambiental y Fomento Económico (DAFE)—, junto con la colaboración de asociaciones de recicladores, facilita la ejecución progresiva y participativa del sistema propuesto. Desde una perspectiva económica, la iniciativa es factible, ya que permitirá optimizar los costos asociados a la recolección y disposición final de residuos, mientras se generan ingresos por comercialización de materiales reciclables y productos orgánicos (compostas, abonos), estos beneficios pueden ser canalizados a través de esquemas tarifarios autorizados por la Superintendencia de Servicios Públicos y fortalecidos con apoyos gubernamentales y cooperación internacional.

En lo social, el proyecto busca fortalecer la cadena de valor del reciclaje, mejorar las condiciones de trabajo de los recicladores de oficio, e involucrar a los comerciantes de la plaza en prácticas sostenibles, esto contribuirá a mejorar la percepción ciudadana del manejo de residuos, fomentando la corresponsabilidad y el empoderamiento comunitario en torno al cuidado ambiental, el aporte ambiental es significativo: menor presión sobre los rellenos sanitarios, mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, reducción de lixiviados contaminantes y protección de fuentes hídricas y suelos urbanos, además, se promueve la recuperación de materiales como insumos productivos y la transformación de residuos orgánicos en fertilizantes naturales.

Finalmente, el impacto directo para la ciudad de Popayán será una mayor eficiencia en la gestión de residuos en espacios clave como las plazas de mercado, promoviendo un modelo replicable a otras zonas urbanas, se consolidará una estrategia sostenible que articule lo técnico, lo económico y lo comunitario, bajo un enfoque de desarrollo urbano ambientalmente responsable y socialmente inclusivo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Formular un Sistema integral de residuos sólidos para la Plaza de Mercado del Barrio Bello Horizonte en Popayán (Cauca).

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la generación de residuos sólidos dentro de la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte en la ciudad de Popayán.
- Evaluar los impactos ambientales de la plaza de mercado generados por el manejo de los residuos sólidos.
- Formular estrategias de manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la plaza de mercado de la ciudad de Popayán.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico se orienta el análisis y formulación de un Sistema Integral de Residuos Sólidos para la Plaza de Mercado del Barrio Bello Horizonte, en Popayán, Cauca, este documento permite contextualizar la problemática del manejo de residuos, establecer antecedentes, analizar el marco legal vigente y estructurar las bases científicas que respaldan las fases metodológicas del proyecto.

2.1. ANTECEDENTES

El aprovechamiento de residuos consiste en un conjunto de procesos orientados a la recuperación de materiales contenidos en determinados desechos, con el fin de reincorporarlos al sistema productivo de manera ambientalmente responsable, a través de prácticas como la reutilización y el reciclaje. Este proceso resulta más eficiente cuando los residuos han sido previamente separados, lo cual puede lograrse mediante diferentes mecanismos que implican distintos niveles de complejidad y participación ciudadana. Un ejemplo de ello es la clasificación realizada en el lugar donde se generan los residuos, ya sea en los hogares o en las instituciones, práctica conocida como separación en la fuente, la cual facilita significativamente las etapas posteriores de aprovechamiento [12].

En el país mexicano, la generación de residuos ha sido una verdadera problemática debido a que su capital en los años 2000 era la ciudad más poblada del mundo, así mismo los residuos generados en las plazas de mercado del distrito federal, sin embargo, se busca una alternativa ambiental económica e industrial, donde se realiza la separación de residuos orgánicos sobrantes de frutas, verduras y materiales óseos, estos con el fin de general concentrados alimenticios para animales, esto logro en el año 1998 un aprovechamiento de 36 mil toneladas de residuos y unos ingresos a los productores de 7,5 millones de dólares, esta estadística ha ido creciendo en los últimos años por que se ha ampliado a otras ciudades mexicanas [13].

De acuerdo con la información reportada en el Boletín Técnico de la Cuenta Satélite Ambiental, elaborado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en el año 2019 el porcentaje de recuperación, reciclaje y reutilización de residuos en Colombia se situó en 11,82 %. Asimismo, las proyecciones indican que este indicador habría alcanzado el 13,81 % en 2021 y que para el año 2022 se estimó un incremento hasta el 14,6 %.

Dentro de los materiales que se aprovechan de manera inmediata en el marco del servicio de aseo, el papel y el cartón representan la mayor proporción, con un 55 % del total recuperado, seguidos por los metales, que alcanzan un 22,3 %, y los plásticos, con un 15 %. En este último caso, dicha participación equivale a aproximadamente 211.167 toneladas de plástico aprovechadas durante el año 2019 [14].

Adicionalmente, se destaca que en las principales ciudades del país se registra un aprovechamiento anual aproximado de 163 mil toneladas de materiales plásticos. En particular, Bogotá y Medellín procesan alrededor de 13.000 toneladas mensuales de residuos plásticos, resultado que ha sido posible gracias al trabajo articulado de los recicladores de oficio y al apoyo de una red cercana a 260 industrias dedicadas a la transformación de estos materiales [15].

En el 2023 en Bucaramanga, mediante un programa demostrativo se realizó la capacitación del 100% de negociantes de las cuatro principales plazas de mercado (San Francisco, Jhon F Kennedy, La Concordia y Guarín), donde el objetivo principal fue realizar acciones de control, fichas de trabajo y actividades informativas sobre la correcta disposición de residuos. La bandada de gallinazos se ha reducido en un 50%, lo que favorece a mantener un medio limpio y sano. El 100% de los residuos se recoge para su aprovechamiento o disposición final. Además, abarca destacar que el 80% de los residuos orgánicos vegetales se usan en el compostaje, mientras que el 7% de los residuos especiales (carne) se envía a empresas especializadas en ello. Además, se vende el 2% de los residuos reciclables [15].

En la ciudad de Ibagué, el Instituto de Financiamiento y Promoción de Ibagué (Infibagué) ha definido a las plazas de mercado como un eje prioritario dentro de su gestión. Entre los proyectos que adelanta se encuentra una iniciativa orientada al manejo de los residuos sólidos, la cual contempla una inversión aproximada de 1.500 millones de pesos. Esta estrategia incluye la modernización de los sistemas de almacenamiento de residuos, mediante la sustitución de las unidades convencionales por contenedores de disposición subterránea que incorporan un componente de aprovechamiento.

La implementación de este esquema permitirá valorizar los residuos recolectados en los mercados, fortaleciendo la separación de residuos sólidos, en especial los plásticos y otros materiales aprovechables. Adicionalmente, esta medida contribuirá a la reducción de la tarifa de aseo que el Instituto cancela a la empresa prestadora del servicio, Interaseo S.A. E.S.P. [16].

En el marco de las estrategias de economía circular, diversas ciudades han asumido el reto de reincorporar los residuos a los procesos productivos. En el caso de Bogotá, los residuos orgánicos —como cáscaras de frutas y vegetales, restos de alimentos y desechos de composición similar— son tratados para su transformación en abonos orgánicos y mejoradores de suelo, los cuales se destinan principalmente a labores de ornamentación urbana.

La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) ha impulsado esta iniciativa como un proyecto piloto de economía circular, estructurando el proceso a partir de la recolección selectiva de residuos orgánicos generados en conjuntos residenciales y establecimientos dedicados a la comercialización de frutas y verduras en diferentes sectores de la ciudad. Este esfuerzo cobra relevancia si se considera que aproximadamente el 51 % de los residuos producidos por los hogares en la

capital corresponde a fracciones orgánicas, lo que equivale a cerca de 3.440 toneladas diarias. Su aprovechamiento como abono contribuye no solo a la valorización de los residuos, sino también a la reducción de la presión sobre el sitio de disposición final de la ciudad [17].

La Central de Abastos Corabastos – Bogotá (Cundinamarca), la central de abastos más grande de Colombia, implementó una estrategia de aprovechamiento integral de residuos con enfoque de economía circular, se generan más de 450 toneladas diarias de residuos, de las cuales se aprovechan 12 toneladas diarias de alimentos que se donan al Banco de Alimentos de Bogotá, adicionalmente, se creó un sistema de compostaje para residuos orgánicos y se establecieron convenios con recicladores e industrias para el aprovechamiento de cartón, plástico y metales. Esta estrategia permitió reducir significativamente la presión sobre el relleno sanitario y generar ingresos a partir del aprovechamiento [18].

En 2017, el municipio de Vélez formuló un plan de manejo ambiental enfocado en su plaza de mercado, tras identificar impactos como contaminación de fuentes hídricas y proliferación de vectores, se ejecutó una estrategia de educación ambiental que abarcó a comerciantes y usuarios en donde se instalaron puntos ecológicos para clasificación de residuos, reportando una reducción del 30% en la acumulación de residuos en zonas perimetrales, además de la creación de una microempresa de compostaje local que aprovecho los residuos orgánicos para generar abono [19].

El plan implementado en 2017 en esta plaza de mercado de Puente Nacional – Santander se incluyó el levantamiento de un censo de generadores de residuos, identificando volumen y tipo, se definieron rutas selectivas de recolección y se desarrolló una campaña de sensibilización bajo el lema “Mercado Limpio, Pueblo Saludable”, entre los logros más destacados se encuentra la reducción del 35% en la disposición inadecuada de residuos, la creación de espacios adecuados para el almacenamiento temporal y el fortalecimiento de asociaciones de recicladores, que pasaron a ser actores claves en la cadena de aprovechamiento [20].

En la ciudad de Popayán se han formulado e implementado diversas iniciativas orientadas al aprovechamiento de los residuos sólidos. Una de las más relevantes fue la reactivación, en el año 2017, de la planta de transformación de residuos orgánicos proveniente de las plazas de mercado. Este proceso fue impulsado por la Administración Municipal “Vive el Cambio”, durante el periodo de gobierno de César Cristian Gómez, y estuvo enfocado en el tratamiento de los residuos orgánicos generados en las plazas de mercado de los barrios La Esmeralda y Bolívar.

La estrategia priorizó la utilización de sistemas de compostaje, lo que permitió disminuir de manera significativa el volumen de residuos sólidos enviados al relleno sanitario Los Picachos, así como mitigar problemáticas asociadas a la salud pública derivadas de una gestión inadecuada de los residuos en los mercados. De igual forma, la implementación del programa contribuyó a la reducción de vectores de enfermedades y la presencia de roedores.

Desde el componente social, la iniciativa logró la articulación de asociaciones de recicladores del municipio, entre las que se destacan Aremarpo, Recinpayan, Brasoc, Armac y Asocampo. Adicionalmente, se contó con la participación de estudiantes del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y de distintas universidades de la ciudad, quienes se vincularon a través de proyectos de investigación y apoyo técnico. Durante el periodo comprendido entre el inicio del programa y la finalización de la administración en 2019, se procesaron aproximadamente 400 toneladas de residuos orgánicos, lo que permitió la producción cercana a 200 toneladas de abono orgánico, utilizado posteriormente en labores de ornamentación en diferentes sectores de la ciudad [2].

De acuerdo a las cantidades inmediatas de residuos aprovechables en las centrales de comercialización de reciclaje de la ciudad de Popayán, los cuales fueron recolectados mediante una encuesta complementaria al censo de recicladores realizada en septiembre de 2016, se tiene un total de 513,84 ton/mes, en los siguientes porcentajes, se aprecia que el material más comercializado en bodegas y organizaciones es la chatarra ferrosa con el 28%, cartón con 28%, seguido del papel con 18%, plástico, vidrio con 10% y chatarra no ferrosa con 3% [3]. Para el año de formulación del PGIRS no se evidencio aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Se han formulado varios planes y programas en las plazas de mercado de Popayán una de estas propuestas fue la Plaza de Mercado de los Barrios Bolívar y La Esmeralda, durante 2018, se realizó un diagnóstico ambiental de estas plazas de mercado que concluyó con un plan de manejo integral de residuos, se detectaron deficiencias en la separación de residuos orgánicos, plásticos, reciclables y una infraestructura inadecuada para su almacenamiento, como parte de los resultados se capacito a más de 80 comerciantes, se instalaron contenedores diferenciados, proponiendo una estrategia piloto de compostaje, estas acciones permitieron fortalecer la cultura ambiental y mejorar las condiciones sanitarias, reduciendo en un 30% la disposición inadecuada de residuos [21].

Otra de ellas fue en la Plaza de Mercado “Las Palmas” en el año 2019 se llevó a cabo un proyecto centrado en la formulación de un sistema de manejo integral de residuos sólidos para la central de abastos, esta intervención nació como respuesta a problemáticas observadas como acumulación de desechos, olores ofensivos y proliferación de vectores, se implementaron mecanismos de separación en la fuente, capacitaciones a los comerciantes y uso de contenedores rotulados. Como resultado, se logró reducir en un 25% la acumulación diaria de residuos, mejorar el ambiente al interior del mercado y facilitar el trabajo de recicladores, también se propició un cambio cultural hacia practicas sostenibles [22].

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)

Es un enfoque estructurado y sistémico que busca manejar los residuos desde su generación hasta su disposición final, con el objetivo de minimizar los impactos ambientales, sanitarios y sociales, este concepto parte de la necesidad de transformar el tradicional modelo de “recolección – disposición” por uno que promueva la prevención, reducción, reutilización, reciclaje y valorización de residuos, fomentando a la vez una cultura de responsabilidad compartida entre generadores, autoridades e instituciones públicas y privadas [10].

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la GIRS “es el conjunto de políticas, estrategias, programas, proyectos, acciones normativas, operativas y financieras orientadas al manejo adecuado de los residuos sólidos en todo su ciclo de vida” [10]. En otras palabras, se trata de una visión moderna que busca no solo manejar los residuos, sino integrarlos dentro de una economía circular, entre sus principios fundamentales se destacan:

- **Responsabilidad Extendida del Productor (REP)**

Un enfoque de gestión ambiental de los residuos que asigna a los productores una responsabilidad parcial sobre el manejo y la disposición final de los productos una vez estos han cumplido su vida útil. Bajo este principio, los fabricantes, importadores o comercializadores asumen compromisos relacionados con la recolección, el reciclaje y la disposición ambientalmente adecuada de los productos que se convierten en residuos. Esta política tiene como finalidad motivar a las empresas a desarrollar bienes más durables, reciclables y con menor impacto ambiental, impulsando un modelo de economía circular en el cual los materiales permanezcan el mayor tiempo posible dentro del sistema productivo.

En Colombia, este enfoque ha sido incorporado en el marco normativo a través de instrumentos como el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 1407 de 2018, que regulan la gestión de residuos posconsumo asociados a envases y empaques. En la Tabla 1 se presentan algunos ejemplos de productos sujetos al esquema de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en el país [23].

Tabla 1 Ejemplos de productos cubiertos por REP en Colombia

Producto	Responsable	Gestión Esperada
Envases y empaques plásticos	Productores e importadores	Recolección, reciclaje y disposición final
Pilas y baterías usadas	Fabricantes y comercializadores	Centros de acopio y reciclaje seguro
Aparatos eléctricos y electrónicos	Empresas tecnológicas	Recolección y disposición final segura

Fuente: [23]

Este enfoque no solo favorece el reciclaje, sino que también promueve una cultura de corresponsabilidad entre los diferentes actores del ciclo de vida de los productos: productores, consumidores, gobiernos y recicladores.

En el contexto de una plaza de mercado como la de Bello Horizonte en Popayán, la REP puede incluir acuerdos con proveedores para recolectar empaques y envases usados, establecer alianzas con empresas recicladoras y crear programas educativos para los comerciantes sobre el retorno responsable de los residuos.

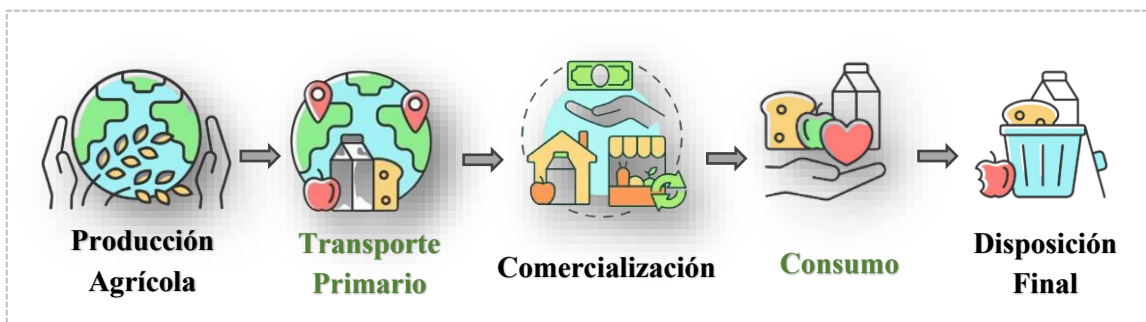
▪ Enfoque de ciclo de vida

Se trata de una metodología orientada a analizar los impactos ambientales asociados a un producto, proceso o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, considerando cada una de las etapas que conforman la cadena de valor, desde la extracción de las materias primas, la fabricación y distribución, hasta su uso y tratamiento final como residuo [24]. En la Figura 1 se presenta una representación del ciclo de vida de un producto típico comercializado en una plaza de mercado, con el objetivo de identificar la secuencia y las fases que atraviesa cada producto desde su origen hasta su disposición final.

Este enfoque promueve decisiones más sostenibles al considerar no solo el impacto que un residuo puede tener en el momento de su disposición, sino también como fue generado y que alternativas existen para reducir su impacto ambiental total, la importancia en la Gestión de Residuos Sólidos en el contexto de las plazas de mercado como Bello Horizonte, donde se generan diariamente residuos orgánicos, empaques, plásticos, cartones y restos de productos, se pueden identificar etapas críticas del proceso donde se concentra mayor generación de residuos, proponer mejoras desde la fuente del producto hasta su desecho, incluir el análisis de huella de carbono, huella hídrica y energía embebida

De este modo, las estrategias de reciclaje o compostaje ya no son solo soluciones al final de la cadena, sino parte de un sistema preventivo y circular.

Figura 1 Ciclo de vida de un producto común de plaza de mercado



Fuente: Adaptado [24]

La aplicación del Enfoque del Ciclo de Vida (ECV) en plazas de mercado como la de Bello Horizonte puede realizarse sobre diversos productos comercializados en este tipo de escenarios, permitiendo analizar sus impactos ambientales a lo largo de todas las etapas de su cadena de valor. En la Tabla 2 se presenta ejemplos de la aplicación del ECV en productos representativos de las plazas de mercado, considerando desde su origen hasta su disposición final como residuo

Tabla 2 Aplicación del ECV en plazas de mercado

Productiva	Fase crítica del ciclo	Mejora propuesta
Bolsas plásticas	Consumo y disposición final	Incentivar reutilización o cambio por biodegradables
Cajas de cartón	Postventa (residuo visible)	Acuerdo con recicladores formales para recuperación
Restos de frutas y verduras	Uso y disposición	Sistema de compostaje o biodigestores comunitarios
Envases de productos procesados	Consumo y recolección	Implementar REP con empresas proveedoras

Fuente: Elaboración Propia

Componentes de la GIRS

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) se basa en una serie de etapas articuladas que comprenden todas las fases del manejo de los residuos, desde el momento en que se generan hasta su tratamiento y disposición final. Cada uno de estos procesos desempeña una función esencial para asegurar que la gestión de los residuos se realice de manera eficiente, sostenible y ambientalmente responsable. En la Tabla 3 se describen los principales componentes que conforman la GIRS, los cuales permiten entender de forma integral el recorrido y tratamiento de los residuos sólidos.

Tabla 3 Componentes de la GIRS

Etapas	Descripción
Generación	Identificación de la cantidad y tipo de residuos producidos
Separación en la fuente	Clasificación de residuos en orgánicos, reciclables y peligrosos
Recolección selectiva	Transporte diferenciado según el tipo de residuo
Almacenamiento	Disposición temporal de residuos de forma segura y ordenada

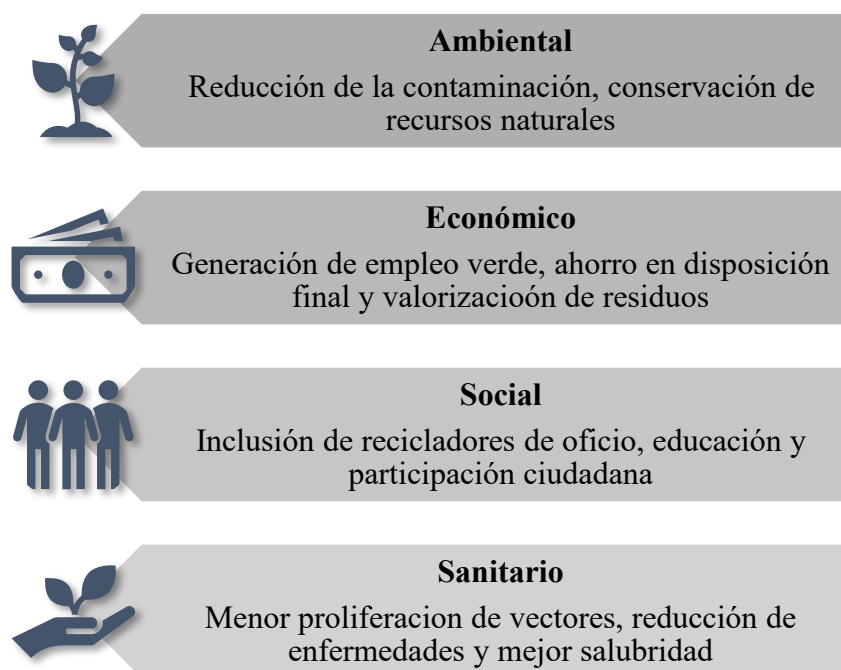
Tratamiento y aprovechamiento	Compostaje, reciclaje, valorización energética y otras formas de aprovechamiento
Disposición final	Eliminación segura del residuo no aprovechable (rellenos sanitarios, vertedero)

Fuente: [10], [11]

Beneficios de implementar una GIRS

La implementación de una GIRS trae consigo múltiples beneficios como lo podemos observar en la siguiente Figura 2, esto hace que permita contribuir al cumplimiento de normativas ambientales y mejora la imagen de los centros urbanos, como plazas de mercado.

Figura 2 Beneficios de implementar una GIRS



Fuente: *Elaboración Propia*

2.2.2. Separación en la fuente y clasificación de residuos

Los generadores de residuos, incluidos hogares, establecimientos comerciales e instituciones, realizan la clasificación de los desechos en el mismo punto donde se producen, lo que permite una recolección diferenciada y un tratamiento posterior más eficiente. Esta práctica constituye un elemento fundamental para optimizar la gestión de los residuos y reducir sus efectos negativos sobre el ambiente y la salud pública. En este contexto, la Resolución 2184 de 2019 [25] establece un sistema de codificación por colores para la separación de residuos, tal como se ilustra en la

Figura 3. Dicha normativa tiene como propósito estandarizar y facilitar la separación en la fuente a nivel nacional, fomentando una cultura orientada al reciclaje y al aprovechamiento de los residuos.

Figura 3 Separación en la fuente



Fuente: [25]

La implementación de la separación en la fuente genera múltiples ventajas de carácter ambiental, social y económico. Al realizar la clasificación de los residuos en el mismo lugar donde se producen, se optimizan los procesos de reciclaje y aprovechamiento de materiales, lo que permite disminuir de manera considerable el volumen de desechos que es enviado a los rellenos sanitarios.

- Beneficios ambientales: Contribuye a la reducción de la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua, limita la emisión de gases de efecto invernadero y favorece la conservación de los recursos naturales.
- Beneficios económicos: Impulsa la generación de empleo en la cadena del reciclaje y reduce los costos asociados a la disposición final de los residuos.
- Beneficios sociales: Mejora las condiciones laborales y de vida de los recicladores y promueve el desarrollo de una cultura ciudadana basada en la responsabilidad ambiental.

De acuerdo con la Secretaría de Ambiente de Bogotá, la separación en la fuente desempeña un papel fundamental en el aprovechamiento de los residuos, permitiendo su transformación en energía, la elaboración de nuevos productos y la producción de compost destinado a actividades agrícolas y de jardinería [26].

2.2.3. Caracterización de Residuos

Es una etapa técnica esencial dentro de cualquier sistema de gestión integral de residuos, especialmente en entornos como las plazas de mercado, este proceso permite conocer de manera precisa la composición, cantidad y origen de los residuos generados, lo cual facilita la formulación de estrategias adecuadas para su manejo, tratamiento y disposición final.

En términos sencillos, caracterizar un residuo significa identificar qué tipo de desecho es, cuánto se genera y con qué frecuencia, para así comprender su comportamiento en el sitio de origen y su potencial de aprovechamiento o tratamiento, a continuación, en la Tabla 4 tenemos las variables que se analizan en la caracterización, durante este proceso, se recopilan y analizan los siguientes aspectos.

Tabla 4 Variables que se analizan en la caracterización

Variable	Descripción
Peso total	Cuanto se genera diariamente o semanalmente
Tipo de residuo	Orgánicos, reciclables, no aprovechables, peligrosos
Frecuencia de generación	Hora, día o temporada de mayor volumen
Origen	Que actividades generan más residuos (ventas de frutas, carnes, abarrotes, etc.)
Estado del residuo	Fresco, contaminado, limpio, separado, mezclado

Fuente: [27]

Métodos de muestreo de residuos sólidos

El análisis adecuado de los residuos sólidos requiere una selección representativa del material a estudiar, dado que resulta inviable evaluar la totalidad de los residuos generados en un área como una plaza de mercado, es necesario aplicar métodos de muestreo confiables que garanticen la calidad de los datos obtenidos, estos métodos permiten caracterizar los residuos, establecer su cantidad, tipo, frecuencia de generación y, a partir de ello, diseñar estrategias sostenibles para su manejo y aprovechamiento [28]. Esto garantiza que una fracción de residuos seleccionada represente adecuadamente a la totalidad, siendo indispensable para diferentes áreas como ambientales, económicas y sanitarias.

- **Método aleatorio simple:** Consiste en seleccionar muestras de residuos al azar, sin seguir un patrón definido, es útil cuando la población de residuos es homogénea y no existen muchas diferencias entre sectores.
- **Método estratificado:** Se divide la población de residuos en estratos homogéneos (por ejemplo, residuos de carnicería, frutas, comida preparada) y se toma una muestra proporcional de cada grupo, ideal para lugares con alta diversidad de residuos, como plazas de mercado.
- **Método sistemático:** Se seleccionan muestras a intervalos regulares (por ejemplo, cada 5 bolsas recolectadas), este método es útil para mantener constancia en el tiempo.
- **Muestreo por conglomerados:** Aquí se eligen agrupaciones físicas completas, como un grupo de puestos o una sección del mercado, se toma una muestra completa de cada conglomerado seleccionado.
- **Método por volumen o peso:** Este método consiste en extraer una proporción de los residuos (según peso o volumen) previamente definidos,

es común en caracterizaciones físicas donde se analiza una fracción representativa del total recogido en un día [29].

- **Método de cuarteo:** Es una técnica muy utilizada para reducir el volumen de una muestra sin perder representatividad, es especialmente útil en estudios donde se deben manejar grandes volúmenes de residuos sólidos, como plazas de mercado o centros logísticos.

2.2.4. Evaluación Ambiental

La Evaluación Ambiental es un proceso integral de diagnóstico y valoración que permite comprender cómo las actividades humanas pueden afectar el entorno natural y social antes de implementar intervenciones, en el ámbito de las plazas de mercado, donde se generan volúmenes significativos de residuos sólidos, esta evaluación es esencial para diseñar acciones preventivas, correctivas o compensatorias que aseguren condiciones ambientales saludables y sostenibilidad a largo plazo [30].

2.2.5. Evaluación de Impactos Ambientales

Se trata de un procedimiento de carácter técnico, normativo y administrativo cuyo propósito fundamental es reconocer, anticipar y evaluar los posibles efectos que una obra, actividad o proyecto puede generar sobre el entorno natural y la salud humana. Esta herramienta cumple una función preventiva, ya que permite, antes de la ejecución de cualquier intervención, adoptar decisiones fundamentadas orientadas a prevenir, mitigar, compensar o suprimir los impactos ambientales adversos, así como a fortalecer aquellos de carácter positivo [7].

Este proceso adquiere especial relevancia en proyectos vinculados con la gestión de residuos sólidos, dado que estos pueden generar impactos significativos, tales como la contaminación del suelo, del recurso hídrico y del aire, la proliferación de vectores, la degradación del paisaje y el deterioro de la salud pública, particularmente en contextos urbanos densamente poblados como las plazas de mercado. A través de este procedimiento es posible definir medidas preventivas, correctivas y compensatorias que garanticen que las actividades humanas no afecten negativamente la calidad ambiental ni el bienestar de la población. En la Tabla 5 se presentan las etapas principales que conforman este proceso.

Tabla 5 Etapas del Proceso de Evaluación Ambiental

Etapas	Descripción
Diagnostico ambiental	Recolección de información sobre el entorno natural y social antes del proyecto
Identificación de impactos	Análisis de los posibles efectos directos, indirectos, acumulativos o sinérgicos
Valoración de impactos	Asignación de magnitudes e importancia a los efectos identificados

Propuesta de medidas	Formulación de acciones de mitigación, compensación o corrección
Seguimiento y control	Establecimiento de mecanismos de monitoreo y cumplimiento ambiental

Fuente: Elaboración Propia, [7]

Técnicas Complementarias en la Evaluación

Son métodos auxiliares que refuerzan la calidad del diagnóstico ambiental, facilitan la interpretación de datos complejos y optimizan la toma de decisiones, estas técnicas, al ser aplicadas junto con los métodos tradicionales, amplían la comprensión del entorno físico, biológico y social, permitiendo valorar mejor la magnitud y significancia de los impactos previstos [7], entre las herramientas más usadas en el proceso de EIA se encuentran:

- **Matriz de Leopold:** relaciona actividades y componentes del medio, permitiendo identificar interacciones causa-efecto.
- **Matriz de Conesa:** valora cuantitativamente los impactos, priorizando su importancia.
- **Georreferenciación:** permite identificar espacialmente las áreas de mayor sensibilidad.
- **Monitoreo participativo:** involucra a la comunidad para garantizar transparencia y corresponsabilidad [31].

En el desarrollo de este proyecto se hará uso específico una técnica de evaluación fundamentales para la identificación y evaluación de impactos ambientales: la matriz de Leopold y Conesa.

2.2.6. Estrategias de Manejo y Aprovechamiento de Residuos Sólidos

El punto de partida en el manejo adecuado es la prevención en la generación de residuos, seguida de su valorización, esto implica aplicar la jerarquía de residuos: reducir, reutilizar, reciclar y solo como último recurso, disponer, en este contexto, los residuos orgánicos pueden transformarse en compost o biogás, mientras que materiales reciclables como cartón, vidrio o plástico pueden reincorporarse a la cadena productiva [32].

Estrategias para plazas de mercado

Las plazas de mercado son espacios vitales para la economía local, caracterizados por una intensa dinámica comercial y una alta generación de residuos sólidos, especialmente orgánicos, las condiciones hacen necesario el diseño de estrategias de manejo diferenciadas y adaptadas a sus particularidades, en este contexto, implementar acciones específicas no solo contribuye a mejorar la salubridad y el orden del entorno, sino que también permite aprovechar los residuos como recursos, favoreciendo prácticas más sostenibles y responsables con el medio

ambiente, dada la diversidad de residuos en estos espacios, las estrategias deben dividirse como lo veremos a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6 Estrategias para plazas de mercado

Tipo de Residuo	Estrategia de Manejo	Beneficios Esperados
Orgánicos	Compostaje o biodigestión	Reducción de lixiviados y generación de abono
Reciclables	Clasificación en origen y alianzas con recicladores	Aumento en tasas de recuperación y economía circular
Inorgánicos no reciclables	Reducción en fuente, sustitución de empaques	Disminución del volumen total
Peligrosos	Recolección diferenciada y disposición técnica segura	Protección de la salud pública

Fuente: Adaptado de MinAmbiente [11]

2.3. BASES LEGALES

El desarrollo de un sistema integral para el manejo de residuos sólidos en la Plaza de Mercado del Barrio Horizonte, en Popayán, se encuentra respaldado por un conjunto normativo bastante amplio, tanto a nivel nacional como local, estas disposiciones legales buscan garantizar la adecuada gestión de los residuos, protegiendo tanto el medio ambiente como la salud pública, a continuación en la Tabla 7, se detallan las normas más relevantes que orientan esta propuesta.

Tabla 7 Marco Legal

Normativa	Descripción
Ley 99 de 1993	Con esta ley se creó el Ministerio de Medio Ambiente y se dio origen al Sistema Nacional Ambiental (SINA), esta norma introduce el principio de desarrollo sostenible y plantea la necesidad de una gestión ambiental planificada y responsable, también hace énfasis en la prevención y el control de la contaminación, aspectos clave para el manejo de residuos en entornos como las plazas de mercado.
Resolución 0754 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Esta resolución define los parámetros técnicos y metodológicos para la formulación y ejecución de los PGIRS, asimismo, resalta el papel de los grandes generadores de residuos, como las plazas de mercado, y establece la obligación de implementar estrategias de reducción, separación en la fuente y aprovechamiento de materiales reciclables.
Decreto 596 de 2016	Este decreto regula la participación recicladores en la presentación del servicio de aseo, promoviendo su inclusión en procesos de aprovechamiento de residuos, se trata de una norma con enfoque social que reconoce el papel de estas organizaciones y su contribución a la economía circular, especialmente en lugares donde se genera gran volumen de material reciclable, como en las plazas de mercado.
Normativa Local del Municipio de Popayán	A nivel territorial, Popayán cuenta con su propio Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, donde se establecen acciones concretas para el manejo de residuos en sectores comerciales, también existen disposiciones locales, como decretos y acuerdos municipales, que regulan el uso del espacio público, el control de la contaminación y la educación ambiental, estos instrumentos complementan el marco nacional y deben ser considerados en el diseño del sistema propuesto.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de diseñar un sistema integral de gestión de residuos sólidos para la Plaza de Mercado del barrio Bello Horizonte, localizada en la ciudad de Popayán. Con el fin de alcanzar este objetivo, se definió una metodología estructurada en tres fases interrelacionadas, alineadas con los objetivos específicos de la investigación. Cada una de estas fases se desarrolló a través de diversas actividades que permitieron recopilar y consolidar información de carácter técnico, ambiental y social, indispensable para la formulación de estrategias orientadas al manejo adecuado de los residuos sólidos.

3.1. FASE 1: DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE LA PLAZA DE MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.

Esta etapa constituyó el punto de partida de la investigación y tuvo como finalidad definir una línea base sobre la situación actual relacionada con la generación y el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte. A través del diagnóstico se logró identificar los volúmenes y tipologías de residuos producidos, los actores que intervienen en su gestión y las prácticas vigentes de recolección, almacenamiento y disposición final. Para alcanzar estos resultados, se desarrollaron cuatro actividades principales que comprendieron la recopilación de información secundaria, el reconocimiento directo del área de estudio, la aplicación de encuestas a los comerciantes y una caracterización física de los residuos generados.

3.1.1. Actividad 1: Recolección y análisis de documentación institucional

En el desarrollo de la fase inicial, se realizó la recopilación de información secundaria relacionada con la gestión de residuos sólidos en plazas de mercado del municipio de Popayán, con énfasis en la central de abastos. Para tal fin, se solicitó documentación a la Alcaldía Municipal, específicamente a la Secretaría de Hacienda y a la Dirección Administrativa de Fomento Económico (DAFE) [3], así como a la empresa encargada de la prestación del servicio de aseo, Urbaser S.A. E.S.P. [33].

El material consultado comprendió estudios técnicos, trabajos monográficos, informes institucionales y fuentes académicas vinculadas a la gestión y el manejo de los residuos sólidos. De manera complementaria, se obtuvo información secundaria sobre las cantidades de residuos dispuestas en el relleno sanitario Los Picachos, lo que permitió contextualizar los niveles de generación asociados a la plaza de mercado objeto de análisis.

La revisión documental se realizó con base en criterios previamente definidos, orientados a garantizar la pertinencia, actualidad y relevancia de la información recopilada. En la Tabla 8 se presentan los criterios de búsqueda empleados para la recolección de la información, los cuales guiaron de manera sistemática el proceso de consulta y análisis de las fuentes.

Tabla 8 Criterios de búsqueda para la recolección de información

Criterio de Búsqueda	Descripción
Año de publicación	Documentos con al menos 3 años de diferencia entre estudios comparables
Número de comerciantes	Informes que identificaran la cantidad de vendedores activos en cada plaza
Caracterización de residuos	Enfoque específico en residuos municipales de plazas de mercado
Información espacial	Mapas, fotografías georreferenciadas y puntos de disposición o recolección

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Actividad 2: Visita técnica para reconocimiento del manejo de residuos

Se realizó una visita técnica de observación directa a la plaza de mercado con el objetivo de reconocer las condiciones físicas del lugar y analizar las prácticas actuales de manejo de residuos sólidos, la observación en campo es un método ampliamente utilizado en estudios ambientales, ya que permite recopilar información directa y contextualizada sobre los procesos operativos y las dinámicas reales del sitio evaluado [34].

Durante la visita se identificaron los puntos de almacenamiento de residuos tanto a nivel individual (puestos de venta) como colectivo (contenedores generales), así como las rutas internas de recolección empleadas para su traslado, esta actividad permitió contrastar la información documental recopilada previamente con la realidad operativa del lugar, facilitando la construcción de un panorama actualizado sobre el funcionamiento cotidiano del sistema de gestión de residuos sólidos.

Para el registro sistemático de los hallazgos y evidencias visuales se utilizó una bitácora de campo, instrumento que permitió documentar observaciones cualitativas relacionadas con el tipo de residuo generado, la frecuencia de recolección y el método de disposición final, posteriormente, la información registrada fue organizada y clasificada según estas categorías, lo cual favoreció el análisis e interpretación de los datos obtenidos [35].

Dentro del desarrollo metodológico del estudio, se elaboró y aplicó una lista de verificación orientada al diagnóstico ambiental, con el propósito de homogenizar el proceso de recolección de datos y apoyar tanto el análisis cualitativo como el cuantitativo. Este instrumento facilitó la identificación de elementos clave relacionados con las condiciones ambientales, así como con los procesos de almacenamiento, recolección y disposición de los residuos sólidos al interior de la plaza de mercado, en coherencia con los lineamientos generales establecidos para la evaluación de sistemas de gestión ambiental [36]. La estructura y el procedimiento de aplicación de la lista de chequeo se muestran en la Figura 4.

Figura 4 Lista de chequeo para el diagnóstico ambiental

LISTA DE CHEQUEO PARA EL DIAGNOSTICO AMBIENTAL	
1. Presencia de olores desagradables	
SI	
NO	
Descripción del tipo de olor (si aplica):	
2. Tipos de residuos presentes	
Orgánicos	
Inorgánicos reciclables	
Inorgánicos no reciclables	
Peligrosos (biológicos, cortopunzantes, etc.)	
Observaciones adicionales:	
3. Zonas de generación de residuos	
Descripción de las áreas específicas donde se generan residuos:	
4. Clasificación de residuos en el origen	
SI	
NO	
¿Cómo se realiza?	
5. Prácticas de manejo observadas	
Almacenamiento:	
Separación:	
Recolección:	

6. Rutas internas de recolección	
Definidas	
No definidas	
Descripción de las rutas y frecuencia de recolección:	
7. Infraestructura disponible para manejo de residuos	
Contenedores adecuados	
Señalización visible	
Zonas de almacenamiento transitorio	
Observaciones sobre su estado y suficiencia:	
8. Existencia de una política ambiental institucional	
SI	
NO	
¿Está implementada y socializada entre los comerciantes y trabajadores?	

Fuente: Adaptado de [35]

3.1.3. Actividad 3: Identificar el manejo de los residuos generados en la plaza de mercado

Como complemento al diagnóstico, se llevó a cabo la aplicación de una encuesta estructurada dirigida a los comerciantes de la plaza, con el propósito de identificar sus percepciones, comportamientos y requerimientos en relación con la gestión de los residuos sólidos. El instrumento fue diseñado a partir de preguntas cerradas y de selección múltiple, organizadas en tres ejes temáticos: nivel de conocimiento ambiental, prácticas asociadas a la separación y disposición de los residuos, y disposición a participar en iniciativas de aprovechamiento. Tal como se muestra en la Figura 5, algunas de las preguntas estuvieron orientadas a evaluar la separación en la fuente [36], el conocimiento sobre rutas y horarios de recolección, las formas de disposición final de los residuos y la participación en programas de reciclaje u otras alternativas de valorización.

Figura 5 Encuesta

ENCUESTA SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA PLAZA DE MERCADO BELLO HORIZONTE

FECHA: ____/____/____

OCUPACION: _____

Objetivo: identificar las clases de residuos solidos y como se generan desde los diferentes negocios, así mismo el almacenamiento y disposición de estos.

- 1) Que clase de producto se genera en su negocio
 - a) Restos de comida
 - b) Resto de frutas o verduras
 - c) Madera
 - d) Papel
 - e) Plástico
 - f) Latón
 - g) Vidrio
- 2) Donde depositan o almacenan los residuos sólidos en su negocio
 - a) Caneca
 - b) Costal
 - c) Piso
 - d) Bolsa Plástica
 - e) Otros
- 3) Usted clasifica o separa los residuos solidos generados en su negocio
 - a) Si
 - b) No
- 4) Que realiza con sus residuos cuando se llena su recipiente de almacenamiento
 - a) Se los entregan aun reciclador
 - b) Se lo entregan a la empresa de aseo
 - c) Los deposita en el shut de residuos de la plaza
 - d) Se lo lleva
 - e) Otra _____
- 5) La plaza de mercado cuenta con ruta interna de recolección de residuos
 - a) Si
 - b) No
- 6) Si hay ruta de recolección dentro de la plaza, con que frecuencia se recolectan estos
 - a) Diario
 - b) Tres veces por semana
 - c) Una vez por semana
- 7) Cuál es la calificación con respecto al servicio de recolección y almacenamiento que se maneja en la plaza de mercado.
 - a) Buena
 - b) Regular
 - c) Mala

Fuente: Adaptado de [35]

Para determinar el tamaño de la muestra se empleó la fórmula para población finita, considerando el total de comerciantes activos y un margen de error aceptable, adaptada al universo de comerciantes registrados en la plaza:

$$n = \frac{K^2 * p * q * N}{E^2(N - 1) + K^2 * p * q}$$

Fuente: [73]

Donde:

n= Tamaño de muestra

K= Valor correspondiente al nivel de confianza (1.96 para 95%)

p= Proporción esperada de la característica de interés en la población (0.5 en caso de desconocimiento)

$q = (1-p)$ la proporción complementaria

N = Número total de comerciantes

E = Margen de error (0.05 para un 5%)

Los resultados fueron tabulados y analizados con técnicas de estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes), lo que permitió identificar tendencias y debilidades en la gestión de residuos.

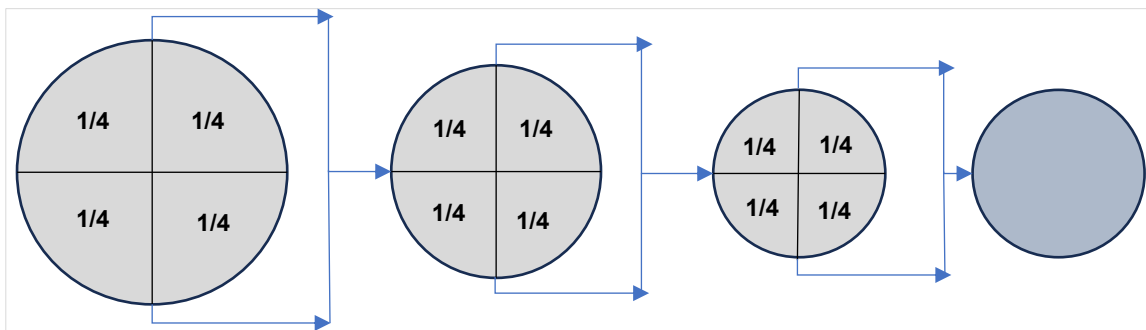
3.1.4. Actividad 4: Caracterización física de residuos sólidos

Una actividad clave fue la caracterización física de los residuos generados, conforme a la Resolución 0754 de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia [11], para este proceso, se aplicó el método de cuarteo, como lo indica la Figura 6.

La técnica consistió en:

1. Recolección de una muestra bruta.
2. Dividir una muestra representativa de residuos en cuatro partes iguales
3. Mezcla cruzada de dos partes opuestas.
4. Descarte de una fracción y nueva reducción progresiva hasta obtener la submuestra final con el peso deseado.

Figura 6 Método de Cuarteo



Fuente: [11]

Con la muestra obtenida, se clasificaron los residuos según su tipo (orgánicos, plásticos, cartón, etc.), y se determinó el porcentaje de participación de cada uno mediante la siguiente Ecuación 2:

Ecuación 1 Cálculo de Porcentaje

$$\% R. S_i = \frac{\text{Cantidad de } R. S_i}{\text{Cantidad Total de Residuos de la muestra}} * 100\%$$

Fuente: [74]

Esta actividad fue fundamental para definir los componentes críticos de la gestión y plantear estrategias diferenciadas para el aprovechamiento de los residuos, donde

garantizó la representatividad y homogeneidad de la muestra, permitiendo clasificar los residuos por tipo y calcular su porcentaje en relación con el total.

3.2. FASE 2: IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tuvo como propósito analizar de forma detallada las consecuencias ambientales derivadas de las prácticas actuales en la gestión de residuos dentro de la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte, para ello, se aplicaron herramientas de evaluación de impactos ambientales que permitieron identificar y clasificar los efectos negativos generados sobre el entorno natural y la salud humana, considerando tanto la frecuencia como la magnitud de dichos impactos, este análisis fue fundamental para establecer medidas de mitigación y estrategias de manejo diferenciadas.

3.2.1. Actividad 1: Evaluación de impactos ambientales

Para la evaluación de los impactos ambientales se emplearon los siguientes instrumentos: la matriz de Leopold como herramienta metodológica para evaluar las relaciones de causa–efecto entre las actividades desarrolladas en la plaza de mercado y los impactos ambientales generados [37]. Esta matriz permite identificar de manera sistemática los impactos mediante el cruce de acciones humanas con componentes ambientales susceptibles de afectación. Los criterios considerados incluyeron la observación directa, entrevistas a comerciantes y evidencia fotográfica, así como variables como la probabilidad de ocurrencia, duración, reversibilidad y grado de afectación a la comunidad comercial. Lo anterior permitió obtener una valoración semi-cuantitativa del riesgo ambiental, que sirvió de base para el análisis posterior. En la Figura 7 se presenta la matriz de Leopold adaptada al contexto de la plaza de mercado.

La matriz de Leopold fue seleccionada por su capacidad para identificar de forma clara y estructurada los impactos ambientales en escenarios con múltiples actividades y limitada información cuantitativa, como las plazas de mercado. De manera complementaria, se empleó la matriz de Conesa con el fin de profundizar en la valoración de la importancia ambiental de los impactos previamente identificados, permitiendo su jerarquización y priorización. La aplicación conjunta de ambas matrices fortaleció el análisis ambiental, al integrar una identificación sistemática de impactos con una valoración cuantitativa de su relevancia, facilitando la definición de estrategias de manejo ambiental acordes al contexto evaluado [37].

Figura 7 Matriz de Leopold Aplicada en la Plaza de Mercado

Componente y aspectos ambientales		Posibles impactos identificados	Actividades en las plazas de mercado					Total de impactos por aspectos		
Componente	Aspecto		1	2	3	4	5	Verde	Amarillo	Rojo
Atmosferico	Calidad del aire	Emisiones de oleores y gases ofensivos								
	Molestias a la comunidad	Generacion de ruido								
Suelo	Contaminacion del suelo	Generacion de residuos solidos								
		Generacion de lixiviados								
Hidrico	Componente de agua superficial	Aporte de sedimentos								
		Aporte de sustancias toxicas								
		Generacion de vertimientos								
Biotico	Ecosistema	Resistencia a plagas								
Paisajistico	Calidad visual	Calidad del paisaje								
Socio-Economico	Calidad de vida	Generacion de empleo								
		Ingresos								
	Salud	Enfermedades por vectores y quimicos								
	1	2	3		4		5			
	Descargue	Limpieza y separacion	Distribucion y comercializaci		Almacenamiento		Transporte			

Fuente: Adaptada de [38]

En la Tabla 9, se evalúan los impactos ambientales de distintas actividades de manejo de residuos sobre componentes como aire, suelo, agua, salud y fauna.

Cada celda muestra intensidad / importancia del impacto (valores negativos = impactos adversos); los colores resaltan los impactos más graves.

Tabla 9 Matriz de Leopold

Actividades / Componentes	Calidad del aire	Suelo	Aguas superficiales	Salud humana	Paisaje urbano	Fauna urbana	Ruido ambiental
1. Generación de residuos orgánicos	-4 / 3	-5 / 4	-3 / 2	-6 / 4	-2 / 2	-2 / 1	-
2. Disposición inadecuada de residuos	-6 / 5	-7 / 6	-6 / 5	-7 / 5	-3 / 2	-3 / 2	-
3. Ausencia de separación en la fuente	-3 / 2	-4 / 3	-2 / 1	-5 / 3	-1 / 1	-1 / 1	-
4. Almacenamiento prolongado	-4 / 3	-4 / 3	-5 / 4	-6 / 4	-2 / 1	-3 / 2	-1 / 1
5. Recolección irregular	-3 / 2	-4 / 3	-4 / 3	-5 / 3	-1 / 1	-2 / 1	-
6. Quema de residuos ocasional	-7 / 5	-5 / 4	-6 / 4	-8 / 6	-3 / 2	-2 / 1	-3 / 2

Legenda: Cada celda muestra el impacto como: Intensidad / Importancia.

Los valores van de -10 (muy negativo) a +10 (muy positivo).

Ejemplo: -6 / 5 → Impacto negativo alto con importancia media-alta.

Celda vacía significa impacto no significativo o no aplicable.

3.2.2. Actividad 2: Determinación de la importancia ambiental

Una vez completada la matriz de Leopold, se procedió a realizar un análisis más detallado de la significancia de los impactos identificados mediante la fórmula de Importancia Ambiental Potencial (IAP), propuesta por Vicente Conesa [39], esta herramienta cuantitativa permite valorar de forma integral los impactos, considerando múltiples variables que influyen en la gravedad y extensión del efecto ambiental, la aplicación de esta metodología en el contexto de la plaza de mercado resultó pertinente, debido a la variedad de actividades desarrolladas y al tipo diverso de residuos generados, lo cual puede generar impactos ambientales acumulativos, sinérgicos o con difícil reversibilidad.

Para cada uno de los impactos identificados en la matriz de Leopold, se asignaron valores numéricos a los once parámetros que contempla la Ecuación 3, esta valoración fue realizada mediante observación directa, entrevistas con personas locales y revisión bibliográfica de estudios previos, los criterios de evaluación incluyeron tanto factores físicos (como duración y extensión del impacto), como factores sociales (como periodicidad e impacto sobre la comunidad).

La ecuación utilizada fue:

$$I.A.P = N * (3 + I + 2 * Ex + Po + Du + Rv + SI + Ac + EF + Pr + Mc)$$

Fuente: [39]

El desarrollo del cálculo de la Importancia Ambiental Potencial (IAP) se realiza a partir de la aplicación de la anterior ecuación integral que permite cuantificar la magnitud de los impactos ambientales identificados, el cual incorpora múltiples factores que influyen en la severidad y trascendencia de cada impacto.

Donde cada variable representa:

N: Naturaleza (positiva o negativa) del impacto.

I: Intensidad del efecto.

Ex: Extensión espacial del impacto.

Po: Posibilidad o probabilidad de ocurrencia.

Du: Duración temporal del impacto.

Rv: Reversibilidad del impacto.

SI: Sinergia con otros efectos.

Ac: Capacidad de acumulación del impacto.

EF: Tipo de efecto (directo o indirecto).

Pr: Periodicidad (frecuencia con la que ocurre).

Mc: Capacidad del medio de recuperación o mitigación.

La sumatoria de estos elementos, multiplicada por la naturaleza del impacto, da como resultado un valor total que debe ser interpretado con base en una escala cualitativa. En la siguiente Figura 8 se presenta dicha escala, que traduce los valores obtenidos en categorías de relevancia ambiental, facilitando así la priorización de los impactos en función de su gravedad.

Ambas matrices se emplean de manera complementaria para lograr una evaluación ambiental integral. La matriz de Leopold se utiliza para identificar y relacionar las actividades de manejo de residuos sólidos en la plaza de mercado con los factores ambientales afectados, permitiendo reconocer de forma estructurada los impactos potenciales. Por su parte, la matriz de Conesa se enfoca en valorar la importancia de dichos impactos y jerarquizarlos, facilitando la priorización de aquellos que requieren medidas de manejo, mitigación o control más estrictas.

Figura 8 Matriz de Conesa

PARAMETRO	VALOR	PARAMETRO	VALOR
Naturaleza (signo)		Sinergia (SI) sumatoria de impactos simples y simultáneos	
Negativo	-1	Sin sinergismo (Ss)	1
Positivo	1	Sinérgico (Sn)	2
Extensión (Ex) área de influencia		Muy sinérgico (Ms)	4
Puntual (Pu)	1	Acumulación (Ac) incremento progresivo	
Parcial (Pa)	2	Indirecto (In)	1
Extensa (Ex)	4	Directo (Dr)	4
Total (Tt)	8	Periodicidad (Pr) regularidad de la manifestación	
Crítica (Cr)	12	Irregular y discontinuo (Ir)	1
Duración (Du) permanencia del efecto		Periódico (Pe)	2
Fugaz (Fg)	1	Continuo (Co)	4
Temporal (Tm)	2	Recuperabilidad (Mc) reconstrucción por medios humanos	
Permanente (Pm)	4	Inmediata (In)	1
Intensidad (I) grado de incidencia		A medio plazo (Mp)	2
Baja (Ba)	1	Mitigable (Me)	4
Media (Md)	2	Irrecuperable (Irr)	8
Alta (Al)	4		
Total (Tt)	12		
Probabilidad de ocurrencia (PO) plazo de manifestación			
Largo plazo (Lp)	1		
Mediano plazo (Mp)	2		
Inmediato (In)	4		
Crítico (Cr)	8		
Reversibilidad (Rs)			
Corto plazo (Cr)	1		
Mediano plazo (Mp)	2		
Irreversible (Irv)	4		

Fuente: [40]

Los resultados obtenidos fueron interpretados en una escala cualitativa presentada en la Tabla 10 que permite clasificar los impactos en función de su criticidad:

Tabla 10 Escala Cualitativa (IAP)

Valor IAP	Clasificación Cualitativa
0 - 25	Irrelevante (Irr)
26 - 50	Moderada (Md)
51 - 75	Severa (Se)
> 76	Crítica (Cr)

Fuente: [40]

Esta herramienta permitió jerarquizar los impactos ambientales en función de su relevancia y urgencia de intervención, donde se facilitó la propuesta de medidas correctivas y preventivas orientadas a la mitigación de impactos severos y críticos, mejorando así la gestión ambiental integral de la plaza de mercado.

3.3. FASE 3: FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Esta etapa se centró en la formulación de alternativas operativas y sostenibles orientadas a optimizar la gestión y el aprovechamiento de los residuos sólidos producidos en la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte. Para tal fin, se articularon los resultados del diagnóstico y de la evaluación ambiental, lo que permitió definir líneas de intervención específicas. El desarrollo de esta fase se enfocó en la propuesta de soluciones diferenciadas para el manejo de residuos orgánicos, residuos inorgánicos y para la disminución del volumen total generado, incorporando consideraciones de carácter técnico, económico y social.

3.3.1. Actividad 1: Priorización de residuos y formulación inicial de estrategias

Se realizó un cruce sistemático de la información recolectada durante la fase de diagnóstico con los resultados de la evaluación de impactos ambientales, este análisis permitió identificar los residuos de mayor incidencia en la plaza de mercado, así como las actividades críticas responsables de su generación. A partir de esta priorización, se estableció un orden lógico para la formulación de tres estrategias base orientadas a mejorar la gestión de residuos y mitigar sus impactos negativos, las cuales se presentan en la Figura 9, dichas estrategias fueron diseñadas considerando el contexto operativo y social de la plaza de mercado, así como las condiciones actuales de almacenamiento, separación y disposición final [41].

Figura 9 Estrategias de priorización



Fuente: Elaboración Propia

Estrategia 1. Gestión integral de residuos orgánicos mediante aprovechamiento y producción de abonos

Esta estrategia se fundamenta en la aplicación de principios de la ingeniería ambiental orientados al aprovechamiento técnico de los residuos orgánicos, los cuales representan la fracción de mayor volumen y potencial de valorización en las plazas de mercado [42], la propuesta contempla la implementación de un sistema de separación en la fuente, mediante contenedores diferenciados y señalizados, ubicados en los puntos de mayor generación, lo cual es una condición indispensable para la eficiencia de los tratamientos biológicos posteriores [43], desde el punto de vista operativo, se plantea el almacenamiento temporal controlado de los residuos orgánicos en recipientes adecuados, con el fin de prevenir lixiviados, olores ofensivos y proliferación de vectores, en concordancia con los lineamientos técnicos para la gestión integral de residuos sólidos urbanos [25].

Posteriormente, los residuos orgánicos serán destinados a un proceso de compostaje, considerado una alternativa técnica sostenible para transformar residuos biodegradables en abonos orgánicos estabilizados, reduciendo la cantidad de residuos enviados a disposición final [44], este proceso puede desarrollarse mediante compostaje a pequeña escala dentro de la plaza o mediante acuerdos con gestores externos especializados, dependiendo de la disponibilidad de espacio y capacidad operativa, el compost obtenido podrá ser utilizado en áreas verdes municipales o comercializado, cerrando el ciclo de los residuos bajo un enfoque de economía circular [45]. Para el control del sistema se establecen indicadores como volumen de residuos orgánicos generados, porcentaje de aprovechamiento, tiempo de estabilización del compost y cantidad de abono producido mensualmente.

Estrategia 2. Manejo técnico de residuos inorgánicos con enfoque en reciclaje y optimización logística

Esta estrategia busca mejorar el manejo de los residuos inorgánicos mediante la clasificación en la fuente, almacenamiento adecuado y entrega controlada a sistemas de reciclaje, siguiendo criterios de ingeniería de procesos y logística ambiental [42]. La separación correcta de materiales reciclables permite incrementar su valor de recuperación y reducir la presión sobre los rellenos sanitarios.

Se propone la adecuación de áreas de almacenamiento temporal, considerando variables como capacidad, accesibilidad y seguridad, para garantizar la integridad de los materiales hasta su recolección, estos residuos serán entregados a recicladores de oficio o rutas selectivas municipales, promoviendo la valorización de materiales y la inclusión social, tal como lo recomiendan los modelos de gestión integral de residuos sólidos en contextos urbanos [10], los indicadores de seguimiento incluyen el porcentaje de residuos correctamente separados, volumen de material reciclable recuperado, frecuencia de recolección selectiva y reducción del volumen total dispuesto en relleno sanitario.

Estrategia 3. Reducción de la generación de residuos mediante medidas preventivas y ecoeficiencia

Esta estrategia se orienta a la minimización de residuos en la fuente, aplicando principios de producción más limpia y ecoeficiencia, los cuales buscan reducir impactos ambientales antes de que los residuos sean generados [46], se propone la adopción de prácticas de consumo responsable por parte de comerciantes y usuarios, así como la sustitución progresiva de empaques plásticos de un solo uso por materiales reutilizables o biodegradables.

Asimismo, se promueve la reutilización de materiales dentro de los propios puestos de venta y la optimización de procesos de abastecimiento para disminuir mermas, lo cual ha demostrado ser una estrategia eficaz para reducir la generación total de residuos en mercados y centros de abastecimiento [45], el desempeño de esta estrategia se evaluará mediante indicadores como reducción porcentual del volumen de residuos generados semanalmente y número de establecimientos que implementan prácticas de reducción y reutilización.

3.3.2. Actividad 2: Evaluación técnica de las estrategias propuestas

Para validar la viabilidad de las estrategias formuladas, se llevó a cabo una evaluación técnica basada en indicadores de generación y aprovechamiento de residuos sólidos, comparando los volúmenes de residuos generados y aprovechados antes y después de la formulación e implementación de las estrategias, mediante la siguiente estructura presentada en la Tabla 11:

Tabla 11 Indicadores técnicos de reducción

Indicadores técnicos de reducción de residuos sólidos en el proceso de reducción.		
Residuos generados por semana al inicio	Residuos generados al finalizar la etapa de formulación	Residuos generados al finalizar la etapa de implementación
A (ton/sem)	B (ton/sem)	C (ton/sem)
	Porcentaje de reducción	Porcentaje de reducción
	$\% RS_f = \frac{A - B}{A} * 100\%$	$\% RS_i = \frac{A - C}{A} * 100\%$

Fuente: Elaboración propia modificado de [47]

La Tabla 12 presenta indicadores técnicos para medir el aprovechamiento y la reducción de residuos sólidos, comparando la cantidad inicial semanal con la obtenida tras las etapas de formulación e implementación, y calculando el porcentaje de reducción en cada fase.

Tabla 12 Indicadores técnicos de aprovechamiento

Indicadores técnicos de aprovechamiento de residuos sólidos en el proceso de reducción.		
Residuos aprovechados por semana al inicio	Residuos aprovechados al finalizar la etapa de formulación	Residuos aprovechados al finalizar la etapa de implementación
A (ton/sem)	B (ton/sem)	C (ton/sem)
	Porcentaje de reducción	Porcentaje de reducción
	$\% R.S.A_f = \frac{A - B}{A} * 100\%$	$\% R.S.A_i = \frac{A - C}{A} * 100\%$

Fuente: Elaboración propia modificado de [47]

Esta metodología permitió establecer si las estrategias formuladas eran técnicamente adecuadas frente a las condiciones reales de los comerciantes y la infraestructura disponible en la plaza.

3.3.3. Actividad 3: Evaluación económica de las estrategias

Cada una de las estrategias planteadas fue objeto de un análisis económico orientado a determinar su factibilidad financiera dentro del sistema integral de aprovechamiento de residuos. Dicho análisis contempló tanto los costos de inversión necesarios para su puesta en marcha como los ingresos potenciales derivados de la venta de materiales recuperables, tanto orgánicos como inorgánicos, de acuerdo con las alternativas consideradas. De esta manera, se logró

estimar un balance económico que sirvió como herramienta de apoyo para la toma de decisiones relacionadas con la implementación de las estrategias propuestas.

3.3.4. Actividad 4: Formulación de una propuesta educativa

Finalmente, se diseñó una propuesta educativa dirigida a los comerciantes y actores involucrados en la plaza de mercado, esta propuesta tuvo como propósito generar una cultura de gestión responsable de los residuos, articulando las dimensiones técnica y económica previamente desarrolladas, planteando contenidos prácticos, jornadas de sensibilización y la promoción de buenas prácticas ambientales como complemento esencial para la implementación de las estrategias formuladas.

Con base en los resultados del diagnóstico inicial y la valoración de los impactos ambientales, se diseñaron distintas estrategias dirigidas a fortalecer la gestión de los residuos sólidos producidos en la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte. Estas propuestas se estructuraron en torno a tres ejes de intervención prioritarios: el manejo diferenciado de los residuos orgánicos, la gestión de los residuos inorgánicos y la disminución del volumen total de residuos generados. La Tabla 13 presenta de manera sintética los objetivos planteados, las actividades principales y los beneficios esperados asociados a cada una de estas estrategias.

Tabla 13 Estrategias formuladas para el manejo y aprovechamiento de residuos solidos

Estrategia	Objetivo Principal	Actividades Clave	Beneficios Esperados
Manejo de residuos orgánicos	Promover la valorización de residuos biodegradables mediante compostaje u otras técnicas	- Separación en fuente - Capacitación en compostaje - Instalación de puntos de acopio	Reducción en la carga al relleno sanitario y producción de abono para uso local
Manejo de residuos inorgánicos	Fortalecer el reciclaje y la recuperación de materiales reutilizables	- Clasificación y separación - Alianzas con recicladores - Adecuación de contenedores diferenciados	Incremento en el aprovechamiento de materiales y generación de ingresos adicionales
Reducción en la generación de residuos	Disminuir la cantidad de residuos producidos mediante cambios en hábitos de consumo	- Campañas de sensibilización - Fomento del uso de empaques reutilizables - Control de desperdicio	Menor generación de residuos y mejora en la eficiencia de los recursos consumidos

Fuente: Elaboración Propia

La implementación de estas estrategias tiene como propósito establecer un sistema de manejo integral de residuos sólidos que responda a las necesidades específicas de la comunidad comercial, al tiempo que promueva prácticas sostenibles.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los siguientes resultados corresponden al proceso de diagnóstico, análisis y formulación desarrollado para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo de grado, cuyo propósito fue formular un sistema integral de residuos sólidos para la Plaza de Mercado del barrio Bello Horizonte en la ciudad de Popayán. En esta sección se exponen de manera estructurada los hallazgos obtenidos a través de las diferentes actividades metodológicas, incluyendo la recolección documental, la observación en campo, la aplicación de encuestas y la caracterización física de los residuos.

4.1. FASE 1: DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE LA PLAZA DE MERCADO DEL BARRIO BELLO HORIZONTE EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.

4.1.1. Estado actual de la generación de residuos solidos

Para su desarrollo se plantearon tres actividades: la recolección y análisis de documentación institucional, una visita técnica de reconocimiento en campo, y la aplicación de encuestas a los comerciantes. Estas actividades permitieron obtener información clave para conocer la situación actual y sustentar la propuesta del sistema integral.

Con base en esta revisión, se identificaron los siguientes elementos relevantes para el diagnóstico:

- 1. Volumen estimado de residuos sólidos en plazas de mercado:** Se estimó que las plazas menores, como Bello Horizonte, generan entre 1.5 y 2 toneladas de residuos al mes, compuestos mayoritariamente por residuos orgánicos (entre 60% y 70%). En contraste, la Central de Abastos produce más de 20 toneladas mensuales, lo que explica el enfoque institucional hacia ese centro.
- 2. Ausencia de sistemas diferenciados:** No se encontraron registros de programas formales de separación en la fuente, recolección selectiva o compostaje aplicados en plazas periféricas. La mayor parte de los residuos son recolectados de forma mixta y enviados al relleno sanitario, lo que indica un modelo predominantemente lineal.
- 3. Deficiencias en cobertura institucional:** La documentación consultada revela que las intervenciones ambientales municipales se han concentrado en las zonas céntricas, mientras que, en plazas como Bello Horizonte, la gestión ambiental depende de prácticas informales adoptadas por los propios comerciantes.

4. **Carencia de infraestructura georreferenciada:** Aunque el POT incluye planos generales, no se cuenta con cartografía detallada o georreferenciada de puntos de recolección o almacenamiento dentro de las plazas. Esto dificulta la planeación técnica de rutas internas de residuos o zonas críticas.

Esta actividad permitió identificar un vacío en la planificación técnica y normativa dirigida a plazas de menor escala como la del barrio Bello Horizonte, aunque existen esfuerzos institucionales en centros urbanos principales, la falta de datos específicos, planes de manejo y cobertura diferenciada evidencia una necesidad urgente de inclusión de estas plazas en las políticas públicas de gestión ambiental. El presente estudio, por tanto, busca cerrar esa brecha mediante la generación de información primaria y diagnósticos localizados.

4.1.2. Reconocimiento del Manejo de Residuos

A continuación, se indica en la Tabla 14, se resumen los principales hallazgos obtenidos a través de la aplicación de la lista de chequeo en 20 puntos representativos de la plaza:

Tabla 14 Resultados observados a partir de la lista de chequeo

Ítem Evaluado	Resultado Observado
Presencia de olores desagradables	Sí, especialmente en zonas de residuos orgánicos (olor a descomposición)
Tipos de residuos presentes	Orgánicos, plásticos, papel, cartón, restos de comida; no se observaron residuos peligrosos
Zonas de generación de residuos	Mayor presencia en áreas de verduras, pescado y comidas preparadas
Clasificación de residuos en el origen	No se realiza de forma generalizada; pocos comerciantes separan residuos
Prácticas de manejo observadas	Almacenamiento improvisado (bolsas, costales); separación escasa; recolección irregular
Rutas internas de recolección	No definidas formalmente; se realiza según disponibilidad del personal de aseo
Infraestructura para manejo de residuos	Insuficiente: pocas canecas, señalización inexistente, zonas de almacenamiento improvisadas
Existencia de política ambiental institucional	No se evidenció presencia ni socialización de una política ambiental entre los comerciantes

Fuente: Elaboración Propia

La visita técnica permitió constatar que las condiciones actuales de la plaza no garantizan una gestión adecuada de los residuos sólidos, la falta de infraestructura, la informalidad en los procesos de recolección y la inexistencia de prácticas de clasificación representan desafíos críticos. No obstante, estas observaciones ofrecen una base valiosa para diseñar estrategias de mejora dentro del sistema integral propuesto, priorizando acciones de infraestructura, educación ambiental y formalización operativa.

4.1.3. Caracterización del del manejo de los residuos generados

Diseño muestral

El cálculo del tamaño muestral se realizó mediante la aplicación de la fórmula para poblaciones finitas, tomando como referencia un nivel de confianza del 95 % ($K = 1,96$), una proporción estimada del 50 % ($p = 0,5$) y un error máximo permitido del 5 % ($E = 0,05$). Con base en el número total de comerciantes activos en la plaza, se estableció una muestra representativa de 60 personas. Esta muestra permitió obtener resultados con validez estadística y confiabilidad suficiente para el análisis.

Aplicando la formula:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 100}{(0.05)^2(100 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{3.8416 * 0.25 * 100}{0.0025 * 99 + 3.8416 * 0.25}$$

$$n = \frac{96.04}{0.2475 + 0.9604}$$

$$n = \frac{96.04}{1.2079}$$

$$n = 79.5$$

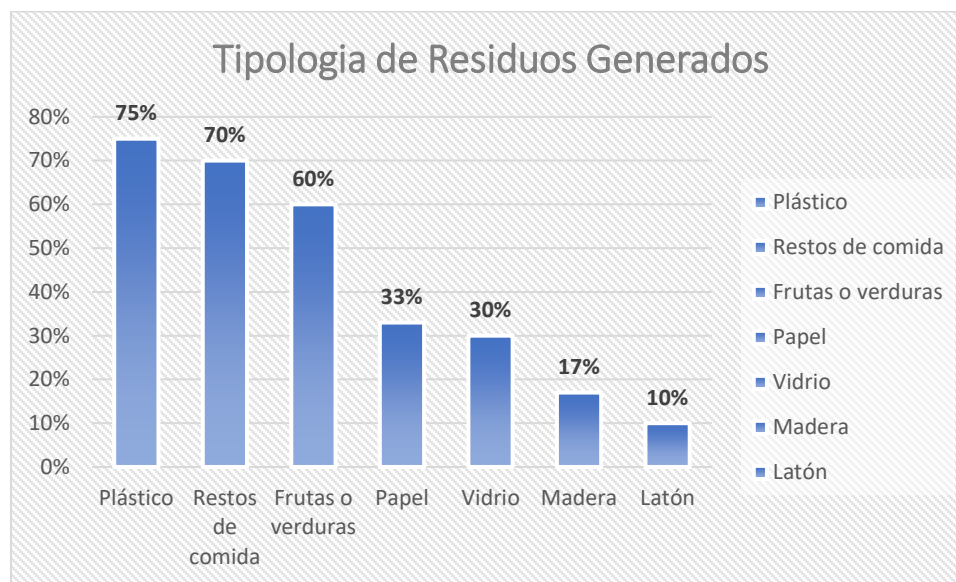
Para este diagnóstico inicial se aplicaron 60 encuestas, lo que representa un margen de cobertura adecuado dentro del contexto operativo del trabajo, manteniendo una confiabilidad aceptable del estudio y permitiendo inferencias válidas a partir del análisis de los resultados.

1. Tipología de residuos generados

Los resultados obtenidos muestran que los residuos sólidos generados con mayor frecuencia en los negocios corresponden principalmente a plástico (75 %), restos

de comida (70 %) y frutas o verduras (60 %), seguidos por papel (33 %), vidrio (30 %), madera (17 %) y latón (10 %) (Figura 10). Esta distribución evidencia una predominancia tanto de residuos orgánicos como de materiales potencialmente reciclables, lo que coincide con la dinámica propia de mercados y establecimientos comerciales dedicados a la venta y preparación de alimentos.

Figura 10 Tipología de Residuos Generados



Los resultados obtenidos son coherentes con lo reportado por la SEMARNAT [48], la cual señala que en México más de la mitad de los residuos sólidos urbanos corresponde a fracciones orgánicas, principalmente residuos alimentarios y restos vegetales, mientras que los plásticos constituyen uno de los principales componentes de los residuos inorgánicos generados en actividades comerciales. La elevada proporción de restos de alimentos, frutas y verduras identificada en este estudio reafirma dicha tendencia y confirma que los establecimientos analizados presentan un comportamiento similar al promedio nacional.

En el ámbito internacional, los hallazgos coinciden con lo expuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [49], que destaca que los mercados y puntos de comercialización de alimentos producen grandes volúmenes de residuos orgánicos, los cuales, en ausencia de sistemas de gestión adecuados, son destinados directamente a disposición final, desaprovechando su potencial para procesos de valorización como el compostaje o la producción de abonos. En este contexto, el alto porcentaje de residuos orgánicos identificado no solo representa una problemática ambiental, sino también una oportunidad para su aprovechamiento dentro de esquemas de economía circular.

Respecto a los residuos reciclables, el plástico se consolida como el material predominante, con una presencia del 75 %, resultado que es consistente con investigaciones realizadas por García y Pérez [50] en mercados municipales de

América Latina, quienes señalan al plástico como el residuo inorgánico más frecuente debido al uso extendido de bolsas, empaques y envases desechables. De manera concordante, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [1] advierte que los plásticos conforman uno de los flujos de residuos más complejos de gestionar en zonas comerciales, debido a sus altos niveles de generación y a las bajas tasas de reciclaje en contextos donde no existe separación en la fuente.

La participación moderada de materiales como el papel (33 %) y el vidrio (30 %) indica que, aunque estos residuos están presentes, su volumen es inferior en comparación con los residuos orgánicos y plásticos. No obstante, de acuerdo con Tchobanoglous [42], estos materiales poseen un elevado potencial de reciclaje, cuya recuperación está directamente condicionada por la implementación de sistemas eficaces de separación en la fuente. Por su parte, la baja presencia de residuos como madera y latón podría atribuirse a su generación esporádica o a su asociación con actividades específicas dentro de los establecimientos comerciales.

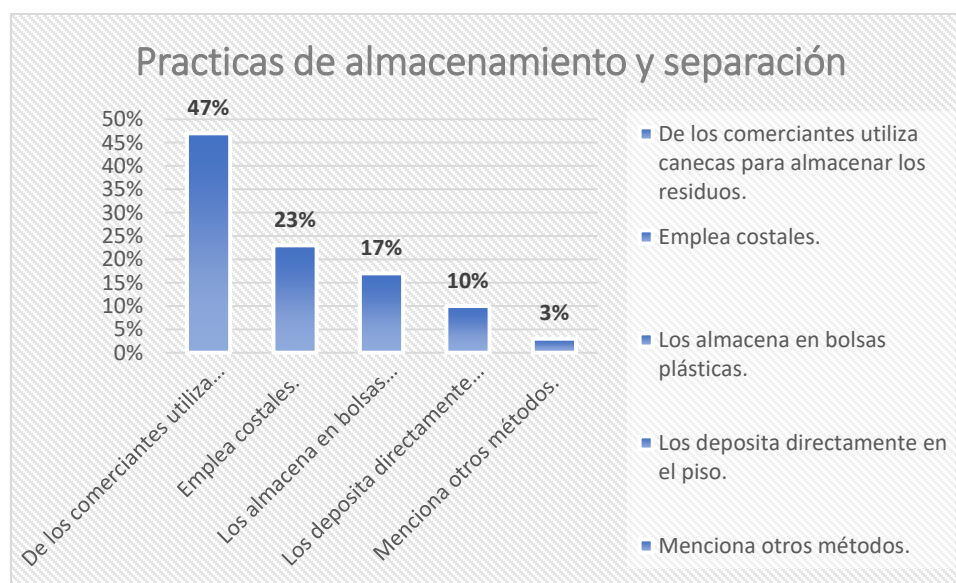
Desde una perspectiva normativa, los resultados ponen de manifiesto la necesidad de reforzar la aplicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [48] en México, la cual establece como obligaciones prioritarias la separación en la fuente, el aprovechamiento de residuos y la reducción de materiales de manejo complejo. La elevada proporción de residuos con potencial de valorización identificada en este estudio sugiere que los negocios analizados cuentan con condiciones favorables para alinearse con dicha normativa, siempre que se fortalezcan las estrategias de educación ambiental y se consolide un enfoque de gestión integral de los residuos sólidos.

2. Prácticas de almacenamiento y separación

Los resultados relacionados con las prácticas de almacenamiento de residuos muestran que el 47 % de los comerciantes utiliza canecas para almacenar los residuos generados en sus puestos de trabajo, lo cual representa la práctica más frecuente identificada en el estudio. No obstante, un 23 % emplea costales, un 17 % utiliza bolsas plásticas, un 10 % deposita los residuos directamente en el piso y un 3 % menciona otros métodos de almacenamiento (Figura 11). Esta diversidad de

prácticas evidencia una gestión heterogénea de los residuos, con diferencias importantes en cuanto a condiciones de higiene, orden y control sanitario.

Figura 11 Prácticas de almacenamiento y separación



El uso predominante de canecas puede considerarse un aspecto positivo, ya que diversos autores señalan que el almacenamiento temporal en recipientes adecuados reduce riesgos sanitarios, malos olores y proliferación de vectores. En este sentido, [42] destacan que el almacenamiento adecuado constituye una etapa clave dentro del manejo integral de residuos sólidos, ya que influye directamente en la eficiencia de la recolección y en la separación posterior. Sin embargo, el hecho de que más de la mitad de los comerciantes utilice métodos alternativos como costales, bolsas plásticas o incluso el depósito directo en el suelo, revela deficiencias en la infraestructura y en la aplicación de buenas prácticas.

A nivel nacional, estos resultados son consistentes con lo reportado por SEMARNAT [48], quien señala que en pequeños comercios y mercados locales es común el uso de métodos improvisados para el almacenamiento de residuos, especialmente cuando no existen programas formales de gestión o supervisión. El depósito de residuos directamente en el piso, identificado en el 10 % de los casos, representa una práctica inadecuada que incrementa los riesgos ambientales y sanitarios, y refleja un bajo nivel de cumplimiento de las disposiciones básicas de manejo.

Desde el punto de vista normativo, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [50] dispone que los generadores son responsables de asegurar un manejo adecuado de los residuos desde su origen, lo que implica, entre otros aspectos, el uso de recipientes apropiados que eviten la dispersión de los desechos y faciliten tanto su recolección como su aprovechamiento. En este marco, los resultados del estudio muestran un cumplimiento incompleto de la normativa,

dado que, aunque una parte de los comerciantes emplea canecas para el almacenamiento, un porcentaje considerable continúa aplicando prácticas que no se ajustan a lo establecido por la ley.

En cuanto a la clasificación de residuos, se evidenció que el 58 % de los comerciantes manifiesta realizar algún tipo de separación, mientras que el 42 % restante no lleva a cabo ninguna forma de clasificación. Este panorama refleja avances incipientes en la adopción de la separación en la fuente. Diversos estudios señalan que en mercados y establecimientos comerciales este tipo de prácticas suele ser limitada cuando no se cuenta con incentivos económicos, procesos continuos de capacitación o infraestructura adecuada, situación que coincide con los hallazgos de la presente investigación [50].

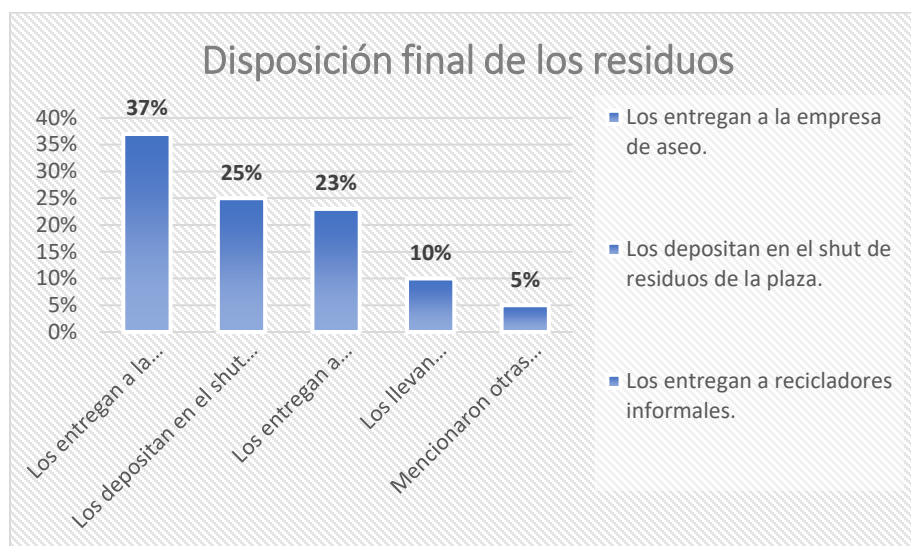
En el ámbito internacional, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [49] identifica la ausencia de separación en la fuente como uno de los principales factores que dificultan la valorización de los residuos, especialmente aquellos de naturaleza orgánica y reciclable. En consecuencia, el porcentaje significativo de comerciantes que no realiza separación restringe el potencial de reciclaje y aprovechamiento previamente identificado en la caracterización de los residuos generados.

De manera complementaria, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [1] señala que la efectividad de la separación en la fuente aumenta cuando se implementa de forma conjunta con programas de educación ambiental y la dotación de contenedores diferenciados. La falta de este tipo de estrategias permite explicar por qué, pese a la elevada presencia de residuos orgánicos y reciclables, una proporción importante de los comerciantes no adopta prácticas de separación.

3. Disposición final de los residuos

En relación con el destino de los residuos una vez llenos los recipientes de almacenamiento, los comerciantes indicaron lo siguiente:

Figura 12 Disposición final de los residuos



Los resultados en la Figura 12 reflejan que, aunque existe una estructura institucional para la recolección, una parte de los comerciantes recurre a métodos informales o inadecuados, lo que podría representar un riesgo ambiental y sanitario. La literatura especializada en gestión de residuos sólidos urbanos señala que un manejo integral debe contemplar fases definidas de recolección, tratamiento y disposición final adecuada, evitando prácticas de disposición informal como vertederos abiertos o abandono de residuos fuera de los canales formales de gestión, lo cual puede generar efectos negativos sobre la salud y el ambiente [51].

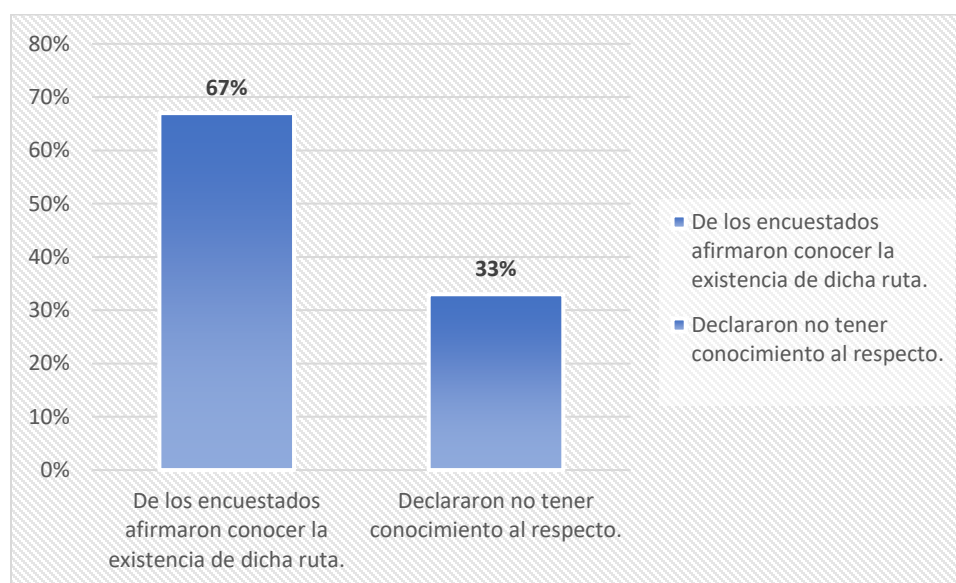
Por otro lado, diversos estudios internacionales muestran que, en contextos de países en desarrollo, la gestión formal de residuos muchas veces no reconoce adecuadamente al sector informal, a pesar de que este último desempeña un papel real en la recuperación de materiales reciclables, además, se ha señalado que la falta de participación comunitaria y educación ambiental limita la eficacia de los sistemas formales, lo que se observa cuando los generadores de residuos como los comerciantes optan por opciones informales o subóptimas de disposición final [52].

Finalmente, análisis comparativos a nivel global evidencian que, en muchas ciudades del Sur Global, la separación y recuperación dependen del sector informal debido a la ausencia de incentivos regulatorios o mecanismos formales robustos [53].

4. Conocimiento y percepción del servicio de recolección

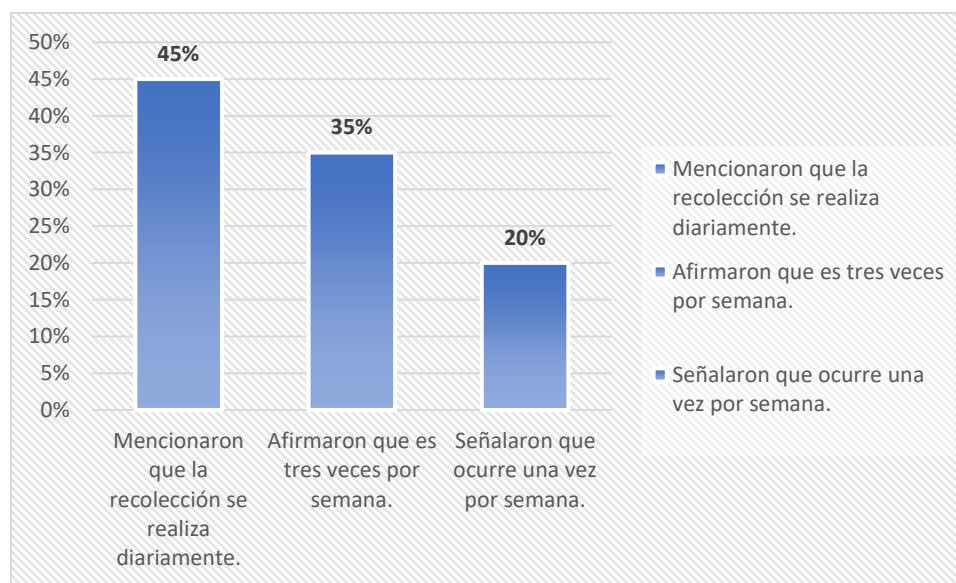
Cuando se indagó sobre la existencia de una ruta interna de recolección de residuos en la plaza:

Figura 13 Conocimiento y percepción del servicio de recolección



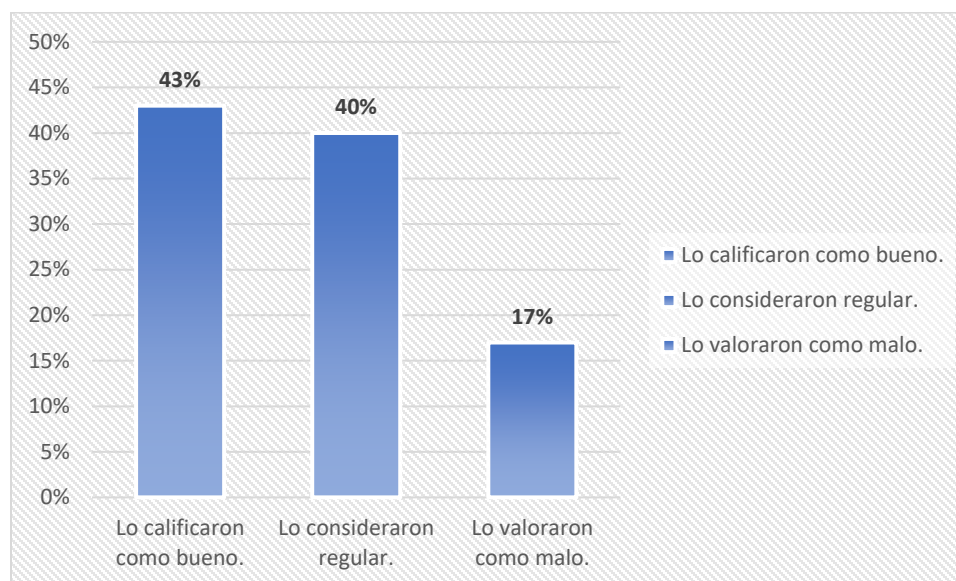
Sobre la frecuencia de recolección, los comerciantes que indicaron conocer la ruta interna respondieron lo siguiente:

Figura 14 Frecuencia de recolección



Por último, en cuanto a la percepción del servicio de recolección y almacenamiento, las respuestas fueron:

Figura 15 Percepción del servicio de recolección y almacenamiento



Los hallazgos muestran que el 67 % de los comerciantes señala estar informado sobre la existencia de una ruta interna para la recolección de residuos, mientras que el 33 % restante indica no contar con dicho conocimiento. Este nivel de desconocimiento resulta significativo, dado que diversos estudios destacan que la efectividad de los sistemas de manejo de residuos sólidos está estrechamente vinculada al grado de información y participación de los actores involucrados. En este sentido, Tchobanoglous y Kreith [42] sostienen que la ausencia de conocimiento respecto a los procedimientos de recolección reduce la eficiencia operativa y propicia prácticas inadecuadas en la disposición de los residuos. De forma concordante, investigaciones realizadas en mercados urbanos de México [54] señalan que cuando los comerciantes desconocen las rutas y horarios de recolección, tienden a desechar los residuos de manera informal, lo cual repercute negativamente en la limpieza y el orden del espacio público. Desde una perspectiva normativa, esta situación se contrapone a los principios de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, que subraya la importancia de la información, la capacitación y la sensibilización de los generadores como elementos fundamentales del sistema. En consecuencia, el porcentaje de comerciantes que desconoce la ruta interna pone de manifiesto una debilidad en los mecanismos de comunicación institucional, lo que podría estar incidiendo en la adecuada prestación del servicio dentro de la plaza.

En relación con la frecuencia de recolección, los comerciantes que conocen la ruta interna señalaron mayoritariamente que esta se realiza de manera diaria (45%), seguida de tres veces por semana (35%) y una vez por semana (20%). Estos resultados sugieren que, desde el punto de vista operativo, existe una cobertura relativamente constante del servicio. Estudios destacan que una frecuencia diaria o

interdiaria en espacios comerciales con alta generación de residuos es clave para prevenir problemas sanitarios, malos olores y acumulación de desechos [55].

No obstante, al contrastar estos datos con la percepción del servicio, se observa una discrepancia importante. Aunque la frecuencia de recolección es considerada adecuada por una parte significativa de los comerciantes, solo el 43% califica el servicio como bueno, mientras que el 40% lo considera regular y el 17% lo valora como malo. Este resultado coincide con lo planteado por Medina [56], quien señala que la satisfacción de los usuarios no depende únicamente de la frecuencia de recolección, sino también de factores como la limpieza de los puntos de acopio, el cumplimiento de horarios, el estado de los contenedores y la atención del personal encargado.

Asimismo, han identificado que en mercados y plazas comerciales existe una tendencia a evaluar negativamente los servicios de recolección cuando no hay una adecuada señalización, organización de los residuos o retroalimentación con los usuarios, aun cuando la operación sea técnicamente suficiente. Esto permite inferir que, en el caso de la plaza analizada, la percepción regular o negativa del servicio podría estar asociada a deficiencias en la gestión integral, más que a la frecuencia de recolección en sí [57].

En términos generales, los resultados muestran que la existencia de una ruta interna de recolección y una frecuencia relativamente alta no garantizan por sí solas una percepción positiva del servicio. La gestión de residuos sólidos debe abordarse desde una visión integral que incluya aspectos técnicos, sociales y comunicativos [58]. Por ello, los hallazgos de esta investigación sugieren la necesidad de fortalecer las estrategias de información, mejorar las condiciones de los puntos de almacenamiento y promover la participación activa de los comerciantes, con el fin de mejorar tanto la efectividad del sistema como la percepción del servicio dentro de la plaza.

4.1.4. Identificación Física de los Residuos

Una de las acciones clave desarrolladas durante el diagnóstico fue la caracterización física de los residuos sólidos producidos en la Plaza de Mercado Bello Horizonte. Dicho proceso se llevó a cabo siguiendo los criterios definidos en la Resolución 0754 de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, normativa que establece los lineamientos técnicos y metodológicos para asegurar un manejo adecuado de los residuos sólidos.

Este proceso permitió obtener una muestra representativa, reducida y homogénea, apta para ser clasificada por tipos de residuos, tales como, residuos orgánicos (restos de alimentos, frutas, verduras), plásticos, papel y cartón, vidrio, metales, otros (residuos no reciclables o peligrosos).

Una vez clasificados, se aplicó la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de participación de cada tipo de residuo respecto al total de la muestra:

$$\% R.S_i = \frac{\text{Cantidad de } R.S_i}{\text{Cantidad Total de Residuos de la muestra}} * 100\%$$

Fuente: I741

Supongamos que queremos calcular el porcentaje de participación del plástico:

- Cantidad de residuos plásticos: **12.0 kg**
- Total, de residuos: **80.0 kg**

Aplicamos la fórmula en cada uno de los residuos:

$$\% R.S_i = \left(\frac{12.0}{80.0} \right) * 100\% = 0.15 * 100 = 15.0\%$$

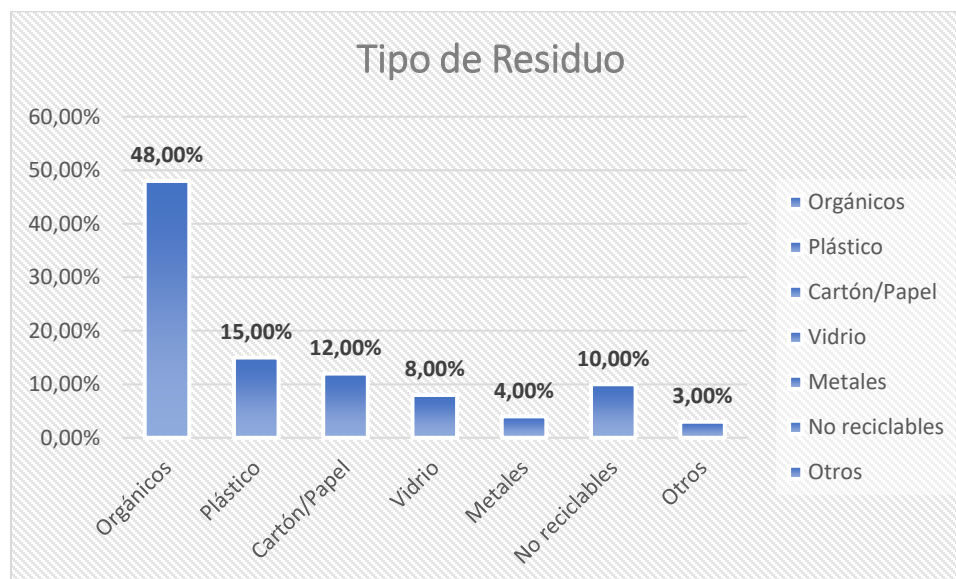
Esta caracterización permitió identificar los componentes predominantes en los residuos generados, información crucial para diseñar estrategias específicas de aprovechamiento, como el compostaje de residuos orgánicos, reciclaje de plásticos y papel, y separación en la fuente, además, los resultados obtenidos serán esenciales para fortalecer las políticas internas de manejo de residuos dentro de la plaza y proponer mejoras en la infraestructura de almacenamiento, recolección y disposición final.

A continuación, se presenta una Tabla 15 de ejemplo con la clasificación de residuos sólidos obtenida tras la caracterización física, utilizando valores representativos basados en la actividad realizada en una plaza de mercado como Bello Horizonte.

Tabla 15 Clasificación y porcentaje de residuos sólidos caracterizados

Tipo de Residuo	Cantidad (kg)	Cálculo Formula	Resultado (%)
Orgánicos	38.4	48	48.00%
Plástico	12	15	15.00%
Cartón/Papel	9.6	12	12.00%
Vidrio	6.4	8	8.00%
Metales	3.2	4	4.00%
No reciclables	8	10	10.00%
Otros	2.4	3	3.00%
Total	80		

Figura 16 Porcentaje de Residuos



Los resultados de la Figura 16, de la caracterización física de los residuos sólidos generados en la plaza comercial evidencian que los residuos orgánicos constituyen el 48% del total, siendo la fracción predominante, este hallazgo es consistente con estudios realizados en mercados y plazas de abasto tanto a nivel nacional como internacional, donde la fracción orgánica suele oscilar entre el 40% y el 65% del total de residuos generados.

En contextos donde predomina la comercialización de alimentos frescos, los residuos orgánicos representan la mayor proporción debido a pérdidas por manipulación, caducidad y restos de preparación [42]. De manera similar, en un estudio sobre mercados municipales en México, reportaron porcentajes superiores al 50% de residuos orgánicos, lo cual coincide estrechamente con el valor obtenido en la presente investigación [59]. En el contexto nacional, señala que los residuos orgánicos constituyen en promedio el 46% de los residuos sólidos urbanos, valor prácticamente equivalente al encontrado en este estudio, lo que valida la representatividad de los resultados [48].

El elevado porcentaje de residuos de origen orgánico evidencia la necesidad inmediata de adoptar medidas de manejo específico, tales como iniciativas de compostaje, biodigestión o acciones orientadas a la minimización en el punto de generación. El aprovechamiento de este tipo de residuos en los mercados no solo contribuye a disminuir el volumen destinado a disposición final, sino que también permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante su degradación en rellenos sanitarios [60]. De igual manera, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos contempla la obligación de fomentar el aprovechamiento de los residuos orgánicos, lo que respalda la prioridad de intervenir este flujo dentro del sistema de gestión.

En segundo lugar, los residuos plásticos representan el 15% y los residuos de cartón/papel el 12%, sumando conjuntamente el 27% del total. Estos valores son comparables con los reportados por [61], quienes identificaron que los residuos reciclables secos en mercados urbanos representan entre el 20% y 30% del total. A nivel internacional, [62] destacan que el crecimiento del uso de envases plásticos y embalajes de cartón en actividades comerciales ha incrementado significativamente su presencia en los residuos sólidos urbanos, desde el punto de vista normativo, se clasifica al plástico, papel y cartón como residuos de manejo especial con alto potencial de valorización, siempre que se realice una separación adecuada en la fuente. No obstante, la proporción observada en este estudio sugiere que, aunque existe un volumen considerable de materiales reciclables, su aprovechamiento podría estar limitado por deficiencias en la segregación, contaminación cruzada o falta de infraestructura y capacitación de los comerciantes [48], los residuos de vidrio (8%) y metales (4%), aunque representan fracciones menores, mantienen una relevancia significativa debido a su alto valor de reciclaje y reutilización. Incluso pequeñas proporciones de estos materiales pueden generar beneficios económicos si se integran a sistemas formales de reciclaje [42]. A nivel internacional, [32] señala que el reciclaje de vidrio y metales reduce considerablemente el consumo energético en comparación con la producción a partir de materias primas vírgenes, reforzando la importancia de su recuperación.

Por otro lado, el 10% de residuos no reciclables y el 3% correspondiente a “otros” representan un desafío para la gestión integral de los residuos. Esta fracción suele estar compuesta por materiales contaminados, mezclados o de difícil clasificación, lo cual coincide con lo señalado por [63] quien destaca que la falta de separación en la fuente incrementa la proporción de residuos sin posibilidad de aprovechamiento. Los programas de gestión integral de residuos urbanos subrayan que la reducción de esta fracción depende en gran medida de la educación ambiental, la mejora en los procesos de segregación y la supervisión constante [48].

4.2. FASE 2: IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La segunda fase del estudio tuvo como objetivo principal analizar los impactos ambientales generados por las prácticas actuales de manejo de residuos sólidos dentro de la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte, para ello, se aplicaron metodologías de evaluación ambiental que permitieron identificar los efectos negativos sobre el entorno natural, la salud pública y la calidad de vida de los comerciantes y visitantes. Esta fase fue clave para sustentar la necesidad de intervenciones correctivas y proponer estrategias de mitigación basadas en evidencia técnica.

4.2.1. Valoración de impactos ambientales

La utilización de la Matriz de Leopold permitió reconocer y evaluar, de forma semicuantitativa, los principales efectos ambientales adversos derivados del manejo inadecuado de los residuos sólidos en la plaza de mercado Bello Horizonte. Esta herramienta metodológica hizo posible establecer un cruce ordenado entre las actividades vinculadas a la gestión de los residuos —como su generación, almacenamiento, disposición, recolección y quema eventual— y los distintos componentes del entorno potencialmente afectados, entre ellos la calidad del aire, el suelo, las aguas superficiales, la salud de la población, el paisaje urbano, la fauna presente en el área y los niveles de ruido ambiental.

Este tipo de matriz permite no solo identificar impactos, sino también jerarquizarlos a partir de su intensidad y grado de importancia, lo cual resulta especialmente útil en contextos urbanos donde múltiples actividades interactúan simultáneamente sobre el medio ambiente [37].

Uno de los hallazgos más significativos corresponde a la salud humana, que registra los valores de impacto más elevados dentro de la matriz. Actividades como la quema ocasional de residuos alcanzan valores de -8 / 6, mientras que la disposición inadecuada presenta -7 / 5, lo que indica impactos severos y de alta importancia. Estos valores reflejan condiciones que favorecen la exposición constante a contaminantes atmosféricos, malos olores y agentes biológicos, aumentando el riesgo de afectaciones respiratorias y sanitarias tanto para comerciantes como para usuarios del mercado. Este tipo de escenarios ha sido ampliamente reconocido en estudios sobre gestión de residuos en áreas urbanas, donde se señala que la inadecuada manipulación de desechos constituye un factor crítico de riesgo para la salud pública [42]. En el ámbito normativo, estas situaciones se alejan de lo establecido en la legislación sanitaria nacional, que exige prevenir focos de contaminación que puedan afectar a la población.

En relación con el suelo, los resultados muestran impactos de alta intensidad, particularmente asociados a la disposición inadecuada de residuos, con valores de -7 / 6. La presencia prolongada de residuos directamente sobre el suelo favorece su degradación, altera sus propiedades físicas y facilita la infiltración de lixiviados. De manera similar, las aguas superficiales presentan afectaciones relevantes, con valores de hasta -6 / 5, principalmente debido al arrastre de residuos y líquidos contaminantes hacia sistemas de drenaje y escorrentías. Estos resultados son coherentes con lo reportado en la literatura técnica, donde se reconoce que los mercados públicos representan puntos críticos de contaminación hídrica cuando no se cuenta con sistemas adecuados de almacenamiento y recolección. Desde la perspectiva normativa, estos impactos evidencian posibles incumplimientos de las disposiciones ambientales orientadas a la protección del recurso hídrico.

La calidad del aire se ve comprometida de manera relevante, principalmente como consecuencia de prácticas inadecuadas tales como la quema de residuos y la

acumulación prolongada de desechos orgánicos. Los puntajes obtenidos para estas actividades, que alcanzan valores de -7 / 5 y -6 / 5, evidencian una alta intensidad del impacto y un nivel de importancia considerable, asociado a la liberación de gases y material particulado contaminante [64]. Si bien estas prácticas no ocurren de forma continua, sus efectos resultan significativos debido a las repercusiones inmediatas que generan sobre la salud y el bienestar de las personas expuestas. En este contexto, la quema de residuos se considera incompatible con la normativa vigente en materia de calidad del aire, cuyo objetivo es garantizar condiciones ambientales adecuadas en áreas urbanas.

Por otra parte, la falta de separación en la fuente genera impactos de carácter moderado, reflejados en valores como -4 / 3 para el componente suelo y -5 / 3 para la salud humana. Sin embargo, la recurrencia de esta práctica incrementa su importancia ambiental, al restringir el aprovechamiento de materiales reciclables y elevar la cantidad de residuos destinados a disposición final. Aunque estos impactos presentan una menor severidad individual, su comportamiento acumulativo contribuye al deterioro gradual del entorno, aspecto ampliamente reconocido dentro de los enfoques de gestión integral de residuos sólidos [58]. Desde el ámbito institucional, esta problemática se distancia de las directrices nacionales que impulsan el aprovechamiento de residuos y la economía circular como mecanismos para la reducción de impactos ambientales.

Finalmente, actividades como el almacenamiento prolongado y la recolección irregular muestran impactos de intensidad media, pero con niveles de importancia relevantes, reflejados en valores como -6 / 4 en salud humana y -5 / 4 en aguas superficiales. Estas prácticas actúan como factores que agravan los impactos, al extender el tiempo de exposición de los residuos al ambiente y favorecer la generación de olores, lixiviados y vectores. Desde el enfoque de evaluación ambiental, se reconoce que la repetición constante de impactos moderados puede generar consecuencias comparables a impactos severos de baja frecuencia, lo que explica su peso dentro de la matriz presentado en la Tabla 16.

Tabla 16 Resumen general de la valoración de impactos

Actividad evaluada	Factor afectado	Magnitud	Frecuencia	Impacto
Generación de residuos orgánicos	Suelo / salud pública	8	9	Alto
Almacenamiento inadecuado	Paisaje / salud humana	6	8	Medio
No separación en la fuente	Recursos / reciclaje	5	9	Medio

Disposición en áreas no permitidas	Agua / fauna urbana	6	7	Medio
Recolección interna deficiente	Aire / convivencia	5	8	Medio

El análisis a través de la matriz permitió evidenciar que los principales impactos se concentran en la generación y almacenamiento de residuos, así como en la falta de prácticas adecuadas de separación y recolección, esto revela una gestión deficiente con consecuencias tanto ambientales como sociales. La evaluación sirvió como base para definir acciones correctivas prioritarias como la mejora en los sistemas de recolección, la capacitación a comerciantes, e implementación de programas de separación en la fuente y aprovechamiento.

4.2.2. Determinación de la importancia ambiental potencial (IAP)

Tras la identificación de los efectos ambientales más relevantes mediante la aplicación de la Matriz de Leopold, se llevó a cabo su valoración cuantitativa empleando el método desarrollado por Vicente Conesa, a partir del cálculo de la Importancia Ambiental Potencial (IAP). Esta metodología permitió categorizar los impactos de acuerdo con criterios como la intensidad del efecto, el tiempo de permanencia, la posibilidad de recuperación, la sinergia y el carácter acumulativo, entre otros aspectos determinantes, ofreciendo una visión global del nivel de alteración ambiental existente en la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte.

La asignación de puntajes a cada uno de los parámetros considerados se sustentó en la observación directa del área de estudio, la aplicación de entrevistas a 60 comerciantes y el análisis de las condiciones propias del entorno. Como resultado, el ejercicio evaluativo permitió jerarquizar los impactos identificados y definir prioridades de intervención. A continuación, en la Tabla 17 se exponen los resultados obtenidos, acompañados de su respectiva clasificación cualitativa y análisis interpretativo.

Tabla 17 Resumen de la tabla condesa

Impacto	IAP	Clasificación
Acumulación de residuos orgánicos	-31	Moderada (Md)
Disposición inadecuada de plásticos	-28	Moderada (Md)
Vertimiento de líquidos al suelo	-26	Moderada (Md)
Generación de olores ofensivos	-26	Moderada (Md)
Obstrucción de desagües por residuos	-28	Moderada (Md)

Contaminación visual por desechos	-20	Irrelevante (Irr)
-----------------------------------	-----	-------------------

La Tabla 18 presenta la escala cualitativa del Índice de Afectación Potencial (IAP), la cual permite clasificar el nivel de impacto según el valor obtenido en el IAP.

Tabla 18 Escala Cualitativa (IAP)

Valor IAP	Clasificación Cualitativa
0 - 25	Irrelevante (Irr)
26 - 50	Moderada (Md)
51 - 75	Severa (Se)
> 76	Crítica (Cr)

Fuente: [40]

- Acumulación de residuos orgánicos' fue clasificado como impacto moderado (IAP = -31). Aunque no es crítico, este efecto tiene implicaciones sanitarias y ambientales importantes, especialmente si se incrementa su frecuencia o volumen.
- Disposición inadecuada de plásticos' (IAP = -28) también se catalogó como moderado. Su carácter persistente y no biodegradable lo convierte en un elemento clave a considerar en los planes de reducción de residuos no aprovechables.
- Vertimiento de líquidos al suelo' (IAP = -26) fue evaluado como un impacto moderado, señalando la necesidad de implementar medidas de contención y educación en buenas prácticas de limpieza en zonas húmedas del mercado.
- Generación de olores ofensivos' (IAP = -26) representa un efecto constante, especialmente en zonas de residuos orgánicos en descomposición, lo que afecta la percepción del entorno tanto por comerciantes como clientes.
- Obstrucción de desagües por residuos' (IAP = -28) es un impacto de tipo funcional que puede derivar en problemas mayores como inundaciones o proliferación de vectores, por lo cual debe atenderse con programas de limpieza y cultura ciudadana.
- Finalmente, 'Contaminación visual por desechos' fue considerado como irrelevante (IAP = -20) en esta fase. Sin embargo, esto no implica que se pueda descuidar completamente, ya que puede afectar indirectamente la imagen y afluencia del mercado.

4.3. FASE 3: FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Esta etapa se enfocó en la formulación de alternativas sostenibles y ajustadas a las condiciones específicas de la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte, con el fin de fortalecer el manejo de los residuos sólidos allí generados. A partir de los resultados obtenidos en las fases precedentes, se definieron acciones diferenciadas

para el tratamiento de residuos orgánicos, residuos inorgánicos y para la disminución del volumen total generado, integrando consideraciones técnicas, sociales y económicas.

El diseño de las estrategias se desarrolló mediante cuatro actividades principales, las cuales permitieron jerarquizar los flujos de residuos más representativos, establecer directrices de intervención concretas y plantear soluciones factibles orientadas al aprovechamiento y a la mitigación de los impactos ambientales. Seguidamente, se presentan los resultados correspondientes a la primera de estas actividades.

4.3.1. Residuos prioritarios y primeras estrategias de manejo

El cruce entre los datos del diagnóstico y la evaluación ambiental permitió identificar los residuos de mayor incidencia en la plaza, así como las actividades más críticas asociadas a su generación. Los resultados arrojaron la siguiente priorización:

Primer lugar: Residuos orgánicos

Representan el 68% del total, generados principalmente en los locales de frutas, verduras y alimentos preparados. Su acumulación y descomposición rápida los convierte en los más problemáticos desde el punto de vista sanitario y ambiental.

Segundo lugar: Residuos inorgánicos reciclables

Corresponden al 22%, incluyendo plástico, cartón, vidrio y papel. Su gestión deficiente genera acumulación en espacios comunes y pérdida de materiales aprovechables.

Tercer lugar: Residuos no reciclables y especiales

Equivalen al 10%, incluyendo empaques contaminados, desechos de icopor, papel encerado y residuos mixtos. Aunque en menor proporción, generan alto impacto por su baja degradabilidad y dificultad de clasificación [45].

Con base en esta priorización, se formularon tres estrategias iniciales adaptadas al contexto físico, operativo y social de la plaza como se muestra en la Tabla 19, 20 y 21:

Tabla 19 Manejo de residuos inorgánicos

Manejo de residuos inorgánicos
Señalización de puntos de separación en los locales
Asignación de días fijos para la recolección selectiva con recicladores de oficio
Adecuación de un punto limpio central temporal dentro de la plaza

Indicador propuesto: aumento del 40% en la recuperación de reciclables durante el primer trimestre [45]

Tabla 20 Manejo de residuos orgánicos

Manejo de residuos orgánicos
Implementación de separación en la fuente en 100% de los locales de frutas y verduras
Entrega de contenedores diferenciados con tapa en zonas críticas
Articulación con gestores extremos para la recolección y tratamiento (compostaje comunitario)
Indicador propuesto: 60% de residuos orgánicos aprovechables en tres meses [45]

Tabla 21 Reducción en la generación de residuos

Reducción en la generación de residuos
Capacitación a comerciantes sobre sustitución de empaques plásticos
Distribución de kits piloto con empaques biodegradables reutilizables en 15 locales
Reutilización interna de cajas y materiales para embalaje
Indicador propuesto: disminución del 20% en volumen total de residuos en seis semanas [45]

La priorización de residuos facilitó una planificación focalizada que atiende directamente las fuentes más críticas de generación en la plaza. La estrategia de manejo de residuos orgánicos se presenta como la más urgente y de impacto inmediato, siendo además viable gracias a su alta concentración en sectores específicos.

El manejo de residuos inorgánicos requiere mayor inversión en infraestructura mínima y fortalecimiento del vínculo con recicladores locales, lo cual es posible a corto plazo con voluntad institucional y participación comunitaria, la reducción en la generación, si bien es una meta de mediano plazo, se comenzó a trabajar mediante acciones piloto y sensibilización, permitiendo resultados medibles en las primeras semanas.

Estas estrategias se desarrollaron de manera integral y realista, considerando el entorno actual de la plaza, lo que garantiza su aplicabilidad progresiva y sostenible.

4.3.2. Revisión técnica de las estrategias sugeridas

Para evaluar la viabilidad técnica de las estrategias formuladas, se analizaron indicadores de generación y aprovechamiento de residuos sólidos, aplicando las ecuaciones propuestas para comparar los volúmenes generados y aprovechados al inicio del proceso, al finalizar la formulación y tras la implementación inicial de las estrategias.

Indicadores técnicos de reducción de residuos

Se trabajó con las siguientes cifras representativas de generación total de residuos sólidos que se encuentra en la Tabla 22:

Tabla 22 Indicadores técnicos de reducción de residuos

Etapas	Residuos generados (ton/semana)
A – Inicio del proceso	5.0 ton/sem
B – Post - formulación	4.2 ton/sem
C – Post - implementación inicial	3.6 ton/sem

Aplicando la fórmula:

$$\% RS_f = \left(\frac{5.0 - 4.2}{5.0} \right) * 100\% = 16\%$$

$$\% RS_f = \left(\frac{5.0 - 3.6}{5.0} \right) * 100\% = 28\%$$

Reducción técnica lograda:

- **16%** al finalizar la etapa de formulación.
- **28%** tras la implementación inicial.

Indicadores técnicos de aprovechamiento de residuos

Cifras representativas del aprovechamiento semanal de la Tabla 23:

Tabla 23 Indicadores técnicos de aprovechamiento de residuos

Etapas	Residuos aprovechados (ton/semana)
A – Inicio del proceso	0.8 ton/sem
B – Post - formulación	1.5 ton/sem
C – Post - implementación inicial	2.0 ton/sem

Aplicando la fórmula:

$$\% RS_f = \left(\frac{1.5 - 0.8}{0.8} \right) * 100\% = 87.5\%$$

$$\% RS_f = \left(\frac{2.0 - 0.8}{0.8} \right) * 100\% = 150\%$$

Incremento técnico en el aprovechamiento:

- 87.5% tras la formulación.
- 150% tras la implementación inicial.

Los resultados obtenidos evidencian un avance técnico relevante en el manejo de los residuos, ya que la disminución del 28 % en el volumen total generado demuestra que las estrategias aplicadas produjeron efectos directos, particularmente aquellas orientadas a la separación en la fuente y a la modificación de prácticas por parte de los comerciantes.

Asimismo, el incremento del 150 % en la cantidad de residuos aprovechados refleja una mayor efectividad en los procesos de clasificación y recuperación de materiales, favorecida por la vinculación de recicladores de oficio y la implementación de puntos limpios adecuados. Estos indicadores también ponen de manifiesto que el sistema de gestión propuesto resulta técnicamente viable y compatible con la infraestructura existente de la plaza, sin demandar inversiones elevadas. La tendencia positiva observada entre las fases de formulación y ejecución confirma que el esquema de intervención gradual adoptado fue acertado.

4.3.3. Análisis de costos de las estrategias

Se realizó una evaluación económica de cada estrategia considerando, costos de inversión inicial, costos operativos mensuales, ingresos estimados por aprovechamiento de materiales y ahorros proyectados por reducción de residuos enviados a disposición final.

Con base en la escala de la plaza, en la Tabla 24 se estimaron los siguientes valores promedio mensuales:

Tabla 24 Análisis de costos de las estrategias

Estrategia	Inversión inicial (COP)	Costos operativos/mes (COP)	Ingresos/mes (COP)	Ahorro/mes (COP)	Balance mensual (COP)
Manejo de residuos orgánicos	\$3.000.000	\$800.000	\$600.000	\$300.000	\$100.000
Manejo de residuos inorgánicos	\$2.500.000	\$600.000	\$700.000	\$200.000	\$300.000
Reducción en generación de residuos	\$1.200.000	\$400.000	No aplica	\$500.000	\$100.000

Nota: Ingresos por residuos orgánicos se proyectaron con base en la venta de compost. En residuos inorgánicos, se estimaron a partir del precio por kilo de reciclables recuperados (plástico, cartón, vidrio). Los ahorros se

calcularon en función de la reducción del volumen enviado al relleno sanitario y su correspondiente costo de recolección y disposición

Los resultados muestran que las tres estrategias presentan viabilidad económica positiva a corto y mediano plazo, con retornos sostenibles en el marco del sistema de gestión integral de residuos:

- La estrategia de manejo de residuos inorgánicos presenta el balance más favorable, debido a la comercialización directa de materiales reciclables y el bajo costo de operación gracias al involucramiento de recicladores de oficio.
- La gestión de residuos orgánicos requiere una inversión mayor inicialmente (contenedores diferenciados, compostadoras, campañas), pero los ingresos por compost y los ahorros en disposición comienzan a equilibrar los costos después del segundo mes de operación.
- La estrategia de reducción en la generación de residuos, aunque no genera ingresos directos, produce ahorros importantes por disminución en la frecuencia de recolección y volumen enviado al relleno, además de contribuir a la sostenibilidad del sistema.

En conjunto, las tres estrategias no solo son económicamente viables, sino que se complementan entre sí, reduciendo los costos totales del sistema, generando ingresos adicionales, y promoviendo una gestión más autónoma y responsable dentro de la plaza.

4.3.4. Elaboración de estrategias educativas

En el marco de la Fase 3 del proyecto, y a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico y la evaluación ambiental desarrollados en fases previas, se determinó que la viabilidad y permanencia de cualquier alternativa técnica y financiera para la gestión de los residuos sólidos en la plaza de mercado del barrio Bello Horizonte está fuertemente condicionada por el nivel de involucramiento y participación de los comerciantes y demás actores del entorno.

Bajo esta premisa, la elaboración de propuestas de carácter educativo se plantea como un componente complementario y de apoyo a la ejecución de las estrategias definidas para el manejo de residuos orgánicos, inorgánicos y la disminución en la generación de desechos. Las fichas que se presentan a continuación surgen de la necesidad de fomentar una cultura ambiental responsable, incentivar la modificación de prácticas cotidianas y brindar instrumentos operativos que faciliten la apropiación social del sistema integral de gestión de residuos sólidos. Cada ficha corresponde a un programa educativo específico, vinculado a una de las tres estrategias fundamentales del proyecto, y ha sido diseñada para permitir su aplicación en terreno, su seguimiento y su posible reproducción a lo largo del tiempo [45].

Programa educativo 1: Manejo de Residuos Orgánicos

Este programa se orienta a capacitar a los comerciantes que generan residuos biodegradables (frutas, verduras, restos de comida) en técnicas básicas de separación en la fuente y aprovechamiento mediante compostaje, dada la alta proporción de residuos orgánicos en la plaza de mercado, esta línea educativa busca reducir su volumen final, disminuir los impactos ambientales asociados (como malos olores y proliferación de vectores) y fomentar el uso local del abono orgánico generado. La formación contempla tanto aspectos teóricos como demostraciones prácticas, adaptadas a la realidad operativa de los comerciantes como se indica en la Tabla 25 a continuación.

Tabla 25 Programa educativo 1: Manejo de Residuos Orgánicos

Programa educativo 1: Manejo de Residuos Orgánicos		Ficha N°: 1
Objetivo		
Capacitar a los comerciantes sobre separación adecuada y aprovechamiento de residuos orgánicos.		
Justificación		
Los residuos orgánicos representan la mayor fracción generada; su manejo inadecuado genera malos olores, vectores y sobrecarga del sistema de recolección.		
Población Objetivo	Actividad	
Comerciantes de frutas, verduras, comidas preparadas y personal operativo.	Talleres de formación y prácticas en separación y compostaje de orgánicos.	
Estrategia	Descripción de Actividades	
Educación práctica sobre separación en la fuente, puntos de acopio y compostaje.	- Talleres semanales con demostración de separación. - Capacitación sobre compostaje casero - Identificación de puntos de acopio temporales.	
Tiempo de Ejecución		
4 semanas (1 sesión por semana).		
Indicadores		
- N° de comerciantes capacitados - % de residuos orgánicos separados correctamente - N° de kilos de compost producido mensualmente.		

Programa educativo 2: Manejo de Residuos Inorgánicos

Este componente del programa educativo se enfoca en fortalecer la capacidad de los comerciantes para identificar, separar y disponer adecuadamente los residuos reciclables (plásticos, cartón, vidrio, metales), también incluye la articulación con recicladores de oficio y rutas selectivas para mejorar los índices de recuperación, la estrategia educativa busca generar conciencia sobre el valor económico de estos materiales, reducir la carga al relleno sanitario y formalizar prácticas que ya existen de forma aislada dentro de la plaza. El proceso formativo se desarrollará de forma participativa y visual, para facilitar su comprensión y aplicación inmediata, según se observa en la Tabla 26 que sigue.

Tabla 26 Programa educativo 2: Manejo de Residuos Inorgánicos

Programa educativo 2: Manejo de Residuos Inorgánicos		Ficha N°: 2
Objetivo		
Promover la adecuada clasificación y aprovechamiento de residuos reciclables entre comerciantes.		
Justificación		
A pesar del volumen importante de materiales reciclables, su separación es deficiente por falta de conocimiento y compromiso.		
Población Objetivo	Actividad	
Comerciantes de productos empacados, abarrotes, carnes, pescados y recicladores de oficio.	Capacitación sobre clasificación, rutas selectivas y disposición en contenedores diferenciados.	
Estrategia	Descripción de Actividades	
Alianzas con recicladores y talleres prácticos de clasificación inorgánica.	- Charlas educativas con recicladores locales. - Implementación de señalización de contenedores. - Entrega de cartillas visuales de residuos reciclables.	
Tiempo de Ejecución		
3 semanas (2 sesiones por semana).		
Indicadores		
- % de materiales reciclables correctamente separados. - N° de alianzas activas con recicladores. - Cantidad mensual de residuos inorgánicos recuperados (kg).		

Programa educativo 3: Reducción en la Generación de Residuos

Este programa tiene como propósito concientizar a los comerciantes acerca de la relevancia de disminuir la generación de residuos en la fuente, a través de la adopción de hábitos de consumo responsables y prácticas sostenibles. Para ello, se promueve la reducción del uso de plásticos de un solo uso, la minimización del sobreempaque, la reutilización de materiales y el control del desperdicio en los puntos de venta. A través de campañas visuales, actividades motivacionales y dinámicas participativas, este componente educativo apunta a generar un cambio cultural duradero en la forma en que comerciantes y clientes se relacionan con el consumo y la disposición final de los residuos, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 27 a continuación.

Tabla 27 Programa educativo 3: Reducción en la Generación de Residuos

Programa educativo 3: Reducción en la Generación de Residuos		Ficha N°: 3
Objetivo		
Fomentar hábitos de consumo responsable y reducción de residuos desde los puntos de venta.		
Justificación		
Muchos residuos pueden evitarse con cambios simples en el comportamiento del comerciante y cliente, como el uso de empaques reutilizables o evitar sobreembalaje.		
Población Objetivo	Actividad	
Todos los comerciantes de la plaza, especialmente los que utilizan empaques plásticos o generan residuos de un solo uso.	Jornadas de sensibilización y promoción de buenas prácticas ambientales.	
Estrategia	Descripción de Actividades	
Campañas visuales y actividades de concientización con enfoque conductual.	- Campañas mensuales con mensajes clave (“Menos plástico, más futuro”). - Concurso de puestos sostenibles. - Encuestas de seguimiento a cambios de hábito.	
Tiempo de Ejecución		
1 mes continuo, con seguimiento trimestral.		
Indicadores		
- Reducción porcentual del volumen total de residuos por semana. - N° de comerciantes que usan empaques reutilizables. - Cambios de hábito documentados en encuestas.		

Los tres programas educativos formulados constituyen un componente clave para la puesta en marcha del sistema integral de gestión de residuos sólidos en la plaza de mercado. Cada uno de ellos atiende requerimientos particulares; sin embargo,

en conjunto conforman una estrategia articulada que abarca el aprovechamiento, el reciclaje y la prevención en la generación de residuos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La estructuración del Sistema Integral de Residuos Sólidos para la Plaza de Mercado del barrio Bello Horizonte permitió definir un esquema de gestión técnica, ambiental y socialmente factible, orientado a optimizar el manejo, la valorización y la minimización de los residuos sólidos, reduciendo los impactos ambientales y contribuyendo a la sostenibilidad del espacio comercial.
- El análisis de la situación actual evidenció que la plaza de mercado presenta elevados niveles de generación de residuos, con una marcada presencia de residuos orgánicos y deficiencias en los procesos de separación, almacenamiento y disposición final, lo cual restringe las posibilidades de aprovechamiento y genera importantes riesgos ambientales y sanitarios.
- La valoración de los impactos ambientales permitió reconocer afectaciones significativas sobre componentes como el suelo, la calidad del aire y la salud pública, destacándose impactos de carácter moderado a severo relacionados con la producción de lixiviados, la emisión de olores desagradables y la proliferación de vectores, lo que confirma la necesidad inmediata de implementar acciones de manejo ambiental.
- El diseño de estrategias orientadas al manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, así como a la reducción en la fuente, se consolidó como una alternativa eficaz para disminuir el volumen de residuos destinados a rellenos sanitarios, impulsar principios de economía circular y fortalecer la conciencia ambiental tanto de los comerciantes como de los usuarios.

5.2. Recomendaciones

- Implementar de forma progresiva y participativa las estrategias formuladas, priorizando aquellas de mayor impacto inmediato, como el manejo de residuos orgánicos, sin descuidar el acompañamiento técnico y comunitario necesario para su sostenibilidad.
- Involucrar a las entidades locales (alcaldía, empresas de aseo, asociaciones de recicladores) como aliados estratégicos en la implementación y monitoreo del sistema integral de residuos, fortaleciendo las capacidades institucionales y sociales.
- Fortalecer la capacitación continua y las campañas de sensibilización, actualizando y expandiendo los programas educativos desarrollados, con seguimiento periódico a los indicadores propuestos para medir el cambio de comportamiento y eficacia del programa.
- Buscar fuentes de financiación o cooperación técnica para cubrir los costos iniciales de infraestructura y logística, garantizando la operatividad del sistema en su etapa de implementación sin generar carga financiera excesiva para los comerciantes.
- Establecer un sistema de monitoreo y evaluación permanente, que permita ajustar las estrategias conforme evolucionen las dinámicas de la plaza y las necesidades de la comunidad, asegurando la mejora continua del sistema.

Bibliografía

- [1] United States Environmental Protection Agency, *Advancing sustainable materials management: Facts and figures.*, Estados Unidos, 2021.
- [2] Alcaldía de Popayán, «Popayán sí cambió, hoy cuenta con una planta de aprovechamiento de residuos orgánicos,» Popayán, 2019.
- [3] Alcaldía de Popayán, *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2020–2030 del municipio de Popayán*, Popayán: Secretaría DAFE, 2021.
- [4] URBASER E.S.P, «Informe de Gestión de Residuos en Popayán,» Popayán , 2020.
- [5] MeuResiduo, «Una visión general de los residuos sólidos en nuestro planeta,» Santa Cruz - Brazil, 2020.
- [6] DANE, «Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales – residuos sólidos (CAEFM-RS) 2019 - 2020» Bogota D.C, 2022.
- [7] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Guía para la evaluación de impactos ambientales en proyectos urbanos*, Bogota, Colombia, 2018.
- [8] *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Ginebra: Climate Change and Waste Management Report, 2022.
- [9] OCDE, «Environmental performance reviews: Waste management,» 12 Abril 2023. [En línea]. Available: <https://www.oecd.org/>.
- [10] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Minambiente,» Minambiente, 2020. [En línea]. Available: <https://www.minambiente.gov.co>.
- [11] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, *Resolución 0754 de 2014*, 2014.
- [12] Sistemas Verdes, «Aprovechamiento de residuos,» Medellin, 2021.
- [13] O. Buenrotro, G. Bernache, S. Cram y G. Bocco, «Análisis de generación de residuos sólidos en los mercados municipales de Moralia, Mexico» *Int. Contam. Ambient.*, vol. 15, n° 1, pp. 27-32, 1999.
- [14] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios , «Informe Nacional de Aprovechamiento,» REPÚBLICA DE COLOMBIA, Bogotá D.C, 2016.
- [15] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «En 2050 habría en el mundo unos 12.000 millones de toneladas de basura plástica, si no se cambian las pautas de consumo,» Bogota DC, 2022.

- [16] El nuevo Dia, «Plazas de mercado de Ibagué tendrían shut de basuras subterráneos,» Ibague, 2023.
- [17] Alcaldia de Bogotá, «Bogotá le apuesta a transformar residuos orgánicos en abono ¡Te contamos cómo!,» Bogota, 2024.
- [18] P. Medina, «La mayor central de abastos de Colombia combate el hambre y los desperdicios,» *EL PAÍS*, 15 Octubre 2024.
- [19] S. J. Santamaría Romero, «Plan de manejo integral de residuos sólidos plaza de mercado Velez Santander», trabajo de grado pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bucaramanga, 2017.
- [20] S. Y. Benavidez Suarez, «Plan de gestión integral de residuos sólidos de la plaza de mercado de Puente Nacional Santander», trabajo de grado pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Tunja, 2017.
- [21] D. León Hernández, «Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos en dos de las principales plazas de mercado (plaza de mercado barrio bolivar y plaza de mercado barrio la esmeralda), de la ciudad de Popayán Cauca», trabajo de grado pregrado, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán - Cauca, 2018.
- [22] I. C. Tovar Meneses, «Formulación del programa para el manejo integral de los residuos sólidos de la plaza de mercado “las palmas”, municipio de Popayán (Cauca)», trabajo de grado pregrado, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán, 2019.
- [23] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Resolución 1407*, 2018.
- [24] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), «Life Cycle Thinking: A Manual for Sustainable Consumption and Production», UNEP, 2020.
- [25] Ministerio de Ambiente, «Minambiente,» 2019. [En línea]. Available: https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4595-gobierno-unifica-el-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos-en-la-fuente-a-nivel-nacional?utm_source=chatgpt.com.
- [26] Secreteria de Ambiente, «Ambiente Bogotá,» 18 Mayo 2021. [En línea]. Available: https://oab.ambientebogota.gov.co/secretaria-de-ambiente-recuerda-la-importancia-de-separar-residuos-y-aprovecharlos/?utm_source=chatgpt.com.

- [27] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Guía técnica para caracterización de residuos sólidos municipales*, Bogotá: MinAmbiente, 2020.
- [28] Instituto Colombiano de Normas Técnicas, «gtc 024: Guía Técnica Colombiana para la caracterización de residuos sólidos», ICONTEC, 2020.
- [29] Ingeniería Ambiental Colombiana, «Técnicas de muestreo para residuos sólidos», 2019.
- [30] E. J. Juspian Anacona, «Formulación de un plan de gestión para el manejo eficiente de los residuos sólidos en la plaza de mercado “Alfonso López”, Popayán (Cauca)», Trabajo de grado pregrado, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán, 2019.
- [31] L. E. Sanchez, *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.*, São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- [32] Parlamento Europeo, *Directiva 2008/98/CE sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.*, 2008.
- [33] Urbaser S.A. E.S.P, «Informe de gestión de residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario Los Picachos.» Documento institucional interno (consulta previa autorizada), Popayán.
- [34] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, C., y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill Education., 2014.
- [35] M. del S. Naranjo Márquez y M. Muete Benavidez «Plan de gestión integral de residuos plaza de mercado la 21,» Fundación Universitaria los Libertadores , 2020.
- [36] International Organization for Standardization, *Environmental management systems — Requirements with guidance for use. ISO.*, ISO 14001:2015, 2015.
- [37] L. B. Leopold, F. E. Clarke, B. B. Hanshaw y J. R. Balsley, *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*, Geological Survey Circular 645, U.S. Department of the Interior., 1971.
- [38] D. G. Orea, *Evaluación de Impacto Ambiental*, Mexico DF: MP, 2013.
- [39] V. Conesa, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Mundi-Prensa Libros, 2010.
- [40] L. F. U. Villamil, *Manual de Impacto Ambiental*, Mexico DF: Editores U, 2018.
- [41] D. C. Bastidas y F. Erazo Melo, «Formulación del plan de manejo ambiental para la plaza de 1 mercado satélite en la ciudad de San Juan de Pasto»,

Trabajo de grado pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia , Pasto, 2019.

- [42] G. Tchobanoglous, H. Theissen y R. Eliassen «Gestión integral de residuos sólidos» McGraw-Hill, 2014.
- [43] Environmental Protection Agency (EPA), «Solid Waste Management best Practices», 2021.
- [44] M. P. Bernal, J. A. Albuquerque y R. Moral, "Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review" *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 22, pp. 5444–5453, Nov. 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2008.11.027.
- [45] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013.
- [46] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente., Producción más limpia y eficiencia de recursos, 2011.
- [47] A. M. Carolina Marin, «Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)» MINVIVIENDA, 2015.
- [48] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales., «Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos» Mexico, 2020.
- [49] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente., «Perspectiva mundial de la gestión de residuos» Naciones Unidas, 2018.
- [50] M. García y L. Perez, Generación y composición de residuos sólidos en mercados municipales de América Latina., 2019.
- [51] F. Z. Guido Acurio, «Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en américa latina y el caribe» *Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana*, pp. 97-107, 1997.
- [52] K. RAAB, «Revisión bibliográfica sobre la gestión de residuos sólidos y el comportamiento de eliminación en la base de la pirámide», *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, vol. 12, n.º 1, 2024.
- [53] F. B. Awino y S. E. Apitz, «Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review», *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 20, n.º 1, pp. 9-35, 2023.

- [54] M. Gómez y L. Soto, «Gestión de residuos sólidos en mercados urbanos y su impacto en la salud pública», *Revista Mexicana de Ciencias Ambientales*, vol. 2, n° 45-60, p. 9, 2018.
- [55] D. C. Wilson, L. Rodic, A. Scheinberg, C. A. Velis y G. Alabaster, «Comparative analysis of solid waste management in 20 cities», *Waste Management & Research*, vol. 30, n° 3, pp. 237-254, 2012.
- [56] M. Medina, «Solid wastes, poverty and the environment in developing country cities», United Nations University Press., 2010.
- [57] A. Pérez y J. Ramirez, «Percepción ciudadana sobre los servicios de recolección de residuos sólidos en mercados municipales», *Revista Latinoamericana de Gestión Ambiental*, vol. 14, n.º 1, pp. 67-82, 2020.
- [58] L. Abarca Guerrero, G. J. Maas y W. Hogland, «Solid waste management challenges for cities in developing countries», *Waste Management*, vol. 33, n.º 1, pp. 220-232, 2013.
- [59] G. Bernache-Pérez, S. Sánchez-Colón, A. M. Garmendia, A. Dávila-Villarreal y M. E. Sánchez-Salazar, «Solid waste characterization study in the Guadalajara Metropolitan Zone, Mexico», *Waste Management*, vol. 19, n.º 5, pp. 413-424, 2001.
- [60] C. Zurbrügg, M. Gfrerer, H. Ashadi, W. Brenner y D. Küper, «Determinants of sustainability in solid waste management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia», *Waste Management*, vol. 32, n.º 11, p. 2126–2133, 2012.
- [61] O. Buenrostro y G. Bocco, «Solid waste management in municipalities in Mexico: Goals and perspectives. Resources», *Conservation and Recycling*, vol. 39, n.º 3, p. 251–263, 2003.
- [62] D. Hoornweg y P. Bhada-Tata, «What a waste: A global review of solid waste management», World Bank., 2012.
- [63] S. Cointreau, «Occupational and environmental health issues of solid waste management: Special emphasis on middle- and lower-income countries», World Bank, 2006.
- [64] Organización Panamericana de la Salud OPS, *Gestión sanitaria de residuos sólidos en América Latina*, OPS, 2021.
- [65] H. Collazos, *Diseño y operación de rellenos sanitarios*, Bogotá DC: Escuela Nacional de Ingeniería, 2008.

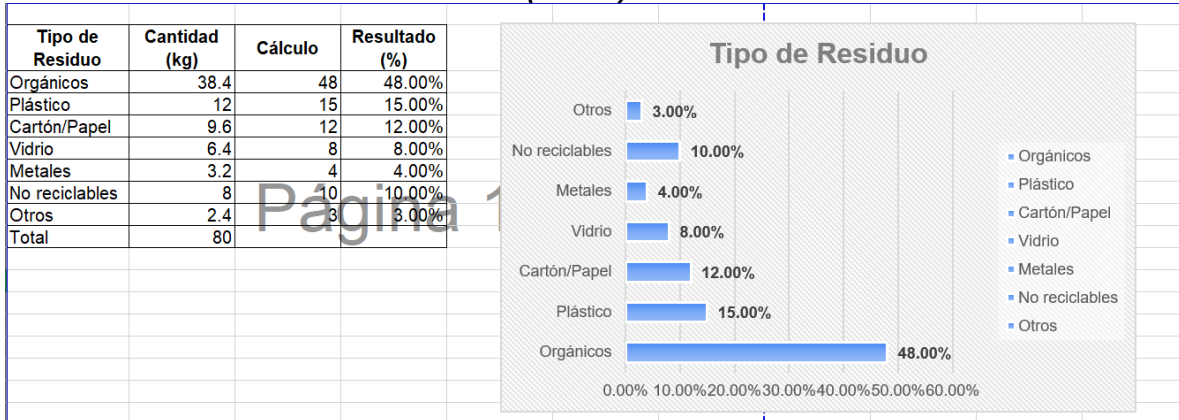
- [66] ESP, Urbaser SA, «Informe de disposicion anual de residuos solidos 2023», Popayán, 2024.
- [67] The Food Tech, «El reciclaje en Latinoamérica: ¿cuál es el panorama actual en la región?», NSF, Mexico, 2024.
- [68] Revista PyM, «Cinco curiosidades sobre el reciclaje en Colombia», Bogota D.C, 2023.
- [69] Federacion de municipios, «Popayán fortalece economía y cuidado del medio ambiente a través del Fondo de Reciclaje», Bogota DC, 2023.
- [70] Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, «Informe de gestión ambiental en plazas distritales», Bogotá, 2021.
- [71] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PNGIRS)*, 2020.
- [72] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, *Lineamientos para la formulación de planes municipales de gestión de residuos sólidos*, 2018.
- [73] S. Aguilar-Barojas, «Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud», *Salud en Tabasco*, vol. 11, n.º 1-2, 2005.
- [74] E. Alayón Castro, «Guía para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos», *INVENTUM*, vol. 15, n.º 29, pp. 76-94, 2020.
- [75] Green Progress, «Green Progress,» 13 11 2024. [En línea]. Available: <https://evaluaciondeimpactoambiental.com/matriz-conesa/>. [Último acceso: 20 05 2025].
- [76] POT, «Plan de Ordenamiento Territorial,» Popayán, 2021.
- [77] DAFE, «Estudio tecnico sobre generacion de residuos en la Central de abastos de Popayán,» Popayán, 2020.

ANEXOS

Anexos 1 Respuestas de las encuestas formuladas en campo

Fecha temporal	Módulo I. INFORMACIÓN GENERAL		Sexo	Edad	Tipo de producto que comercializa	Años de antigüedad en la plaza de mercado	CONOCIMIENTOS Y ACCIONES		2. ¿Que clase de residuo se genera en su negocio?	3. ¿Dónde deposita o almacena los residuos de su negocio?
	Nombre y Apellido						1. ¿Sabe usted que es un residuo?			
2/10/2025 15:49:30	Anji Alvarado		Femenino		30 Granos y Abarotes		16	Si	Plastico	Bolsa Plastica
2/10/2025 18:31:02	Wilfrán Ruiz carvajal		Masculino		40 Granos y Abarotes	1 año		Si	Papel	Bolsa Plastica
2/13/2025 9:58:52	Leidy Córdoba		Femenino		40 Granos y Abarotes	4 meses		Si	Papel	Bolsa Plastica
2/18/2025 19:01:09	Esperanza Gumete		Femenino		36 Verduras	9 años		Si	Plastico	Otros
2/27/2025 20:53:01	Carmen Aleida Hoyos Rengifo		Femenino	56 años	Verduras	Un mes		Si	Restos de frutas y verduras	Caneca
3/13/2025 17:06:56	Jesúsita		Femenino		72 Granos y Abarotes		19	Si	Restos de comida	Caneca
3/13/2025 17:18:12	Sonia maría Fernández		Femenino		45 Verduras		19	No	Restos de frutas y verduras	Costal
3/13/2025 17:18:31	Angela Yuliett Alegría		Femenino		30 Granos y Abarotes		2	Si	Plastico	Caneca
3/13/2025 17:31:03	Liz Erida Quillino		Femenino		30 Verduras	14 años		Si	Restos de frutas y verduras	Bolsa Plastica
3/13/2025 17:32:12	Maribel Ipiá		Femenino		48 Granos y Abarotes	10 años		Si	Plastico	Bolsa Plastica
3/13/2025 18:12:13	Miriam Meneses		Femenino		52 Granos y Abarotes	23 años		Si	Plastico	Bolsa Plastica
3/14/2025 7:34:45	Claudia Patricia Mejía		Femenino		30 Pescado		10	Si	Restos de comida	Caneca
3/14/2025 14:45:05	María edith gallardo		Femenino		43 Granos y Abarotes	2 años		Si	Papel	Bolsa Plastica
3/14/2025 15:34:01	Saray bahamon		Femenino		22 Granos y Abarotes		1	Si	Restos de frutas y verduras	Caneca
3/15/2025 17:08:52	Rosio Rivera		Femenino		50 Granos y Abarotes		20	Si	Plastico	Bolsa Plastica

Anexos 2 Gráficos de la encuesta (Excel)



Anexos 3 Matriz de Leopold

Actividades / Componentes	Calidad del aire	Suelo	Aguas superficiales	Salud humana	Paisaje urbano	Fauna urbana	Ruido ambiental
Generación de residuos orgánicos	-4 / 3	-5 / 4	-3 / 2	-6 / 4	-2 / 2	-2 / 1	
Disposición inadecuada de residuos	-6 / 5	-7 / 6	-6 / 5	-7 / 5	-3 / 2	-3 / 2	
Ausencia de separación en la fuente	-3 / 2	-4 / 3	-2 / 1	-5 / 3	-1 / 1	-1 / 1	
Almacenamiento prolongado	-4 / 3	-4 / 3	-5 / 4	-6 / 4	-2 / 1	-3 / 2	-1 / 1
Recolección irregular	-3 / 2	-4 / 3	-4 / 3	-5 / 3	-1 / 1	-2 / 1	
Quema de residuos ocasional	-7 / 5	-5 / 4	-6 / 4	-8 / 6	-3 / 2	-2 / 1	-3 / 2

Anexos 4 Matriz de Condesa

Impacto	N	I	Ex	Po	Du	Rv	Sl	Ac	EF	Pr	Mc	IAP	Clasificación	Discusión
Acumulación de residuos orgánicos	-1	3	3	3	2	2	2	3	2	3	2	-31	Moderada (Md)	'Acumulación de residuos orgánicos' fue clasificado como impacto moderado con una IAP de -31. Estos impactos requieren monitoreo constante y medidas correctivas proporcionales para evitar que escalen en severidad.
Disposición inadecuada de plásticos	-1	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	-28	Moderada (Md)	'Disposición inadecuada de plásticos' fue clasificado como impacto moderado con una IAP de -28. Estos impactos requieren monitoreo constante y medidas correctivas proporcionales para evitar que escalen en severidad.
Vertimiento de líquidos al suelo	-1	3	2	2	3	3	1	2	2	2	1	-26	Moderada (Md)	'Vertimiento de líquidos al suelo' fue clasificado como impacto moderado con una IAP de -26. Estos impactos requieren monitoreo constante y medidas correctivas proporcionales para evitar que escalen en severidad.
Generación de olores ofensivos	-1	2	2	3	2	1	2	2	2	3	2	-26	Moderada (Md)	'Generación de olores ofensivos' fue clasificado como impacto moderado con una IAP de -26. Estos impactos requieren monitoreo constante y medidas correctivas proporcionales para evitar que escalen en severidad.
Obstrucción de desagües por residuos	-1	3	2	3	3	2	2	2	2	3	1	-28	Moderada (Md)	'Obstrucción de desagües por residuos' fue clasificado como impacto moderado con una IAP de -28. Estos impactos requieren monitoreo constante y medidas correctivas proporcionales para evitar que escalen en severidad.
Contaminación visual por desechos	-1	1	2	3	1	1	1	1	1	2	2	-20	Irrelevante (Irr)	'Contaminación visual por desechos' fue evaluado como irrelevante (IAP de 20), lo que sugiere un efecto ambiental de baja significancia. Sin embargo, no debe descartarse completamente en el contexto de una gestión integral.