



Evaluación de la gestión de residuos clandestinos (RCD, voluminosos y llantas) y análisis de sitios con inadecuada disposición de residuos sólidos en el Distrito de Medellín en el periodo 2021 – 2023.

Jose Aníbal Castaño Morales

Informe de práctica para optar por el título de Ingeniero Sanitario

Asesora

Lina Claudia Giraldo Buitrago, PhD en Ingeniería

Universidad de Antioquia
Escuela Ambiental – Facultad de Ingeniería
Ingeniería Sanitaria

Medellín

2024

Cita

(Castaño Morales, 2024)

Referencia

(Castaño Morales, 2024). *Evaluación de la gestión de residuos clandestinos (RCD, voluminosos y llantas) y análisis de sitios con inadecuada disposición de residuos sólidos en el Distrito de Medellín en el periodo 2021 – 2023*. [Pregrado]. Universidad de Antioquia, Medellín UdeA.

Estilo APA 7 (2020)



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios y a mis padres, quienes con su sacrificio, apoyo y entrega me han brindado las herramientas necesarias para alcanzar esta meta. Gracias por acompañarme siempre en cada paso de este proceso académico.

A mis hermanos, por ser ejemplos de responsabilidad y fortaleza, y a mis sobrinos, quienes han llenado mi vida de amor y alegría.

A mi novia, quien con su perseverancia y espíritu de superación han sido una inspiración constante y una motivación para mí en este camino.

A mí mismo por la constancia y perseverancia a lo largo de este sueño lleno de aprendizaje.

A toda mi familia, por creer en mí, impulsarme y ayudarme a superar cada desafío. A cada uno de ustedes, dedico este proyecto de prácticas.

Agradecimientos

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, por brindarme la oportunidad de vivir esta experiencia enriquecedora. A la Subsecretaría de Gestión Ambiental y a mi tutora Jenny Alejandra Gómez, gracias por su apoyo y por hacerme parte de este proyecto tan significativo para mi desarrollo personal y profesional. También agradezco profundamente al equipo de residuos sólidos, en especial a mi equipo de RCD, por su colaboración y compromiso. Gracias infinitas a mi asesora de práctica, la profesora Lina Claudia Giraldo, por su disposición, orientación y apoyo continuo a lo largo de este proyecto de prácticas.

A mi querida Universidad de Antioquia, mi Alma Máter, por formarme académica y personalmente, y a cada uno de los profesores que han contribuido en mi proceso de aprendizaje. Asimismo, quiero expresar mi gratitud a mi compañera Nataly Martínez quien colaboró conmigo en la realización de la encuesta, aportando su tiempo y esfuerzo para enriquecer este trabajo. Esta experiencia quedará siempre en mi memoria como una etapa fundamental de mi crecimiento y formación.

Contenido

Resumen.....	10
Abstract	11
1. Planteamiento del problema.....	13
2. Justificación	14
3. Objetivos.....	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4. Ubicación y área de estudio	16
6. Metodología.....	22
6.1 Revisión bibliográfica.	22
6.2 Identificación de las zonas y comunas con más volumen de recolección.....	22
6.3 Georreferenciación de los puntos de recolección.....	23
6.4 Estudio de posibles causas de sitios críticos.	23
6.5 Revisión y análisis del plan de acción de RCD.....	24
7. Resultados.....	24
7.1 Consolidación de la base de datos.....	24
7.2 Visualización de datos de recolección por medio de Power BI.	25
7.2.1 Volumen de recolección por año.....	29
7.2.2 Comportamiento mensual de recolección durante el periodo de estudio.....	30
7.2.3 Comportamiento de recolección de residuos clandestinos por zonas.	32
7.2.4 Comportamiento de recolección de residuos clandestinos por comuna.....	34
7.3 Georreferenciación de los puntos de recolección.....	37
7.3.1 RCD.....	37
7.3.2 Residuos Voluminosos.....	38

7.3.3	Llantas usadas.	39
7.4	Registro fotográfico de puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos.	40
7.4.1	Comuna 4 (Aranjuez).	40
7.4.2	Comuna 10 (La Candelaria).	43
7.5	Encuesta Comuna 15 (Guayabal).....	44
7.5.1	Conocimiento de puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos y manejo de residuos 46	
7.5.2	Prácticas de disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y residuos voluminosos.....	48
7.5.3	Percepción de la efectividad de la información	50
7.5.4	Opiniones sobre sanciones y factores ambientales	53
7.6	Evaluación de las líneas estratégicas del plan de acción de RCD.....	56
7.6.1	Línea de Educación Ambiental	56
7.6.2	Línea de Articulación Interinstitucional.....	57
7.6.3	Línea de Fortalecimiento a Gestores y Aprovechamiento de RCD	58
7.6.4	Línea de Intervenciones Técnicas y Ambientales	59
7.6.5	Línea de Comunicación y Promoción	59
8.	Conclusiones	61
	Referencias	64
	Anexos.....	66

Lista de tablas

Tabla 1. Estructura de la base de datos.	25
--	----

Tabla de gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de residuos recolectados durante el periodo de estudio.	28
Gráfica 2. Volumen de recolección por año y tipo de residuos.	29
Gráfica 3. Comportamiento mensual de recolección de residuos clandestinos en los tres años del periodo de estudio.	31
Gráfica 4. Volumen de recolección de residuos clandestinos categorizado por zona, tipo de residuo y año.	33
Gráfica 5. Volumen de recolección de residuos clandestinos categorizado por comuna, tipo de residuo y año.	35
Gráfica 6. Volumen de recolección de residuos clandestinos en la Comuna 15.....	45
Gráfica 7. Respuestas a la pregunta “¿Sabe usted que es un punto crítico?”.....	47
Gráfica 8. Respuesta a pregunta “¿Que es un residuo aprovechable?”.....	47
Gráfica 9. Respuestas a pregunta "Cuando genera RCD o residuos voluminosos, ¿qué hace con ellos y como los gestiona?".....	49
Gráfica 10. Resultados a pregunta "¿Has observado la presencia de residuos de construcción y demolición (RCD), voluminosos o llantas arrojadas ilegalmente (clandestinos) en tu comuna?".....	49
Gráfica 11. Respuestas a pregunta "¿Alguna vez ha recibido información sobre el manejo de los residuos sólidos?".....	51
Gráfica 12. Respuestas a pregunta "¿Considera que la forma como le han brindado la información ha sido efectiva, relevante y ha funcionado para las problemáticas que se presentan en la comuna 15?".....	51
Gráfica 13. Respuestas a pregunta "¿Sabe usted que los RCD y residuos voluminosos son responsabilidad del generador y NO del municipio?".....	52
Gráfica 14. Respuesta a pregunta "¿Has visto a la Policía imponer comparendos o sanciones por la disposición clandestina de residuos en tu comuna?".....	54
Gráfica 15. Respuestas a pregunta "¿Crees que la congestión vehicular o la dificultad de acceso en su sector afecta la recolección y disposición adecuada de residuos?".....	54

Gráfica 16. Respuestas a pregunta "¿Crees que la falta de vigilancia y control en espacios poco transitados o abandonados favorece la acumulación de residuos en la comuna?".....55

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación área de estudio.....	16
Ilustración 2. División por zonas del Distrito de Medellín.....	17
Ilustración 3. Esquema del plan de acción de RCD.....	21
Ilustración 4. Tablero dinámico recolección de residuos clandestinos por comuna.....	26
Ilustración 5. Tablero dinámico recolección de residuos clandestinos por zona.....	26
Ilustración 6. Georreferenciación de puntos de recolección de RCD y mapa de calor	37
Ilustración 7. Georreferenciación de puntos de recolección de residuos voluminosos y mapa de calor.....	38
Ilustración 8. Georreferenciación de puntos de recolección de llantas usadas y mapa de calor. .	39
Ilustración 9. Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Puente del Mico).	40
Ilustración 10. Antes y después de punto con inadecuada gestión de residuos sólidos durante el periodo de estudio (Puente de la madre Laura).....	41
Ilustración 11. Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Aranjuez Calle 95A).	41
Ilustración 12. Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Curva del diablo).....	42
Ilustración 13. Punto de inadecuada gestión de llantas usadas (centro de la ciudad).....	43
Ilustración 14. Punto de inadecuada gestión de llantas usadas (El Chagualo).	44

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburra.
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
Emvarias	Empresas Varias de Medellín.
GIA	Grupo de Intervenciones Ambientales.
PAT	Punto de Acopio Temporal.
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
PQRS	Sistema de Peticiones, Quejas, Reclamos y Sugerencias.
RCD	Residuos de Construcción y Demolición.
Respel	Residuos Peligrosos.
SMA	Secretaría de Medio Ambiente.
UdeA	Universidad de Antioquia.

Resumen

En el presente proyecto se aborda la disposición inadecuada de residuos sólidos, especialmente residuos de construcción y demolición (RCD), residuos especiales voluminosos y llantas usadas, que han sido abandonados clandestinamente en áreas públicas del Distrito de Medellín, generando impactos negativos en el medio ambiente y en la salud pública.

El objetivo general del proyecto es evaluar la gestión de residuos clandestinos (RCD, voluminosos y llantas) en el Distrito de Medellín, utilizando un registro histórico de recolección desde el año 2021 hasta el año 2023, con el fin de determinar los sectores donde más se recolectan y más se generan residuos clandestinos. Utilizando registros históricos de recolección y herramientas de georreferenciación como QGIS y de análisis como Power BI, se localizó geográficamente las zonas con mayor recurrencia de residuos clandestinos y se analizaron sus volúmenes de recolección. Además, se realizó una encuesta en la comuna 15 (Guayabal), que permitió obtener datos cualitativos sobre las dinámicas locales y las posibles causas del problema, considerando aspectos socioeconómicos, urbanísticos y comportamentales.

Este análisis, complementado con la revisión del plan de acción de RCD, reveló que las comunas con mayor recolección de residuos clandestinos fueron las comunas 4 (Aranjuez) y la comuna 10 (La Candelaria), además los resultados también sugieren que la informalidad en la gestión, la falta de infraestructura adecuada y la indisciplina ciudadana son factores clave que contribuyen a los puntos críticos de residuos. La evaluación de las líneas estratégicas del plan de acción de RCD indicó avances en algunas áreas, pero también identificó la necesidad de fortalecer la coordinación interinstitucional, mejorar la sensibilización en las zonas más vulnerables y asegurar una asignación presupuestaria constante para garantizar la efectividad y continuidad de las intervenciones.

Palabras clave: Residuos clandestinos, RCD, residuos voluminosos, llantas usadas, puntos con inadecuada disposición de residuos sólidos, gestión de residuos sólidos.

Abstract

This project addresses the improper disposal of solid waste, specifically construction and demolition waste (C&D), bulky special waste, and used tires, which have been illegally dumped in public areas throughout the District of Medellín, causing negative impacts on the environment and public health.

The main objective of the project is to evaluate the management of clandestine waste (C&D, bulky, and tires) in Medellín, using historical collection records from 2021 to 2023 to determine the sectors with the highest occurrence of such waste. By utilizing historical collection records and georeferencing tools such as QGIS and analytical tools like Power BI, the most recurrent illegal waste disposal areas were geographically identified, and their collection volumes were analyzed. Additionally, a survey was conducted in the 15th commune (Guayabal), providing qualitative data on local dynamics and possible causes of the issue, considering socioeconomic, urban, and behavioral factors.

The analysis, combined with a review of the C&D waste action plan, revealed that the communes with the highest collection of clandestine waste were Commune 4 (Aranjuez) and Commune 10 (La Candelaria). The results also suggest that informality in waste management, inadequate infrastructure, and citizen indiscipline are key factors contributing to the critical waste disposal sites. The evaluation of the strategic lines of the C&D action plan showed progress in some areas, but also highlighted the need to strengthen interinstitutional coordination, improve awareness in more vulnerable areas, and ensure continuous budget allocation to guarantee the effectiveness and sustainability of the interventions.

Keywords: Clandestine waste, C&D waste, bulky waste, used tires, improper waste disposal sites, waste management.

Introducción

La disposición inadecuada de residuos sólidos, especialmente los residuos de construcción y demolición (RCD), residuos voluminosos y llantas usadas, ha sido una problemática persistente en el Distrito de Medellín. Estos residuos, abandonados clandestinamente en áreas públicas, generan impactos negativos en el medio ambiente, la salud pública y la calidad de vida de los habitantes. A pesar de los esfuerzos institucionales para mitigar este problema, factores como la informalidad en la gestión, la falta de infraestructura adecuada y la indisciplina ciudadana continúan siendo barreras para una solución efectiva (Alcaldía de Medellín, 2021).

El presente proyecto se centra en la evaluación de la gestión de residuos clandestinos en Medellín, utilizando registros históricos de recolección entre 2021 y 2023 y herramientas de georreferenciación como QGIS y Power BI. El objetivo principal fue identificar las zonas más críticas de disposición ilegal de residuos, analizar las posibles causas de estas acumulaciones y evaluar el plan de acción de RCD implementado en el marco del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). A través del análisis de los registros de recolección, se georreferenciaron los puntos con mayor recurrencia de residuos clandestinos, destacándose las comunas 4 (Aranjuez) y 10 (La Candelaria) como las áreas con mayores volúmenes de recolección.

La encuesta realizada en la comuna 15 (Guayabal) brindó valiosos datos cualitativos, revelando dinámicas locales relacionadas con el comportamiento de la comunidad y las deficiencias en la infraestructura de gestión. Los resultados evidencian que la informalidad y la falta de infraestructura adecuada son factores clave en la persistencia de los puntos críticos. La evaluación del plan de acción de RCD mostró avances, pero también subrayó la necesidad de mejorar la coordinación interinstitucional y reforzar las campañas de sensibilización en las zonas más vulnerables.

En conclusión, los hallazgos de este proyecto proporcionan una visión clara de las áreas más afectadas por la disposición de residuos clandestinos y las causas subyacentes de este problema. Si bien se identificaron algunas áreas de avance, también se evidenció la urgencia de continuar fortaleciendo las estrategias existentes, especialmente a través de una mayor asignación presupuestaria y un trabajo interinstitucional más coordinado.

1. Planteamiento del problema

En el Distrito de Medellín, la disposición inadecuada de residuos clandestinos representa una problemática ambiental y social significativa. Este tipo de residuos, en particular los residuos de construcción y demolición (RCD), residuos voluminosos y llantas usadas, se encuentran en zonas urbanas y rurales, siendo depositados en espacios no autorizados como calles, zonas verdes, ríos y quebradas. Esta situación afecta la estética urbana y la salud pública y contribuye a la contaminación de suelos y cuerpos de agua, afectando los ecosistemas locales.

Pese a los esfuerzos de recolección y limpieza implementados por la administración local, el volumen de residuos clandestinos recolectados sigue siendo elevado, con una predominancia notable de RCD. Además, la recolección y disposición adecuada de estos residuos depende en gran medida del comportamiento ciudadano y del grado de vigilancia y control en cada sector. Las comunas urbanas presentan mayores acumulaciones de residuos clandestinos que los corregimientos rurales, lo que señala una tendencia que podría estar ligada a factores socioeconómicos, falta de vigilancia o dificultad de acceso a sitios autorizados de disposición final.

La falta de conciencia ciudadana sobre la gestión adecuada de residuos sólidos, sumada a la percepción de sanciones poco efectivas y a los pocos Puntos de Acopio Temporal autorizados en el Distrito contribuye a perpetuar la disposición inadecuada de residuos. Aunque existen estrategias para abordar estas problemáticas, su implementación ha sido limitada debido a la falta de recursos, y se ha priorizado la recolección de residuos clandestinos, ofreciendo una solución que actúa al final de la cadena sin atacar el origen del problema. Esta insuficiente aplicación de las estrategias dificulta una reducción de la disposición inadecuada de residuos, permitiendo que la problemática persista y, potencialmente, se agrave. En este contexto, resulta necesario analizar detalladamente el comportamiento de generación y disposición de residuos clandestinos en las distintas comunas y corregimientos de Medellín durante el periodo 2021-2023, con el objetivo de identificar sectores con gestión inadecuada de residuos sólidos y comprender los factores que motivan estas prácticas.

2. Justificación

Este proyecto tiene como objetivo analizar los sectores con mayor recolección y generación de residuos clandestinos en el Distrito de Medellín, con un enfoque en el periodo comprendido entre 2021 y 2023. La importancia de este análisis radica en la necesidad de diseñar y reforzar estrategias de gestión de residuos sólidos más eficientes y adaptadas a las particularidades de cada comuna y corregimiento. El estudio permitirá no solo identificar las zonas de mayor recolección y generación de RCD, residuos voluminosos y llantas usadas, sino también comprender los factores sociales, económicos y de infraestructura que inciden en esta problemática.

Mediante la georreferenciación de los puntos de recolección y el análisis de datos de recolección, se busca obtener información precisa sobre los volúmenes y tipos de residuos generados en cada zona, lo que permitirá a la Secretaría de Medio Ambiente priorizar recursos y diseñar políticas basadas en evidencia. Este proyecto también incluye un componente de educación ambiental que puede influir en la percepción y comportamiento de los ciudadanos frente a la disposición de residuos, promoviendo prácticas sostenibles y fomentando una mayor responsabilidad en la generación y manejo de residuos sólidos.

En conclusión, este proyecto no solo responde a la necesidad de mejorar la gestión de residuos en Medellín, sino que también proporciona una herramienta para la toma de decisiones informadas, con el potencial de reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida en el distrito.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la gestión de residuos clandestinos (RCD, voluminosos y llantas) en el Distrito de Medellín, utilizando un registro histórico de recolección desde el año 2021 hasta el año 2023, con el fin de determinar los sectores donde más se recolectan y más se generan residuos clandestinos, ubicar geográficamente los sitios más críticos y proponer estrategias para mitigar esta problemática.

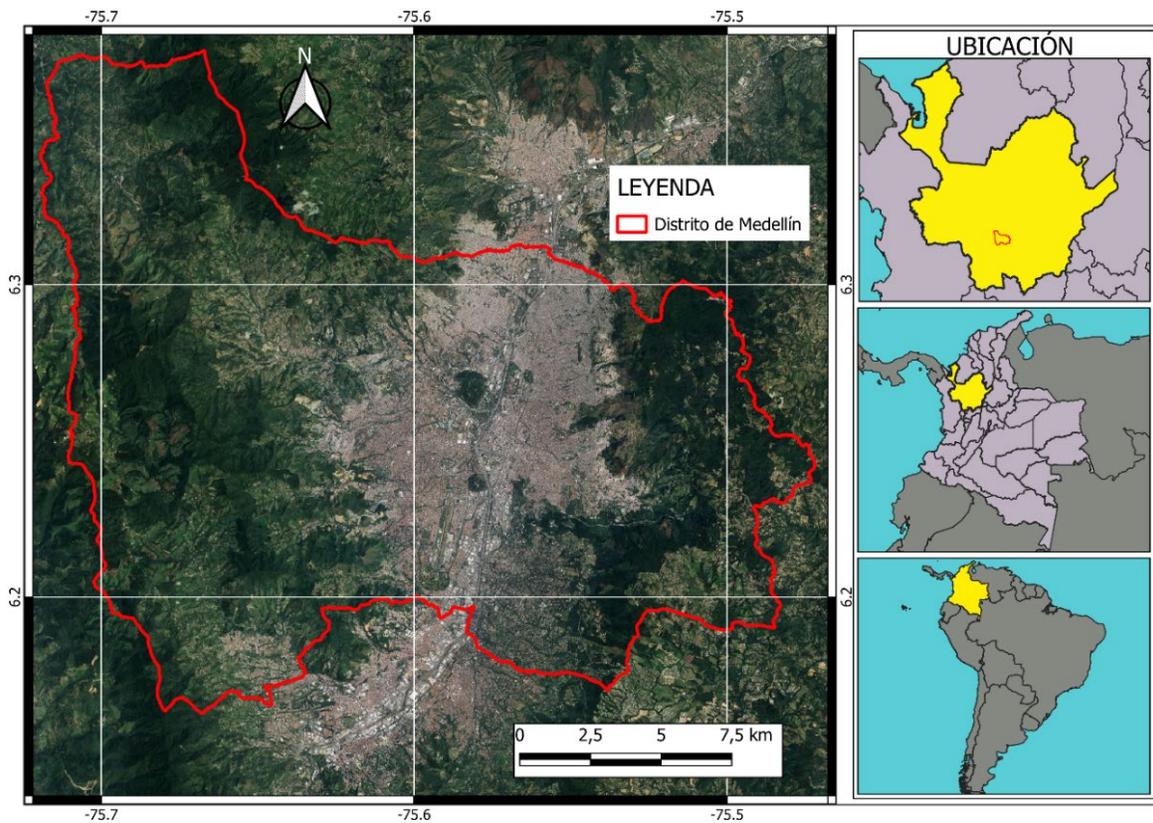
3.2 Objetivos específicos

- Identificar los sectores más frecuentes de recolección de residuos clandestinos en el Distrito de Medellín, utilizando el registro de recolecciones de este tipo de residuos.
- Analizar la ubicación de los sitios críticos identificados en la ciudad de Medellín, a partir de la georreferenciación de estos, con el fin de facilitar la identificación de áreas críticas que requieran una mayor intervención.
- Estudiar las posibles causas de sitios críticos en términos de recolección de residuos clandestinos, considerando algunos factores (Socioeconómicos, urbanísticos y de comportamiento de la comunidad).
- Evaluar las líneas estratégicas del plan de acción de RCD, para mitigar los sitios más críticos en cuanto a recolección de residuos clandestinos y proponer ajustes con base en los hallazgos de análisis de causas en caso de ser necesario.

4. Ubicación y área de estudio

El proyecto se desarrollará en el distrito de Medellín, ubicado al noroccidente de Colombia sobre la cordillera central con una altitud media de 1495 msnm, es la capital del departamento de Antioquia y es el ente territorial principal del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Es la ciudad más poblada del departamento de Antioquia y la segunda ciudad más poblada de Colombia después de Bogotá, con una población en el 2024 de 2.62 millones de habitantes (DANE, 2024).

Ilustración 1. Ubicación área de estudio.

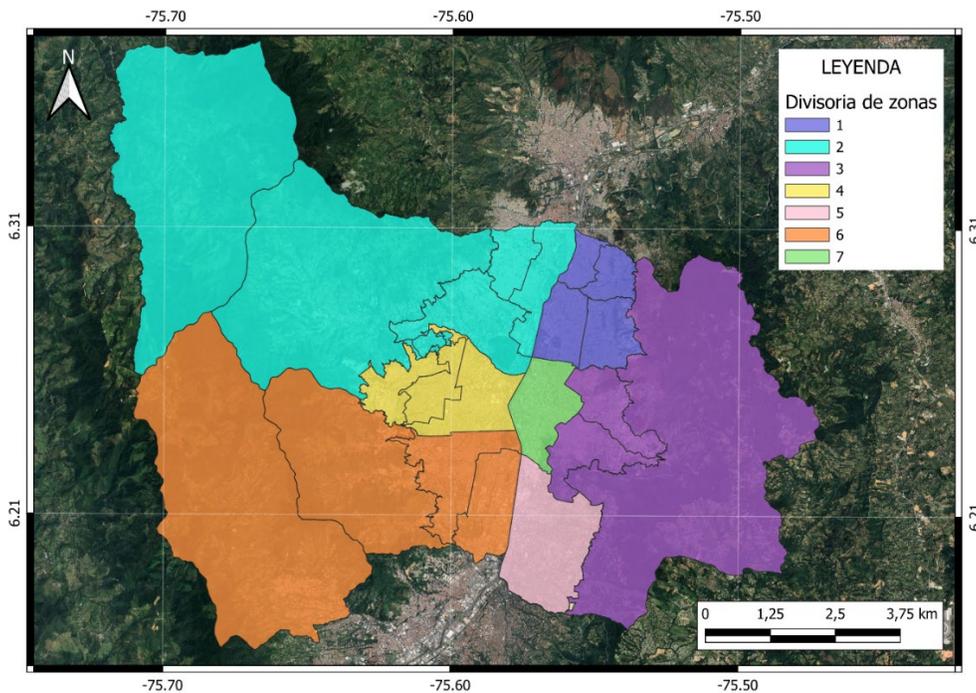


La división administrativa está conformada por 16 comunas y 5 corregimientos, siendo las 16 comunas la parte urbana y los 5 corregimientos la parte rural del distrito.

En el marco de la gestión de residuos clandestinos, todo el distrito de Medellín está dividido en 7 zonas, las cuales están conformadas así:

- **Zona 1:** Comuna 1 – Santo Domingo Sabio, Comuna 2 – Santa Cruz, Comuna 3 – Manrique y Comuna 4 – Aranjuez.
- **Zona 2:** Comuna 5 – Castilla, Comuna 6 – 12 de Octubre, Comuna 7 – Robledo, Corregimiento 50 – San Sebastián de Palmitas y Corregimiento 60 – San Cristóbal.
- **Zona 3:** Comuna 8 – Villa Hermosa, Comuna 9 – Buenos Aires y Corregimiento 90 – Santa Elena.
- **Zona 4:** Comuna 11 – La América, Comuna 12 – La Floresta y Comuna 13 – San Javier.
- **Zona 5:** Comuna 14 – El Poblado.
- **Zona 6:** Comuna 15 – Guayabal, Comuna 16 – Belén, Corregimiento 70 – Altavista y Corregimiento 80 – San Antonio de Prado.
- **Zona 7:** Comuna 10 – La Candelaria.

Ilustración 2. División por zonas del Distrito de Medellín.



El Distrito de Medellín cuenta con variabilidades urbanas y socioeconómicas significativas entre sus diferentes zonas, lo que influye directamente en la disposición y generación de residuos clandestinos en todo el Distrito. Las diferencias de los niveles de ingreso, la disparidad en acceso a servicios públicos y educación, son factores que han contribuido a la proliferación de sitios de

disposición de residuos clandestinos, especialmente en las comunas densamente más pobladas, de difícil acceso y de menor nivel socioeconómico.

5. Marco teórico

Los residuos sólidos clandestinos son aquellos que son abandonados en las áreas públicas de los territorios, encontrándose principalmente residuos especiales como los de construcción y demolición (RCD), voluminosos (colchones, muebles, escaparates, entre otros), residuos posconsumo como llantas usadas y peligrosos (Respel). En el Distrito de Medellín la Secretaría de Medio Ambiente es la encargada de realizar la recolección, transporte, aprovechamiento, disposición final y tratamiento de estos tipos de residuos (Alcaldía de Medellín, 2021).

La inadecuada gestión de residuos clandestinos es un factor de deterioro ambiental y paisajístico para la ciudad, afectando tanto al espacio público como a los elementos que componen la Estructura Ecológica Principal (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

La gestión de estos residuos se encuentra en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS del Distrito de Medellín, este plan es el documento rector para la gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Medellín, que permite articular la Gestión de los residuos y la prestación del servicio público de aseo, con el cual se prioriza los programas y proyectos en torno a la prestación del servicio público de aseo, la gestión de los residuos y la dignificación de la población recicladora como parte esencial del plan, y potencializa nuevas fuentes de trabajo a partir de los residuos aprovechables (Alcaldía de Medellín, 2022).

Los tipos de residuos que harán parte de este proyecto son los residuos de construcción y demolición (RCD), los residuos especiales voluminosos y las llantas usadas. Los RCD son todos los restos sólidos que se generan después de realizar una obra en una casa o de las actividades de demolición, excavación, construcción y/o reparación de obras civiles (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

La clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD) se divide en residuos susceptibles de aprovechamiento y los residuos no susceptibles de aprovechamiento. Dentro de los susceptibles de aprovechamiento se encuentran los residuos pétreos, residuos finos no expansivos, residuos finos expansivos, tierra negra, bióticos, residuos metálicos, residuos no pétreos, entre otros. Mientras que en los no susceptibles de aprovechamiento se encuentran los residuos

corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos (biológicos), también se encuentran los residuos contaminados con residuos peligrosos, residuos contaminados no peligrosos y los residuos no aptos para reuso (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023).

Las principales normas que reglamenta la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) son la Resolución 754 de 2014 – PGIRS, la Resolución 472 de 2017 – Por la cual se reglamenta la gestión integral de los RCD, la Resolución 1257 de 2021, el Acuerdo 062 de 2009 y el Decreto 1609 de 2013 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023).

Los residuos especiales voluminosos son aquellos residuos que, por su composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenamiento y compactación no se pueden tratar dentro del esquema de aseo ordinario, por lo que tienen un modo de recolección, transporte y disposición final distinto a los residuos domiciliarios. Algunos ejemplos de residuos voluminosos son los muebles, camas, colchones, madera cajones etc. Este tipo de residuos se convierte en residuos clandestino cuando son abandonados en las áreas públicas generando afectación y deterioro en la vía pública, convirtiéndose en foco de contaminación (Bogotá, 2022).

La gestión de los residuos voluminosos se encuentra dentro del programa de gestión de residuos sólidos especiales en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS de Medellín.

Es común encontrar en los sitios de disposición inadecuada de residuos llantas usadas, las cuales son neumáticos de bicicletas, motos, carros o camiones que han llegado al final de su vida útil y ya no son adecuadas para el uso de en estos vehículos debido a su desgaste.

De acuerdo con la resolución 1326 de 2017, los productores, importadores y comercializadores de llantas en el país, así como importadores, fabricantes y ensambladoras de vehículos, deben hacer parte de un Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, con el propósito de darle una disposición adecuada a estos residuos. Sin embargo, este tipo de residuos representa un desafío en el distrito de Medellín, debido a la inadecuada gestión de estas llantas usadas en algunos puntos de la ciudad, siendo abandonadas en la vía pública, generando problemas ambientales y de salud pública (Sistema verde, 2024).

Esto porque las llantas abandonadas pueden actuar como criaderos de mosquitos, contribuyendo a la propagación de enfermedades, y si se queman, liberan sustancias tóxicas que contaminan el aire y el suelo.

Los puntos con disposición inadecuada de residuos sólidos son lugares de la ciudad que, a causa del arrojo clandestino de residuos orgánicos, de construcción y demolición (RCD), voluminosos y aprovechables, se genera una acumulación que produce afectaciones paisajísticas, medioambientales y de seguridad (UAESP, 2024).

Algunas de las principales causas identificadas que generan los puntos con disposición inadecuada de residuos sólidos en la ciudad de Medellín son la poca preocupación por parte de la población en el consumo y sus impactos asociados a los residuos, las cantidades generadas y lo que sucede con éstos una vez salen de la fuente de generación, el desconocimiento general en la identificación de los diferentes tipos de residuos, la disposición de bolsas con los residuos en las vías y áreas públicas de la ciudad, fuera de los días y horarios que tiene la empresa prestadora del servicio de aseo en las micro rutas, desconocimiento o falta de interés por los programas de posconsumo, cultura cortoplacista con campañas de educación en temas de residuos, entre otros (Alcaldía de Medellín, 2021).

Actualmente el Distrito de Medellín cuenta con puntos con inadecuada disposición de residuos sólidos, estos puntos se identifican a través de recorridos del Grupo de Intervenciones Ambientales (GIA), del equipo de residuos sólidos de la Secretaría de Medio Ambiente (SMA), por el prestador del servicio de aseo Emvarias o por las peticiones realizadas por la ciudadanía por el sistema de PQRS del distrito. Las variables evaluadas para la determinación de un punto crítico son las siguientes: volumen en metros cúbicos, distancia a fuentes hídricas, distancia a zonas residenciales o institucionales, tiempo de permanencia, afectación a la comunidad y presencia de residuos peligrosos (RESPEL). (Ruta N, 2022)

Para el análisis espacial de los puntos con inadecuada disposición de residuos sólidos identificados se usará la georreferenciación, la cual es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas que en el caso de estudio serán puntos específicos en el Distrito de Medellín (ArcGIS, 2024)

Para realizar la georreferenciación de estos puntos se utilizará la herramienta QGIS la cual es un Sistema de Información Geográfica profesional gratis y de código abierto, que posibilita la creación, visualización, análisis, edición y publicación de información geoespacial. Al igual que los demás Sistemas de Información Geográfica existentes, QGIS permite la creación de mapas con numerosas capas que pueden ser ensambladas bajo diferentes formatos, dependiendo de la aplicación (CEUPE, 2024).

Por otro lado, la visualización y análisis se realizará con la herramienta Power BI que es una colección de servicios de software, aplicaciones y conectores que funcionan conjuntamente para convertir orígenes de datos sin relación entre sí en información coherente, interactiva y atractiva visualmente, para este caso de estudio se conectará información de la recolección con coordenadas de puntos con el fin de realizar una relación entre los datos (Microsoft, 2024).

Parte importante del proyecto es la revisión y análisis del plan de acción de RCD, el cual promueve la importancia de la adecuada gestión integral de los residuos de construcción y demolición RCD, implementada por el Equipo de Residuos Sólidos de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Medellín. Este plan de acción de RCD está enmarcado en cinco líneas estratégicas para llevar a cabo las acciones de gestión socioambiental, educativa, normativa, operativa y comunicacional (Secretaría de Medio Ambiente, 2023).

El plan de acción de RCD está enmarcado en cinco líneas pilares, las cuales son las siguientes:

1. Línea de Educación y Cultura Ambiental.
2. Línea para la Articulación interinstitucional.
3. Línea de fortalecimiento a Gestores y Aprovechamiento de RCD.
4. Línea Intervenciones Técnicas Ambientales.
5. Línea de Comunicación y Promoción.

Ilustración 3. Esquema del plan de acción de RCD. Fuente: INFORME FINAL ESTRATEGIA RCD SEGUNDO SEMESTRE 2023, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DISTRITO MEDELLÍN.



6. Metodología

En esta sección se enuncian los pasos empleados para alcanzar los objetivos específicos propuestos. Para este proyecto se establecieron 5 pasos los cuales se describen a continuación.

6.1 Revisión bibliográfica.

El proyecto comenzó con una revisión bibliográfica de normativa, artículos y estudios que aborden la inadecuada disposición de residuos sólidos, especialmente en contextos urbanos similares al área de estudio, con el fin de identificar y analizar estrategias, normativas y soluciones aplicadas a otras ciudades.

6.2 Identificación de las zonas y comunas con más volumen de recolección.

En esta segunda etapa se identificaron los sitios más frecuentes de recolección de residuos clandestinos del distrito de Medellín. La recolección de residuos clandestinos se realiza por zonas, de acuerdo a lo constituido para la prestación del servicio de aseo, equivalente a 7 zonas, las cuales están conformadas por las 16 comunas y los 5 corregimientos del distrito de Medellín.

La identificación de estos sitios se realizó por medio de la revisión y organización de los registros de recolección de residuos clandestinos de la Secretaría de Medio Ambiente, correspondientes al periodo 2021–2023. Estos registros incluyeron información detallada sobre fecha, tipo de residuo y volumen de cada recolección, así mismo, información detallada sobre la ubicación específica (dirección y coordenadas) de cada sitio de recolección, esta información fue compilada en una sola base de datos en Excel, sin embargo, los datos del año 2021 carecían de coordenadas, por lo cual se empleó la herramienta MapGIS para obtenerlas a partir de las direcciones dadas. Debido a la inconsistencia en algunas direcciones, varios registros quedaron sin coordenadas ya que la herramienta no identificó dirección exacta, lo que impidió su georreferenciación y clasificación por zona o comuna. En todo caso, estos datos se conservaron con el fin de no perder información relevante sobre los volúmenes de recolección.

Con la información del periodo de estudio consolidada en una única base de datos, se desarrollaron dos tableros en Power BI para su análisis. Uno de los tableros se enfocó en la recolección de residuos por comunas, mientras que el otro abordó la recolección por zonas de prestación del servicio de aseo. Este enfoque permitió identificar tanto las comunas como las zonas

con mayor frecuencia en la recolección de residuos clandestinos, facilitando el análisis de áreas críticas dentro del distrito.

6.3 Georreferenciación de los puntos de recolección.

En esta fase se compilaron los datos de ubicación de los puntos de recolección correspondientes a los registros de la etapa anterior, los cuales fueron proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente. Se utilizó la herramienta de software de Sistema de Información Geográfica QGIS con el fin de georreferenciar todos los puntos de recolección y así determinar lugares con mayor recolección de residuos clandestinos. Estos datos se convirtieron a formato geoespacial (Shapefile) lo que permitió su visualización y su análisis en un mapa digital.

Los puntos de recolección se visualizaron en un mapa digital, lo que permitió identificar patrones de distribución geográficas y concentraciones de estos tipos de residuos en zonas específicas, las cuales podrían requerir una mayor intervención.

6.4 Estudio de posibles causas de sitios críticos.

En esta etapa se compilaron datos secundarios socioeconómicos, urbanísticos y de comportamiento de la comunidad, en los lugares identificados con criticidad. Se recurrió a fuentes de información como el DANE y Departamento Administrativo de Planeación de Medellín, así mismo, estudios previos hechos en el distrito de Medellín respecto a actitudes o prácticas de la comunidad en cuanto a la disposición de residuos. También, se realizó un piloto de recolección de datos primarios en la comuna 15 (Guayabal) mediante una encuesta dirigida a actores claves de la comunidad de esta zona, con el fin de comprender las dinámicas de esta comuna y obtener información cualitativa respecto a las posibles causas de la generación de residuos clandestinos en estos sitios.

Con estos datos se realizó una categorización de las zonas respecto a su nivel socioeconómico, se identificaron los posibles factores urbanísticos y las posibles relaciones entre el comportamiento de la comunidad en la generación de residuos con el piloto de recolección de datos en la comuna 15, esto con el fin de hacer un análisis e identificar los factores predominantes en cuanto a la influencia en la creación de sitios críticos de residuos clandestinos y a su vez desarrollar conclusiones sobre las dinámicas socioeconómicas, urbanísticas y comunitarias que generan los problemas de residuos clandestinos.

6.5 Revisión y análisis del plan de acción de RCD.

En la etapa final del proyecto se hizo una revisión de las líneas estratégicas del plan de acción de RCD y su informe final, correspondiente al segundo semestre del año 2023, esto con el fin de entender las expectativas e indicadores de éxito definidos. Asimismo, se hará revisión de las actividades realizadas y los resultados para cada línea estratégica (resultados cualitativos y cuantitativos). Se identificaron los desafíos enfrentados en la implementación de este plan de acción, todo esto con el fin de hacer un análisis de impacto en los sitios críticos e identificar factores de éxito y zonas de mejora.

Posteriormente se cruzó la información obtenida en el análisis de causas de los sitios críticos (socioeconómicos, urbanísticos, y de comportamiento) con los resultados obtenidos en la revisión de las líneas estratégicas del plan de acción de RCD y con base en el cruce de estos datos se propusieron ajustes en estas líneas estratégicas ya existentes en los casos donde era necesario.

7. Resultados

Los resultados obtenidos en este estudio permiten dar una visión más detallada de la recolección de residuos clandestinos en el Distrito de Medellín durante el periodo 2021-2023. Por medio del análisis de los datos recopilados durante el periodo de estudio, se identificaron patrones anuales, diferencias de recolecciones por tipo de residuo (RCD, voluminosos y llantas) y zonas y comunas con mayor concentración en cuanto a recolección de estos residuos, lo que facilita una base sólida para entender las dinámicas de generación y disposición de residuos clandestinos en la ciudad. En este apartado se registran los hallazgos más importantes, organizados de manera que resalten las tendencias y los factores que influyen la propagación de puntos críticos de residuos clandestinos.

7.1 Consolidación de la base de datos.

El análisis inició con la consolidación de la base de datos. Esta base de datos reunió la información de recolección de residuos clandestinos del período de estudio (2021-2023). Este proceso incluyó la organización e inclusión de todos los registros en una sola estructura, lo que permitió el análisis en la herramienta Power BI (ver

Tabla 1). En el caso del año 2021, se encontró que la información de recolección suministrada no contaba con coordenadas, comuna ni barrio de los puntos de recolección. Por lo tanto, se utilizaron las direcciones proporcionadas de estos puntos y la herramienta MapGIS para determinar esta información faltante. Sin embargo, algunos datos permanecieron sin información de coordenadas, comuna y barrio debido a inconsistencias en las direcciones proporcionadas. Estos datos sin esta información se mantuvieron en la base de datos con el fin de preservar los volúmenes.

Tabla 1. Estructura de la base de datos.

FECHA	DIRECCION	m3	COMUNA	ZONA	BARRIO	LONGITUD	LATITUD	RESIDUO
15/01/2021	CR 23 96	1.57	1	1	Carpinelo	-75.5381358	6.2863527	RCD
15/01/2021	CR 24C 94	1.17	3	1	María Cano Carambolas	-75.5391139	6.2845298	RCD
15/01/2021	CR 28 107	8.25	1	1	La Avanzada	-75.5410935	6.2948384	RCD
15/01/2021	CR 30A 77	0.85	3	1	El Raizal	-75.5435498	6.2692588	RCD
15/01/2021	CR 31 102	6.81	17	Desconocida				RCD
15/01/2021	CR 31 85	4.53	17	Desconocida				RCD
15/01/2021	CR 31 93B	1.65	3	1	San José la Cima No. 1	-75.5426678	6.2853745	RCD
15/01/2021	CR 31A 68A	1.41	17	Desconocida				RCD
15/01/2021	CR 32 77A	3.49	3	1	El Raizal	-75.5450803	6.2692246	RCD
15/01/2021	CR 32 82	2.81	3	1	Santa Inés	-75.5456080	6.2729986	RCD

En la **Tabla 1** se muestra la estructura de la base de datos utilizada en el trabajo. En esta se muestra la fecha, dirección, volumen en m³, comuna, barrio, coordenadas y tipo de residuo para cada recolección. Para los datos sin información de coordenadas, comuna y barrio, se asignó un nuevo número de comuna, el cual fue el 17, y en la zona se le asignó el nombre de “Desconocida” (ver **Tabla 1**). Esto se hizo con el fin de facilitar el uso de la base de datos en las otras herramientas donde se realizó el análisis, así como para tener en cuenta los volúmenes correspondientes a estos puntos.

7.2 Visualización de datos de recolección por medio de Power BI.

La base de datos cuenta con un total de 69.142 datos correspondientes a los tres años del periodo de estudio (2021-2023), iniciando exactamente el 15 de enero de 2021 hasta el 30 de diciembre de 2023, los cuales reflejan que se recolectaron un aproximado de 126.937,4 m³ de residuos clandestinos (RCD, voluminosos y llantas).

A continuación, se presentan las visualizaciones obtenidas a través de los tableros desarrollados en Power BI, uno donde se observa un análisis por comuna y otro por zona, estos tableros permiten analizar de manera detallada los volúmenes recolectados, las tendencias anuales y la distribución por tipo de residuo en el periodo de estudio.

Ilustración 4. Tablero dinámico recolección de residuos clandestinos por comuna.

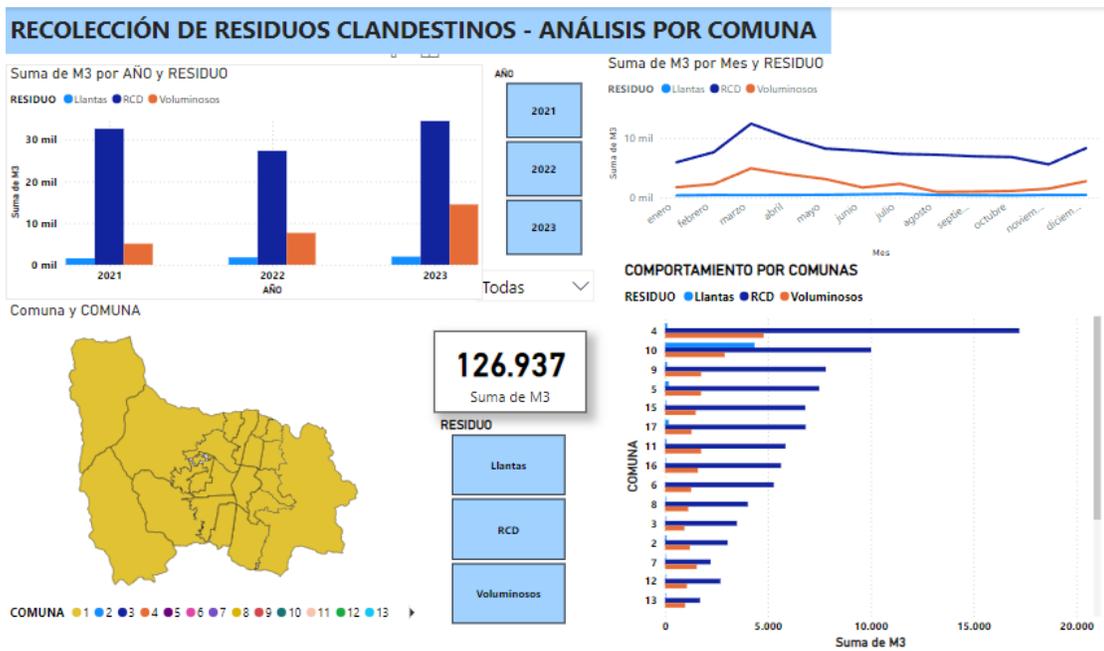
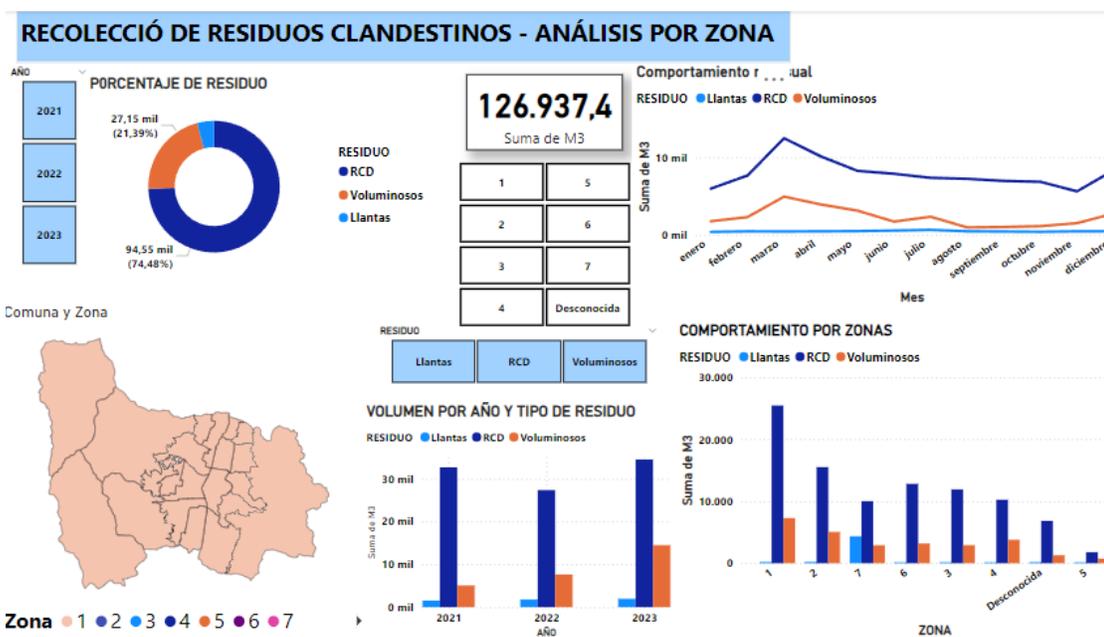


Ilustración 5. Tablero dinámico recolección de residuos clandestinos por zona.



En la **Ilustración 4**. Tablero dinámico recolección de residuos clandestinos por comuna. e **Ilustración 5**. Tablero dinámico recolección de residuos clandestinos por zona. se observan los resultados dinámicos obtenidos en la herramienta Power BI, en la ilustración 4 se presentan los datos por comuna, mientras en la ilustración 5 se presentan los datos por zona.

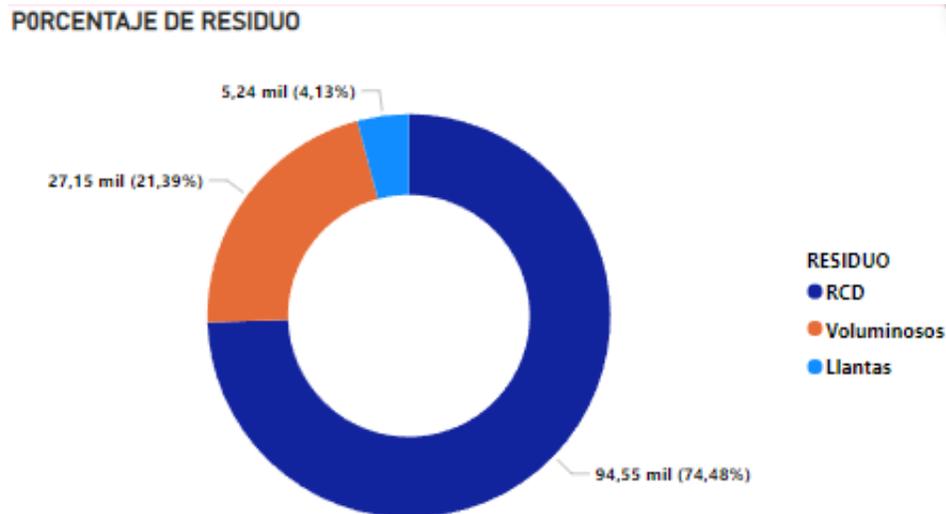
Además de facilitar la comprensión de los datos, los tableros desarrollados en Power BI ofrecen varias ventajas:

- Permiten interactuar con los datos, filtrando y segmentando información según comunas, zonas o tipos de residuos, lo que brinda una visión más precisa.
- Ayudan a detectar cambios en la generación de residuos clandestinos a lo largo del tiempo, como variaciones estacionales o incrementos específicos por zonas.
- Al presentar los datos de manera visual e intuitiva, los tableros sirven como una herramienta clave para informar estrategias de gestión y priorización de puntos críticos.
- Combina datos de diferentes años y contratos en un solo espacio visual, consolidando la información de manera eficiente.
- Hacen que los datos sean fácilmente comprensibles tanto para expertos como para audiencias no técnicas, facilitando la comunicación de resultados.
- Una vez configurados, los tableros pueden actualizarse automáticamente con nuevos datos, asegurando la vigencia de la información para análisis futuros.

Estas características convierten los tableros en una herramienta esencial para la evaluación y monitoreo continuo de los residuos clandestinos en el Distrito de Medellín.

Posterior a la construcción de los tableros, por medio de estos se realizaron análisis teniendo en cuenta diferentes factores, como porcentaje de recolección de cada tipo de residuo, volúmenes de recolección por tipo de residuos y periodo de tiempo, comportamiento de recolección mensual durante todo el periodo de estudio, entre otros, como se muestra a continuación.

Gráfica 1. Porcentaje de residuos recolectados durante el periodo de estudio.



En la **Gráfica 1** se muestra el porcentaje del volumen de recolección de residuos clandestinos durante el período de estudio (2021-2023). Se observa que los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), representados en azul oscuro, corresponden a la mayor parte del volumen recolectado, superando a los demás tipos de residuos: voluminosos (en color naranja) y llantas (en azul claro).

Los RCD representan el 74,48% del volumen total de recolección en este período, con un acumulado de 94.547,4 m³. En segundo lugar, se encuentran los residuos voluminosos, que comprenden el 21,39% del volumen recolectado, equivalente a 27.150,1 m³. Finalmente, las llantas representan el 4,13% del volumen, con un total de 5.240 m³, siendo el tipo de residuo menos recolectado durante el período analizado.

En esta distribución se destaca la predominancia de volumen de RCD recolectados sobre los otros tipos de residuos, algunas de las razones de esta predominancia, es la informalidad en la construcción, principalmente los pequeños generadores, ya que al ser informales no hacen una adecuada gestión de los residuos generados en pequeñas remodelaciones o construcciones, lo que sumado a la falta de suficientes sitios autorizados para la disposición de RCD en el Distrito, contribuyen a la proliferación de puntos de disposición clandestina en diferentes comunas de la ciudad.

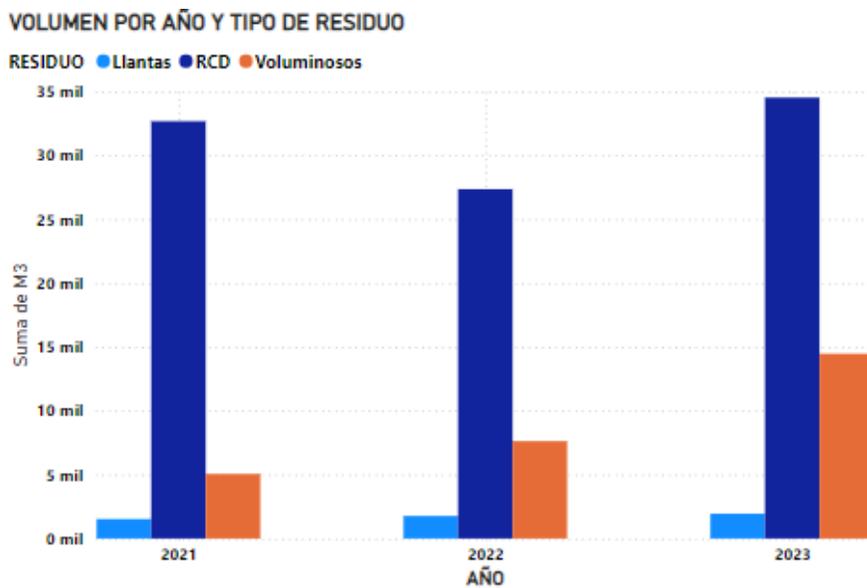
Por otro lado, se observa que los residuos voluminosos, en cuanto a volumen, representan menos de la tercera parte de lo recolectado de RCD. Esto se debe a que las características de generación de los diferentes tipos de residuos son diferentes; la generación de residuos voluminosos depende de factores más puntuales, como la renovación de mobiliarios o electrodomésticos, mientras que los RCD son generados continuamente en la ciudad, sea por construcciones o remodelaciones.

Por último, las llantas representan solo el 4,13% de los residuos clandestinos recolectados a lo largo del periodo de estudio, esto se debe a que la generación de llantas clandestinas, se enfoca principalmente en pocas zonas de la ciudad, también al ser un residuo posconsumo, ya tiene un manejo definido por parte de los fabricantes. A demás, la recolección de este tipo de residuos generalmente, no se realiza de manera diaria como si se hace con los otros tipos de residuos, sino que se realiza aproximadamente dos días a la semana y en horario nocturno.

7.2.1 Volumen de recolección por año.

Con el fin de comprender mejor la evolución de la recolección y generación de residuos clandestinos en el Distrito de Medellín en el periodo de estudio (2021-2023), se muestra a continuación la suma anual en metros cúbicos de cada residuo en cada uno de los años del periodo de estudio. (Ver *Gráfica 2*)

Gráfica 2. Volumen de recolección por año y tipo de residuos.



La **Gráfica 2** muestra el volumen total de residuos clandestinos recolectados para cada año del periodo de estudio y a su vez categorizado por tipo de residuo (RCD, voluminoso y llantas). En general, como se observó anteriormente, los RCD son los que tienen mayor volumen total de recolección en cada uno de los años, seguido de los residuos voluminosos, y en menor volumen, las llantas usadas.

En cuanto a los RCD se observa un comportamiento constante en volumen de recolección, en el año 2021 se recolectaron un total de 32.669,9 m³, el 2022 un total de 27.355,5 m³ y en el 2023 un total de 34.521,9 m³. Aunque en el 2022 hubo una leve disminución comparado con el 2021, el volumen de RCD recolectados aumenta de nuevo en el 2023 siendo el año con mayor recolección de este tipo de residuo. Esto puede indicar un incremento en las actividades de construcción y demolición en el Distrito acompañado con una falta de control en la disposición de estos residuos.

Los residuos voluminosos representan un aumento constante durante los 3 años del periodo de estudio, en el 2021 se recolectaron un total de 5.057,3 m³ de residuos voluminosos, en el 2022 un total de 7.623,6 m³ y en el 2023 un total de 14.469,2 m³. El incremento constante observado en la **Gráfica 2** podría estar asociado a una priorización en los últimos años en el contrato de recolección de residuos clandestinos a estos residuos voluminosos y a un aumento de presupuesto para la recolección de residuos clandestinos.

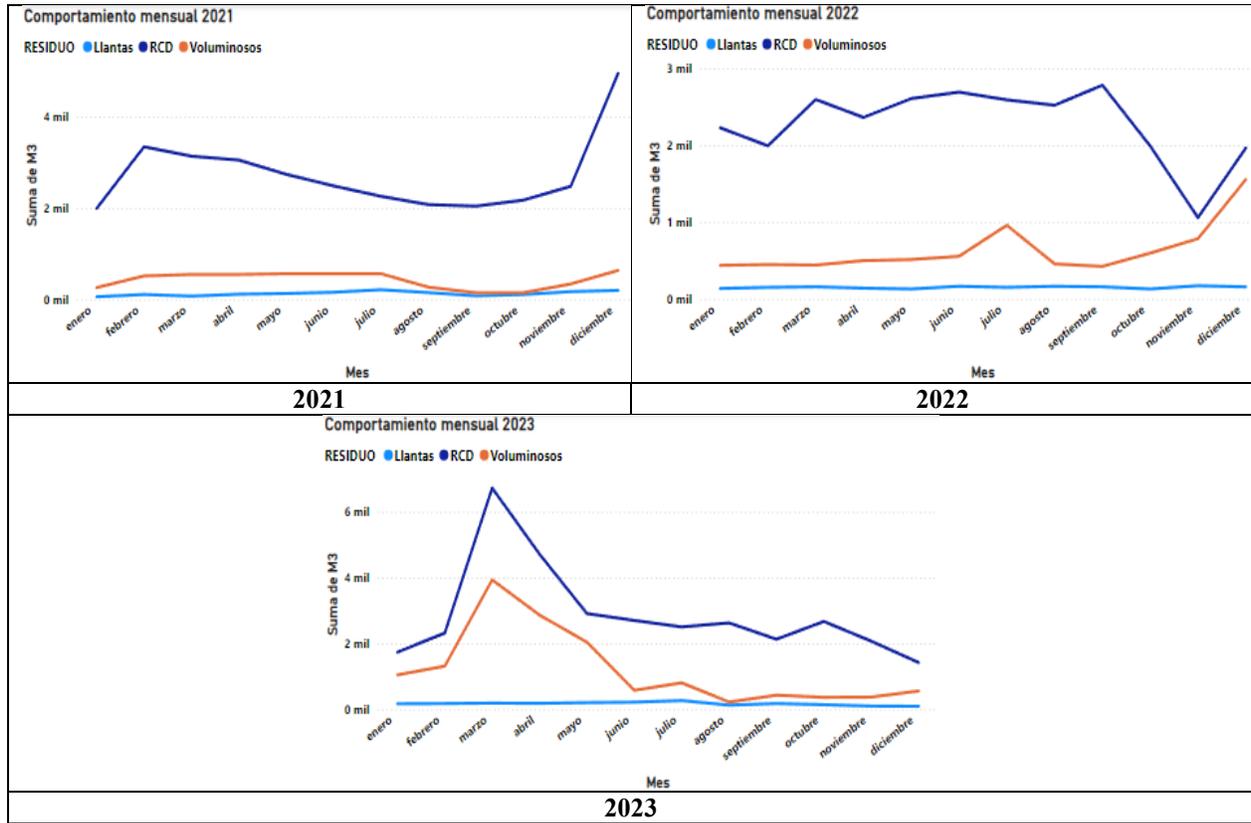
Las llantas usadas, aunque en un menor volumen, presentan una tendencia estable en cuanto a la recolección durante el periodo de estudios, en el 2021 se recolectaron un total de 1.527,5 m³ de llantas, en el 2022 un total de 1.767,3 m³ y en el 2023 un total de 1.945,2 m³. Este comportamiento podría indicar una constante en el manejo, generación y recolección en el periodo de estudio.

Por último, en general se tiene que el año con mayor recolección de residuos clandestinos fue el 2023 con un total de 50.936,3 m³, seguido del año 2021 con un total de 39.254,7 m³ y finalizando con el 2022 con un total de 36.746,5 m³.

7.2.2 Comportamiento mensual de recolección durante el periodo de estudio.

Con el propósito de analizar el comportamiento mensual de la recolección de residuos clandestinos, se presentan en la **Gráfica 3** los datos mensuales de recolección, separados por tipo de residuos y años. Esta grafica permite identificar patrones y variaciones estacionales en la recolección y generación de este tipo de residuos.

Gráfica 3. Comportamiento mensual de recolección de residuos clandestinos en los tres años del periodo de estudio.



En la **Gráfica 3** se observa que, en todos los años del periodo de estudio, como se mencionó anteriormente los RCD (línea azul oscura) representan los volúmenes más altos en comparación con los otros tipos de residuos. En el 2021 se observa un comportamiento estable con un pico en diciembre (4.942 m³), lo que puede significar un aumento de reformas o construcciones en este mes. En el 2022 también se observa un comportamiento más o menos estable, con el mes de mayor recolección en septiembre (2.780 m³), pero con un punto bajo de recolección en el mes de noviembre (1.055,33 m³), esto podría ser a causa de diversos factores como operativos, estacionales o contextuales, sin embargo, no se le puede atribuir a una causa específica. Y en el 2023, se observa un pico de recolección en el mes de marzo (6.733,8 m³) siendo el mes de mayor recolección en todo el periodo de estudio, esto podría ser a causa de intervenciones específicas en puntos críticos con un volumen de residuos clandestinos significativos, ya que, este pico también se puede observar en los residuos voluminosos.

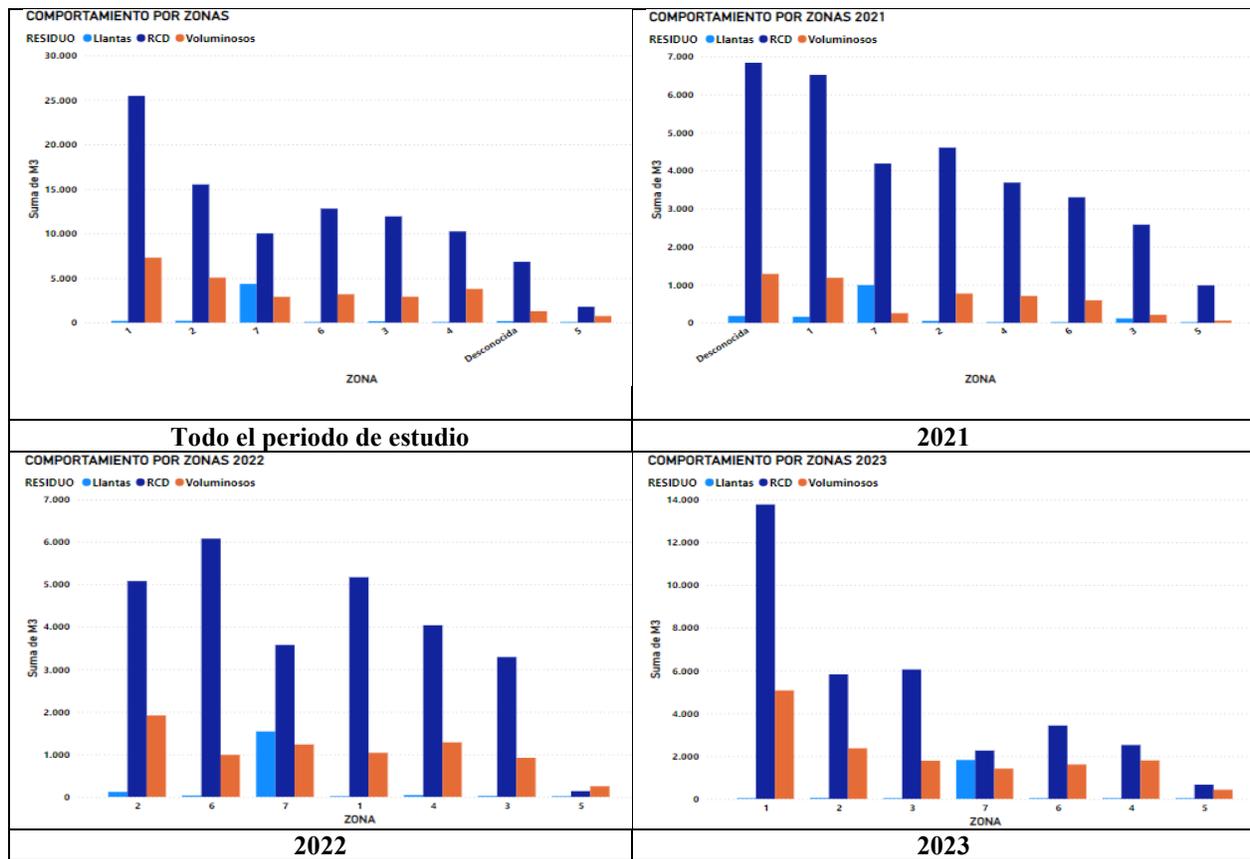
Los residuos voluminosos (línea naranja), representan el segundo volumen más alto de recolección en todo el periodo de estudio. En el año 2021 se observa un comportamiento estable con los meses de julio (559,95 m³) y diciembre (632 m³) siendo los meses con mayor recolección en este año, por otro lado, se muestran los meses de septiembre y octubre (144,3 m³) como los meses de menor recolección en este año y en todo el periodo de estudio. En el 2022, se observa un comportamiento también estable, con un pequeño pico en julio (956 m³) y diciembre (1.550 m³) como el mes con mayor recolección durante este año, este aumento en el mes de diciembre se puede deber a diversos factores como renovación de mobiliarios (muebles, colchones etc.) que es bastante común en esta época del año o intervenciones en puntos de inadecuada disposición de residuos clandestinos con volúmenes significativos de estos residuos clandestinos. Por último, en 2023, se observa un aumento significativo en el mes de marzo (3.936,6 m³), esto se puede deber a intervenciones específicas a puntos de inadecuada disposición de residuos clandestinos, ya que, comparte pico con otros tipos de residuos como los RCD.

Por último, las llantas (línea azul cielo), representan el menor volumen de recolección en el periodo de estudio. En el año 2021 se observa un comportamiento estable a lo largo del año, siendo los meses de julio (210 m³) y diciembre (196 m³) los meses con mayor recolección. En el año 2022, se muestra el comportamiento más estable de los tres años del periodo de estudio en cuanto a recolección de llantas, siendo noviembre (168 m³) el mes con mayor recolección durante este año. Por último, en el 2023, se observa que el mes con mayor recolección de llantas es julio (259 m³) y diciembre (84 m³) es el mes con menor recolección durante este año. En general, se podría decir que el cambio de llantas es una actividad que, al presentarse constante en todo el año, no se identifican picos muy altos de recolección de este tipo de residuos.

7.2.3 Comportamiento de recolección de residuos clandestinos por zonas.

En este apartado se presentan las gráficas del comportamiento de recolección de residuos clandestinos caracterizado por zonas, tipo de residuo y año, con el fin de identificar las zonas con mayor problemática en cuanto a la inapropiada gestión de este tipo de residuos (Ver *Gráfica 4*).

Gráfica 4. Volumen de recolección de residuos clandestinos categorizado por zona, tipo de residuo y año.



En la **Gráfica 4** se muestra el comportamiento de la recolección de residuos clandestinos, categorizado por tipo de residuo y por zona. Se observa el comportamiento para todo el periodo de estudio y para cada uno de los años del periodo de estudio (2021, 2022 y 2023).

Para todo el periodo de estudio, se observa que la zona con mayor volumen de recolección de residuos clandestinos es la zona 1 con un total de 32.943,1 m³, de los cuales 25.451,3 m³ corresponden a RCD, 7.291,3 m³ a residuos voluminosos y 200,5 m³ a llantas usadas.

En el año 2021, sin tener en cuenta la zona llamada como “Desconocida” ya que son datos sin ubicación exacta, es decir, que pueden ser datos de cualquier punto del Distrito de Medellín, se tiene que la zona con mayor recolección de residuos clandestinos es la zona 1 con un total de 7.854 m³, de los cuales 6.512,4 m³ corresponden a RCD, 1.182,9 m³ a residuos voluminosos y 158,6 m³ a llantas usadas. Los valores de volúmenes por zonas del año 2021, son valores sujetos a errores, ya que, en este año desde la base de datos hay información de puntos de recolección sin

coordinadas, por lo que fue imposible relacionar estos puntos con ubicaciones exactas, lo que hace que los valores de volúmenes en este año no sean exactos.

Para el año 2022, se muestra que la zona con mayor volumen de recolección de residuos clandestinos fue la zona 6, incluso por encima de la zona 1, la cual para este año fue la segunda zona con mayor recolección y que es la zona con mayor volumen de recolección en todo el periodo de estudio. En la zona 6 se recolectó un total de 7.094,3 m³, de los cuales 6.075,9 m³ corresponden a RCD, 987,8 m³ a residuos voluminosos y solo 30,6 m³ a llantas usadas.

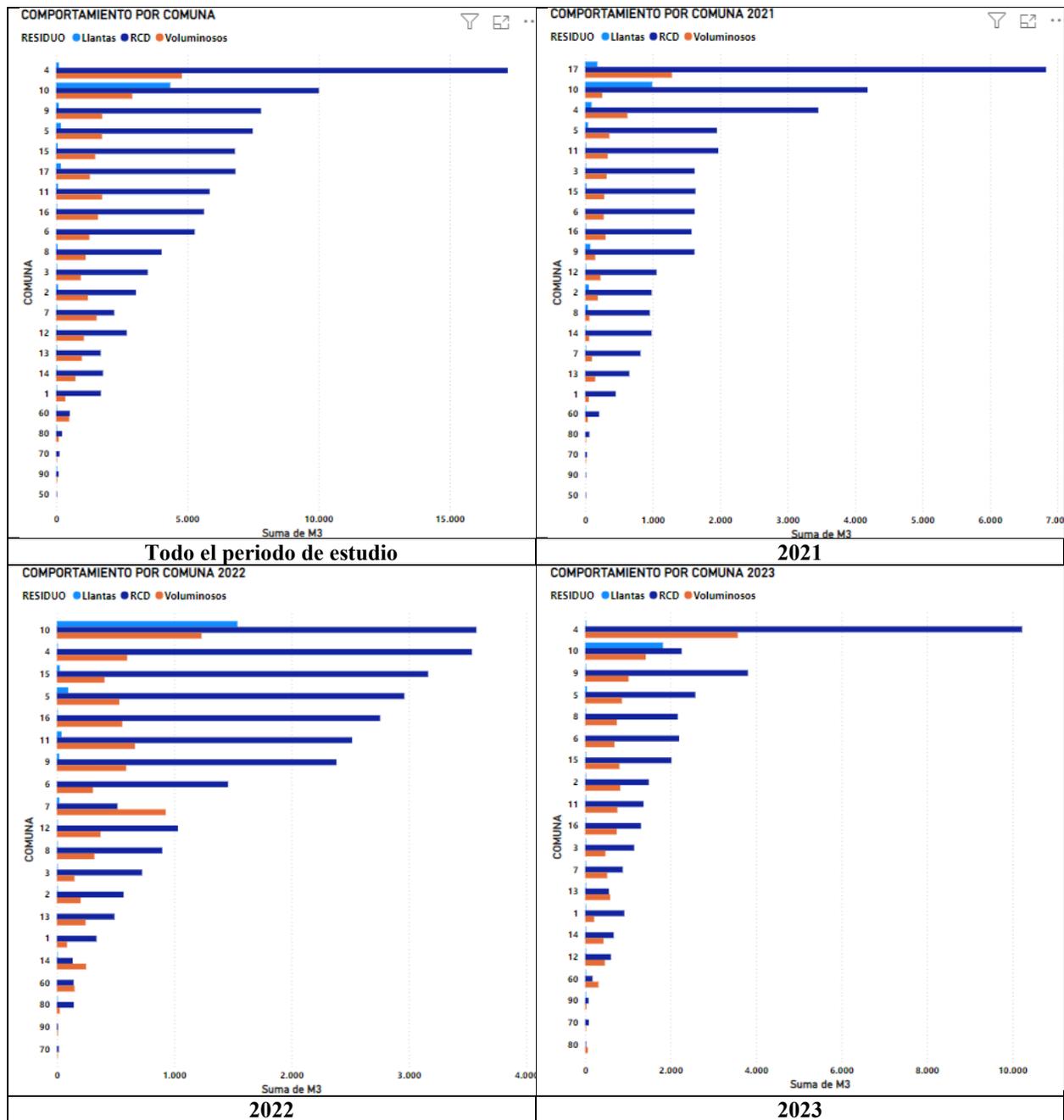
En el 2023, se observa que la zona con mayor recolección de residuos clandestinos fue de nuevo la zona 1 con un total de 18.868,7 m³, de los cuales 13.771,1 m³ corresponden a RCD, 5.071,5 m³ a residuos voluminosos y solo 26,1 m³ a llantas usadas.

En general, se observa que la zona con menor volumen de recolección durante todo el periodo de estudio y en cada uno de los años, es la zona 5, en la cual se recolectó un total de 2.523,5 m³ de residuos clandestinos durante todo el periodo de estudio, de los cuales 1.784,1 m³ corresponden a RCD, 735,2 m³ a residuos voluminosos y 4,2 m³ de llantas usadas.

7.2.4 Comportamiento de recolección de residuos clandestinos por comuna.

A continuación, se presentan las gráficas del comportamiento de recolección de residuos clandestinos caracterizado por comuna, tipo de residuo y año, con el fin de identificar las comunas con mayor problemática en cuanto a la inapropiada gestión de este tipo de residuos.

Gráfica 5. Volumen de recolección de residuos clandestinos categorizado por comuna, tipo de residuo y año.



En la **Gráfica 5** observa el comportamiento de la recolección de residuos clandestinos, dividido por comuna y tipo de residuo. En esta grafica se muestra el comportamiento para todo el periodo de estudio y el comportamiento de cada año del periodo de estudio independiente (2021, 2022 y 2023).

En la gráfica que muestra todo el periodo de estudio, se observa que la comuna con mayor volumen de recolección fue la comuna 4, con un volumen total de 22.117 m³ de residuos clandestinos, de los cuales 17.215 m³ corresponden a RCD, 4.795 m³ a residuos voluminosos y 107 m³ a llantas usadas.

En el año 2021, sin tener en cuenta la comuna 17, ya que son datos sin ubicación exacta, es decir, que pueden ser datos de cualquier punto del Distrito de Medellín, se tiene que la comuna con mayor recolección de residuos clandestinos es la comuna 10, con un total de 5.428 m³, de los cuales 4.184 m³ corresponden a RCD, 252 m³ a residuos voluminosos y 992 m³ a llantas usadas.

Para el año 2022, se muestra que la comuna con mayor volumen de recolección también fue la comuna 10, con un total de 6.344 m³, de los cuales 3.573 m³ corresponden a RCD, 1.232 m³ a residuos voluminosos y 1.538 m³ a llantas usadas. Esta es la comuna con mayor recolección de llantas usadas durante el periodo de estudio, ya que, en esta comuna se encuentran los sectores La Bayadera y El chagualo los cuales tienen una actividad predominante en cuanto a mecánica de automóviles y motocicletas, lo cual influye fuertemente en la inadecuada disposición de este tipo de residuos.

En el año 2023, se observa que, a diferencia de los dos años anteriores, la comuna con mayor volumen de recolección de residuos clandestinos fue la comuna 4, con un total de 13.801 m³, de los cuales 10.225 m³ corresponden a RCD, 3.570 m³ a residuos voluminosos y 6 m³ a llantas usadas. El pico de volumen de recolección en los meses de marzo y abril del año 2023 que se observa en la

Gráfica 3 se deben a intervenciones con grandes volúmenes de residuos clandestinos realizadas en la comuna 4 durante estos meses, a esto se debe que durante este año la comuna 4 sea por encima de la comuna 10, la comuna con mayor volumen de recolección de residuos clandestinos.

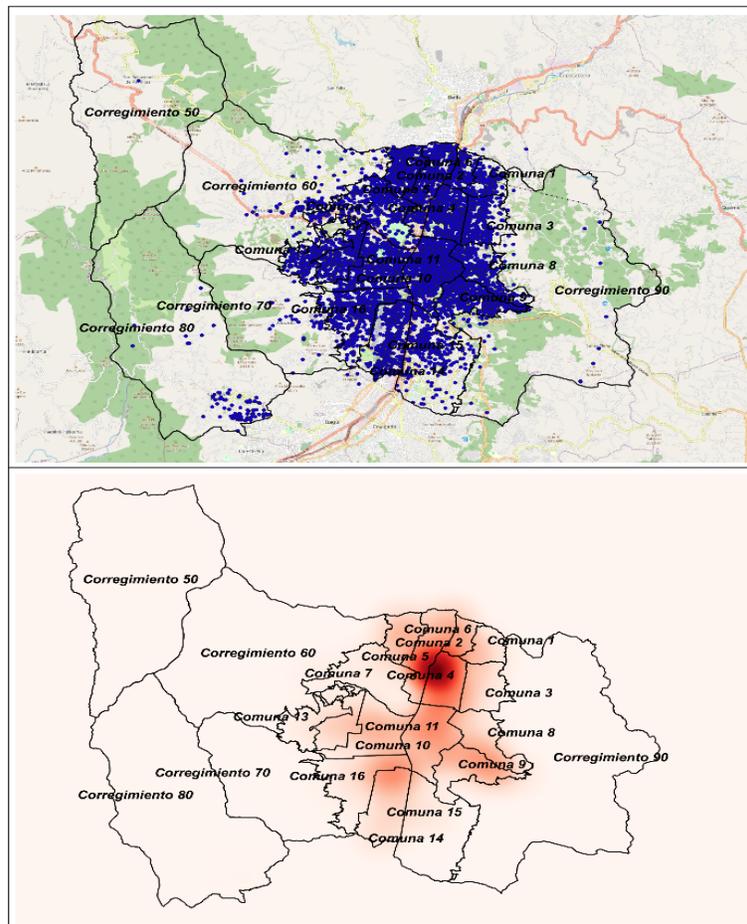
También se observa que en general los corregimientos son los que menos volumen de recolección tienen durante todo el periodo de estudios, algunas de las razones son que al ser la zona rural del Distrito de Medellín cuentan con una menor densidad poblacional, suelen tener actividades económicas diferentes a la zona urbana, acompañado de que cuentan con un desarrollo urbanos menos dinámico, entre otras razones.

7.3 Georreferenciación de los puntos de recolección

En el análisis espacial realizado con QGIS, se georreferenciaron todos los puntos de recolección de residuos clandestinos para el período de estudio (2021, 2022 y 2023), diferenciándolos por tipo de residuo: RCD (azul), residuos voluminosos (naranja) y llantas (azul cielo). Para cada tipo de residuo, se generó un mapa de calor que muestra las zonas con mayor volumen de recolección, esto se realizó teniendo en cuenta el volumen recolectado en cada punto georreferenciado, esto permitió identificar las áreas con mayor recolección de cada tipo de residuo.

7.3.1 RCD.

Ilustración 6. Georreferenciación de puntos de recolección de RCD y mapa de calor

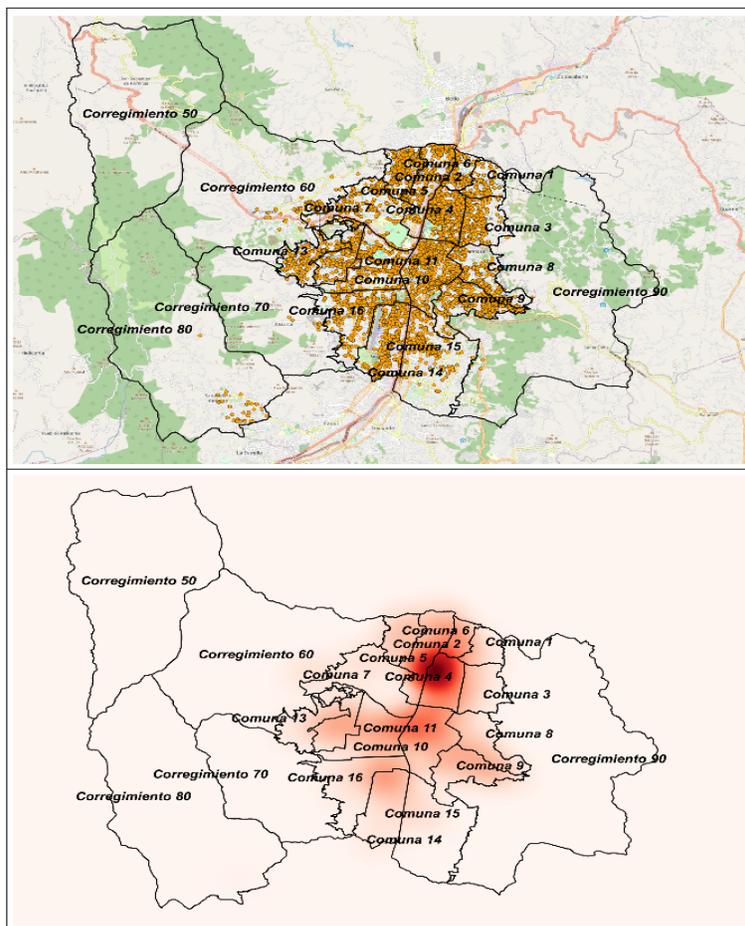


El mapa de calor para los residuos de construcción y demolición (RCD), representado en la *Ilustración 6* junto con la georreferenciación de los puntos de recolección, muestra en tono

rojo más intensos las áreas con mayores volúmenes recolectados. A lo largo del periodo de estudio, la recolección de RCD abarca gran parte de la zona urbana del Distrito de Medellín; sin embargo, es notable que la comuna 4 presenta los mayores volúmenes de recolección. Este patrón indica que esta comuna, en comparación con otras, registra una mayor cantidad de RCD, lo cual podría estar relacionado con la actividad constructiva y de remodelación intensiva en la zona o con puntos críticos de disposición inadecuada.

7.3.2 Residuos Voluminosos.

Ilustración 7. Georreferenciación de puntos de recolección de residuos voluminosos y mapa de calor.

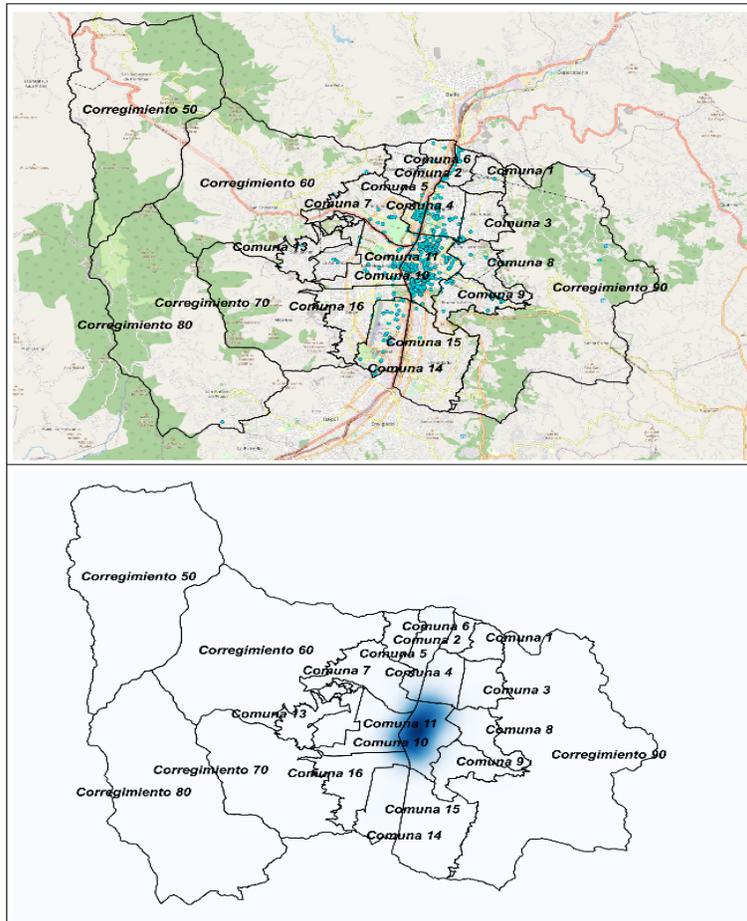


En la *Ilustración 7* se observan los puntos de recolección y el mapa de calor correspondiente a los residuos voluminosos. Aunque estos residuos presentan menos puntos de recolección y un volumen general menor en comparación con los RCD, el comportamiento

espacial es similar. Nuevamente, destaca la comuna 4 como el área con la mayor concentración de residuos voluminosos durante el periodo de estudio. Este patrón podría vincularse a una alta disposición de muebles, colchones y otros objetos voluminosos en la zona, posiblemente influenciado por la densidad poblacional o los hábitos de manejo de residuos en esta comuna.

7.3.3 Llantas usadas.

Ilustración 8. Georreferenciación de puntos de recolección de llantas usadas y mapa de calor.



La *Ilustración 8* muestra los puntos de recolección de llantas usadas, donde la intensidad del color rojo en el mapa de calor resalta las áreas con mayor volumen de recolección. La comuna 10 aparece como la zona con el mayor volumen de llantas recolectadas, lo cual se relaciona principalmente con la alta concentración de establecimientos de mecánica de automóviles y motocicletas en esta área. Este hallazgo sugiere que la actividad comercial de

reparación vehicular contribuye significativamente a la generación de este tipo de residuos en la comuna 10.

7.4 Registro fotográfico de puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos.

7.4.1 Comuna 4 (Aranjuez).

Como complemento al análisis de datos, se realizaron registros fotográficos en diversos puntos de la comuna 4 la cual es la comuna que registró mayor volumen de recolección de residuos clandestinos y donde se evidencian prácticas inadecuadas de disposición de residuos sólidos. Estas fotografías ilustran la acumulación de residuos en espacios públicos y zonas verdes, resaltando la magnitud y variedad de tipos de residuos dispuestos de forma clandestina. Este registro visual permite observar tanto la recurrencia de estos puntos críticos como la necesidad de intervenciones específicas para mejorar la gestión de residuos en la comuna.

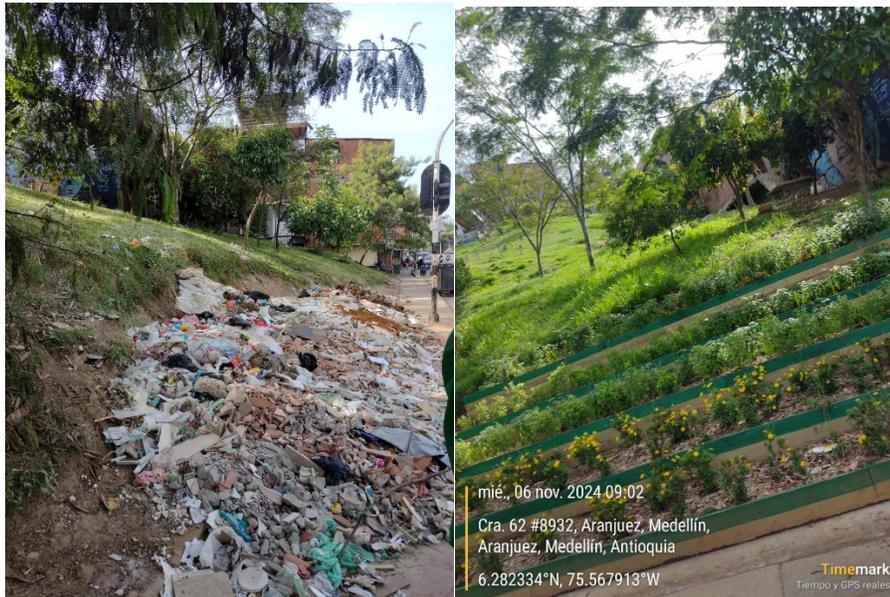
- **Puente del Mico**

Ilustración 9. Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Puente del Mico).



- **Puente de la Madre Laura.**

Ilustración 10. Antes y después de punto con inadecuada gestión de residuos sólidos durante el periodo de estudio (Puente de la madre Laura).



- **Aranjuez Calle 95 A.**

Ilustración 11. Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Aranjuez Calle 95A).



- **Aranjuez Carrera 56c (Curva del diablo)**

Ilustración 12. Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Curva del diablo).



Las ilustraciones anteriores muestran sitios de inadecuada gestión de residuos sólidos en la comuna 4 (Aranjuez). En la **Ilustración 9.** Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Puente del Mico). se muestra el puente del Mico, donde la acumulación de desechos es evidente, tanto de residuos ordinarios, voluminosos y RCD, posiblemente incentivado por la falta de vigilancia y baja visibilidad del sector.

En la **Ilustración 10.** Antes y después de punto con inadecuada gestión de residuos sólidos durante el periodo de estudio (Puente de la madre Laura). Se observa el antes y el después de uno de los sitios con más problemática respecto a la inadecuada disposición de residuos. El puente de la madre Laura fue un punto que durante el periodo de estudio fue bastante problemático, debido a esto se realizaron intervenciones por parte de la Secretaría de Medio Ambiente, al mes de noviembre del 2024, este punto luce como se observa en el registro fotográfico.

Por otro lado, en la **Ilustración 11.** Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Aranjuez Calle 95A). e **Ilustración 12.** Punto con inadecuada gestión de residuos sólidos (Curva del diablo). se observan dos puntos que son muy comunes en cuanto a la inadecuada gestión de

residuos sólidos, son puntos que fueron problemáticos en el periodo de estudio y siguen siendo comunes en cuanto a recolección de residuos clandestinos.

7.4.2 Comuna 10 (La Candelaria).

La Comuna 10, como se observa en la **Gráfica 5**. Volumen de recolección de residuos clandestinos categorizado por comuna, tipo de residuo y año. y en la **Ilustración 8. Georreferenciación** de puntos de recolección de llantas usadas y mapa de calor. Es por lejos la comuna con mayor recolección de llantas usadas durante el periodo de estudio, con un total de 4,349 m³ de 5,240 m³ recolectados en todo el Distrito de Medellín durante los años 2021, 2022 y 2023. Estas fotografías ilustran la acumulación de llantas usadas en espacios públicos, resaltando la magnitud de este tipo de residuos dispuestos de forma clandestina.

Ilustración 13. Punto de inadecuada gestión de llantas usadas (centro de la ciudad).



(Fuente: Seguimiento contrato de recolección de residuos clandestinos)

Ilustración 14. Punto de inadecuada gestión de llantas usadas (El Chagualo).



(Fuente: Seguimiento contrato de recolección de residuos clandestinos)

La **Ilustración 13.** Punto de inadecuada gestión de llantas usadas (centro de la ciudad). e **Ilustración 14.** Punto de inadecuada gestión de llantas usadas (El Chagualo). se muestran dos sitios de acumulación inadecuada de llantas usadas, ubicados en el sector El Chagualo y en el centro de la ciudad, ambos en la comuna 10 y ambos en las cercanías de locales de mecánica de motos y carros. En ambos puntos, se evidencia la disposición inapropiada de llantas, lo cual contribuye a la generación de focos de contaminación y a la proliferación de vectores como mosquitos y roedores. Este problema puede ser incentivado por el desconocimiento o desinterés de los generadores en cumplir con las normativas de disposición final. Además, la alta rotación de llantas en estos locales podría hacer que se acumulen en las zonas cercanas, convirtiéndolas en puntos críticos

7.5 Encuesta Comuna 15 (Guayabal)

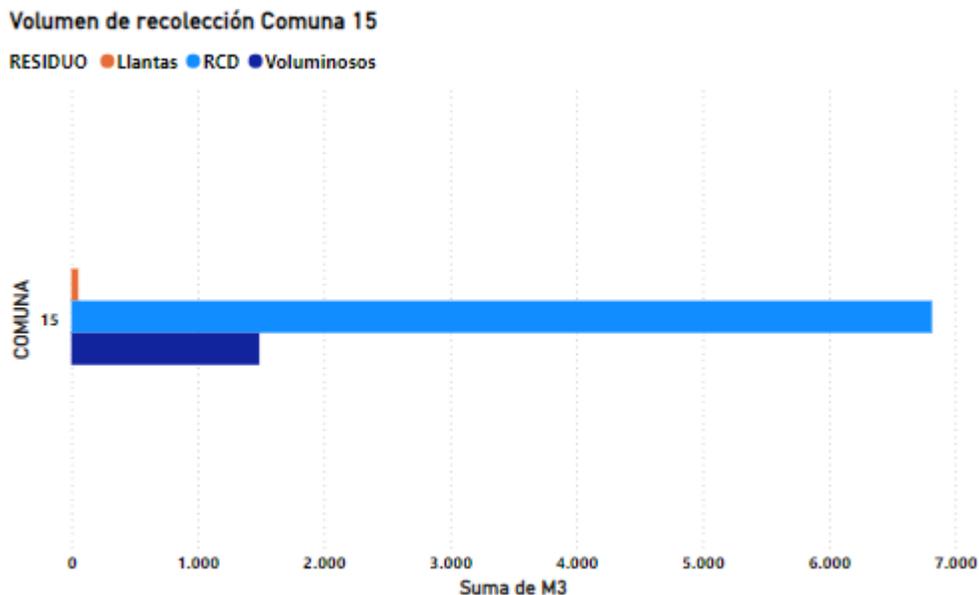
Se llevó a cabo un plan piloto de encuesta en la comuna 15 de Medellín, conocida como la comuna de Guayabal. La encuesta fue realizada en colaboración con Nataly Martínez, también estudiante de Ingeniería Sanitaria, y estuvo dirigida a líderes comunitarios de la zona. Específicamente, los encuestados fueron miembros de las Juntas de Acción Comunal (JAC) de los

diferentes barrios que conforman Guayabal, quienes proporcionaron valiosa información desde su perspectiva como actores clave en la gestión comunitaria.

La comuna 15, también conocida como Guayabal es un sector caracterizado por una mezcla de zonas residenciales, industriales y comerciales. Cuenta con una diversidad importante de actividades que influyen en la generación de residuos sólidos, especialmente aquellos depositados de forma clandestina, ya que, tiene una proximidad a áreas de alta actividad económica y tiene una estructura urbana particular, lo que la hace propensa a generar puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos, por estas razones es un área interesante para el análisis de comportamientos relacionados con la inadecuada disposición de residuos sólidos. El plan piloto de la encuesta en esta comuna busca obtener una comprensión más profunda de las dinámicas específicas que influyen en la generación y recolección de residuos clandestinos en esta comuna.

Para todo el periodo de estudio, Guayabal fue la quinta comuna con mayor recolección de residuos clandestinos (Ver *Gráfica 5*). En esta comuna se recolectaron un total de 8.358 m³ de estos residuos, donde 6.815 m³ corresponden a RCD, 1.489 m³ a residuos voluminosos y 55 m³ a llantas usadas.

Gráfica 6. *Volumen de recolección de residuos clandestinos en la Comuna 15.*



El objetivo principal de la encuesta realizada en la Comuna 15 fue profundizar en el conocimiento, percepción y manejo de los residuos sólidos por parte de los habitantes de esta comuna, especialmente con los residuos clandestinos y estrategias de educación ambiental

aplicadas. En la encuesta se indagó tanto el entendimiento general de residuos aprovechables y puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos, como la practicas de disposición y las responsabilidades y sanciones asociadas a la inadecuada disposición de estos residuos.

A continuación, se presentan los resultados más relevantes de la encuesta realizada, los cuales brindan una visión sobre las dinámicas de generación de residuos en la comuna y sirven como base para desarrollar estrategias de intervención.

Para el desarrollo de este análisis, se encuestaron un total de 71 personas todas miembros de las juntas de acción comunal de diferentes barrios de Guayabal y habitantes de esta Comuna, esto con el fin de obtener perspectivas representativas de las prácticas y comportamientos en cuanto a la disposición y manejo de residuos sólidos. La muestra abarcó principalmente a residentes de los barrios Cristo Rey, la Colina, Trinidad y Santa fe, entre otros, distribuidos en los estratos socioeconómicos 2, 3 y 4, siendo el estrato 3 el predominante.

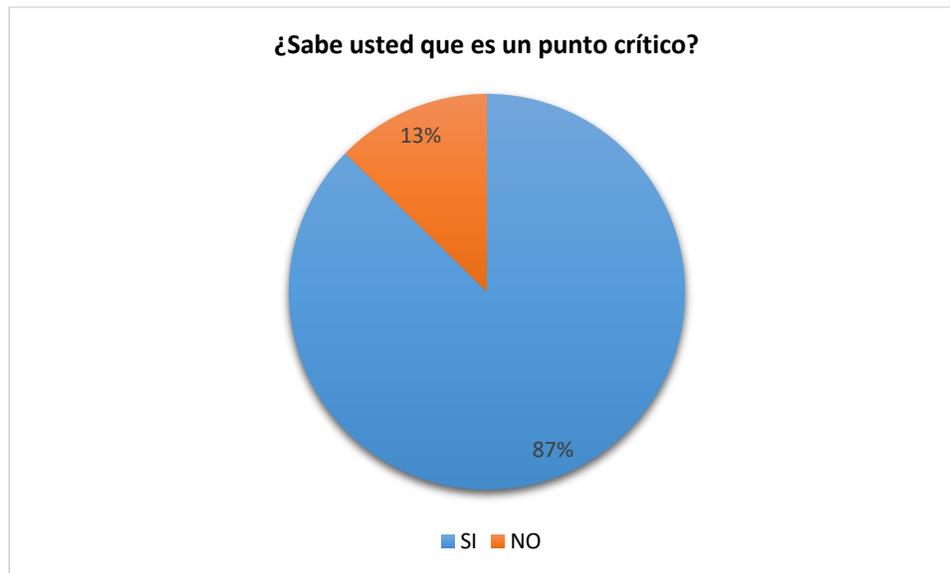
7.5.1 Conocimiento de puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos y manejo de residuos

Con el fin de evaluar el nivel de conocimiento y conciencia sobre puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos (en la encuesta llamados puntos críticos) y la definición de residuos aprovechables, se formularon dos preguntas específicas:

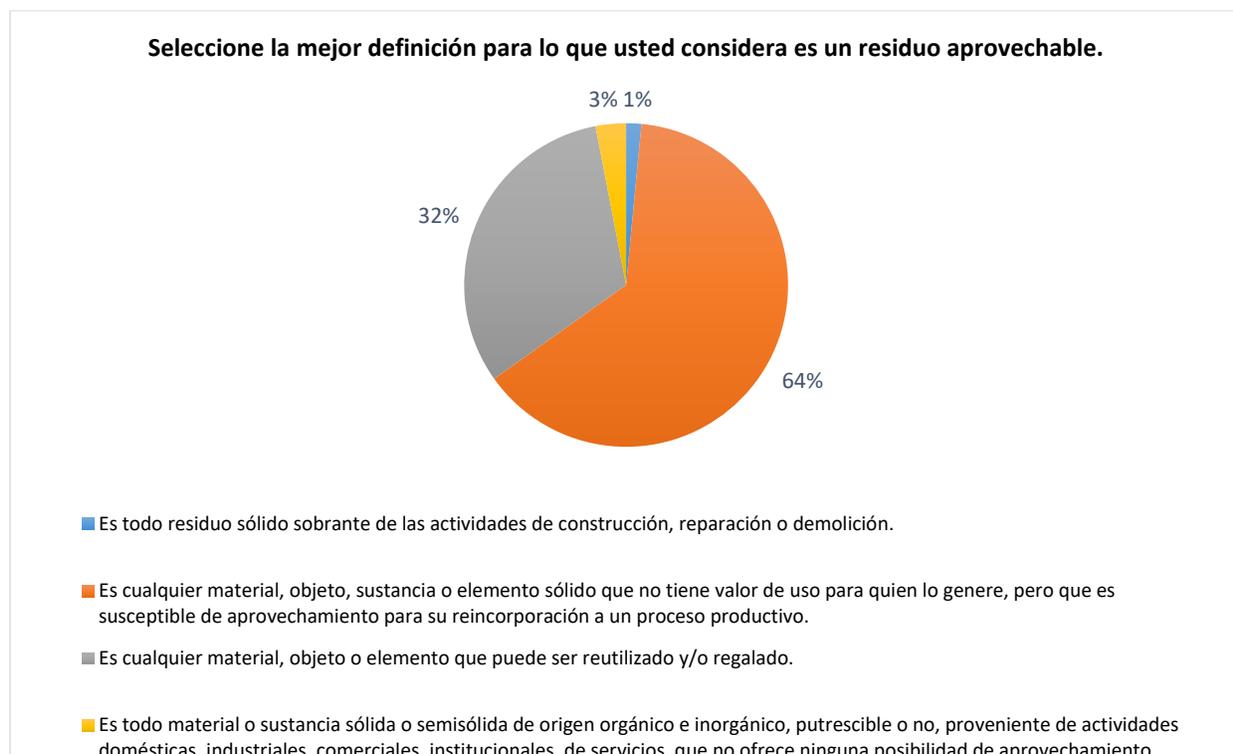
- ¿Sabe usted qué es un punto crítico?
- Seleccione la mejor definición para lo que considera un residuo aprovechable.

Esta segunda pregunta con opciones múltiples.

Gráfica 7. Respuestas a la pregunta “¿Sabe usted que es un punto crítico?”.



Gráfica 8. Respuesta a pregunta “¿Que es un residuo aprovechable?”.



Como se observa de la **Gráfica 7** el 87% de los encuestados reconoce el concepto de punto crítico, mientras que el 13% no tiene claridad sobre el concepto. Esta respuesta indica un nivel general de conocimiento de parte de las personas encuestadas en cuanto a la problemática de acumulación de residuos sólidos en puntos de inadecuada gestión en la Comuna 15, pero también indica que aún existe una porción significativa de personas que desconoce este concepto clave para el adecuado manejo de residuos.

Por otro lado, en cuanto al concepto de residuos aprovechables, la **Gráfica 8** muestra que el 64% de las personas encuestadas seleccionó la definición más técnica (es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo). Estas respuestas muestran un nivel de comprensión y conocimiento sobre el aprovechamiento de residuos sólidos, aunque aún existe un 36% de personas que optó por definiciones menos precisas. Estos resultados evidencian que, aunque existe conciencia sobre los residuos susceptibles a aprovechamiento, aún hay espacio para fortalecer este conocimiento con el fin de reducir prácticas inadecuadas de residuos sólidos.

En resumen, estos resultados indican un nivel de conocimiento relativamente alto sobre conceptos clave como "punto crítico" y "residuos aprovechables" entre las personas encuestadas de la Comuna 15. No obstante, aún existe una porción de la población que carece de claridad en estos términos, lo que sugiere la necesidad de reforzar la educación y concientización sobre la adecuada gestión de residuos, lo que podría contribuir a reducir las inadecuadas prácticas de disposición de residuos sólidos en la comuna.

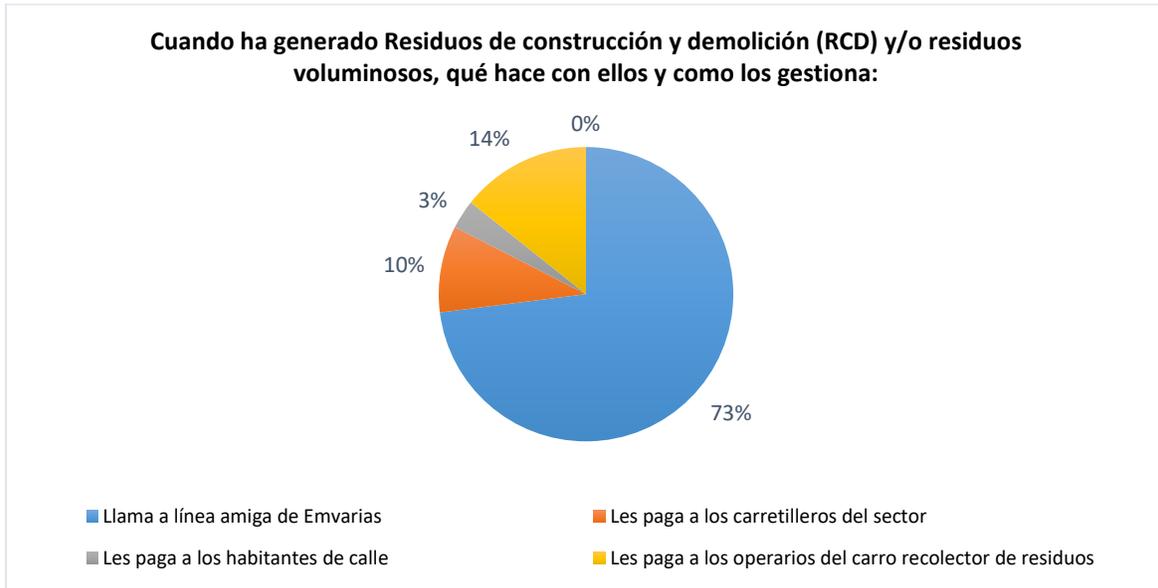
7.5.2 Prácticas de disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y residuos voluminosos

Con el fin de comprender como se gestionan los Residuos de construcción y Demolición (RCD) y los residuos voluminosos en la Comuna 15, se incluyeron las siguientes preguntas sobre las prácticas más comunes de disposición de estos residuos y presencia de este tipo de residuos en el sector:

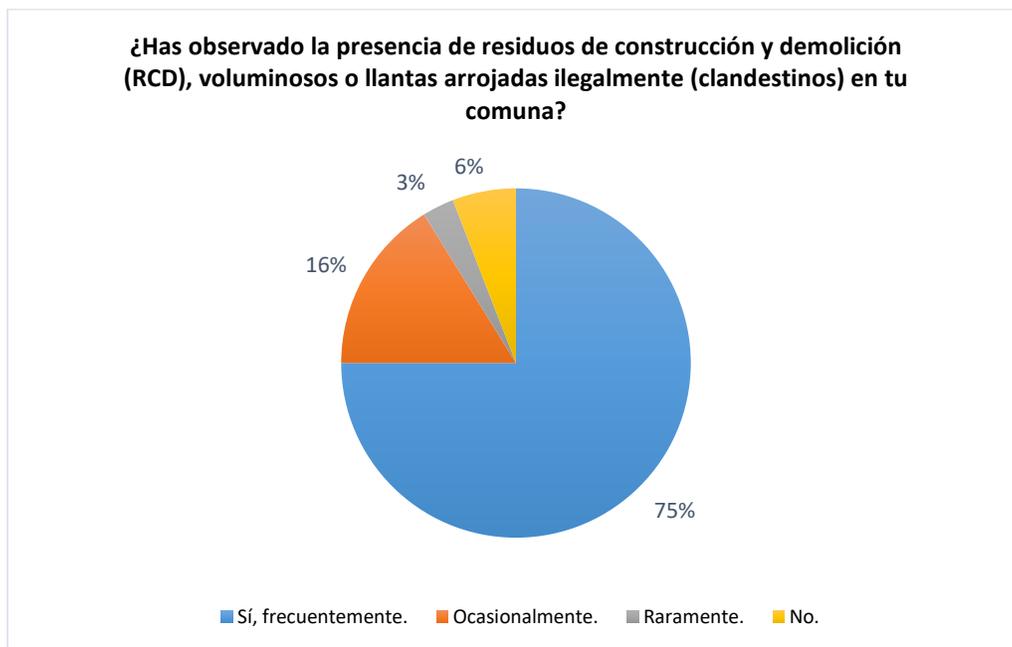
- Cuando ha generado Residuos de construcción y demolición (RCD) y/o residuos voluminosos, ¿qué hace con ellos y como los gestiona?

- ¿Has observado la presencia de residuos de construcción y demolición (RCD), voluminosos o llantas arrojadas ilegalmente (clandestinos) en tu comuna?

Gráfica 9. Respuestas a pregunta "Cuando genera RCD o residuos voluminosos, ¿qué hace con ellos y como los gestiona?".



Gráfica 10. Resultados a pregunta "¿Has observado la presencia de residuos de construcción y demolición (RCD), voluminosos o llantas arrojadas ilegalmente (clandestinos) en tu comuna?".



Como se muestra en la **Gráfica 9** el 73% de las personas encuestadas gestiona los RCD y los residuos voluminosos llamando a la línea amiga de Emvarias, lo cual es la manera correcta de

realizar la gestión de este tipo de residuos. Por otro lado, el 27% de las personas encuestadas aun no gestionan este tipo de residuos de la manera correcta. El 10% mencionó que paga a los carretilleros del sector, lo cual señala que una parte importante de los residentes recurre a la economía informal para gestionar estos residuos. El 3% respondió que paga a los habitantes de calle, lo que podría reflejar una falta de conciencia sobre las implicaciones de utilizar estos métodos informales. El 14% indicó que paga a los operarios del carro recolector de residuos, lo que podría reflejar un uso inapropiado del servicio de recolección.

En la **Gráfica 10** se muestra que el 75% de las personas encuestadas, frecuentemente ha observado residuos clandestinos arrojados ilegalmente en las calles de la comuna 15, el 16% dice observarlos ocasionalmente, el 3% raramente los ha observado y solo el 6% dice no haberlos observado, estos resultados refleja que la inadecuada gestión o disposición de residuos sólidos es una problemática percibida por la gran mayoría de los habitantes de esta comuna, lo que recalca la necesidad de implementar estrategias de manejo de residuos sólidos más efectivas y mejorar la concientización sobre la disposición adecuada, así como reforzar las acciones de vigilancia y control en esta y en las comunas antes mencionadas con mayor recolección de residuos clandestinos.

En resumen, los datos obtenidos para estas preguntas de la encuesta destacan la persistente problemática de la disposición inadecuada de residuos en la comuna 15 y la tendencia de algunos habitantes a recurrir a métodos informales de gestión. Esto recalca la urgencia de fortalecer las estrategias de concientización y educación ambiental. Además, es crucial implementar medidas de control más rigurosas, así como destinar recursos que garanticen una gestión adecuada y sostenible, contribuyendo a mejorar la calidad de vida en las comunas con mayor acumulación de residuos clandestinos.

7.5.3 Percepción de la efectividad de la información

Con el objetivo de evaluar la efectividad percibida de la información recibida respecto al manejo adecuado de residuos sólidos, las prácticas de disposición y la responsabilidad del generador de residuos, se incluyeron en la encuesta las siguientes preguntas:

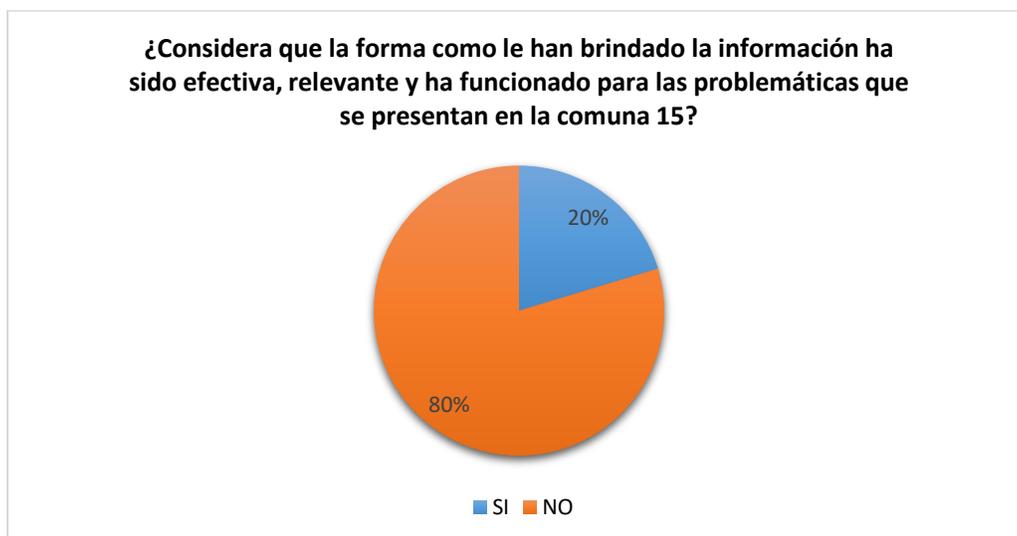
- ¿Alguna vez ha recibido información sobre el manejo de los residuos sólidos?
- ¿Considera que la forma como le han brindado la información ha sido efectiva, relevante y ha funcionado para las problemáticas que se presentan en la comuna 15?

- ¿Sabe usted que los RCD y residuos voluminosos son responsabilidad del generador y NO del municipio?

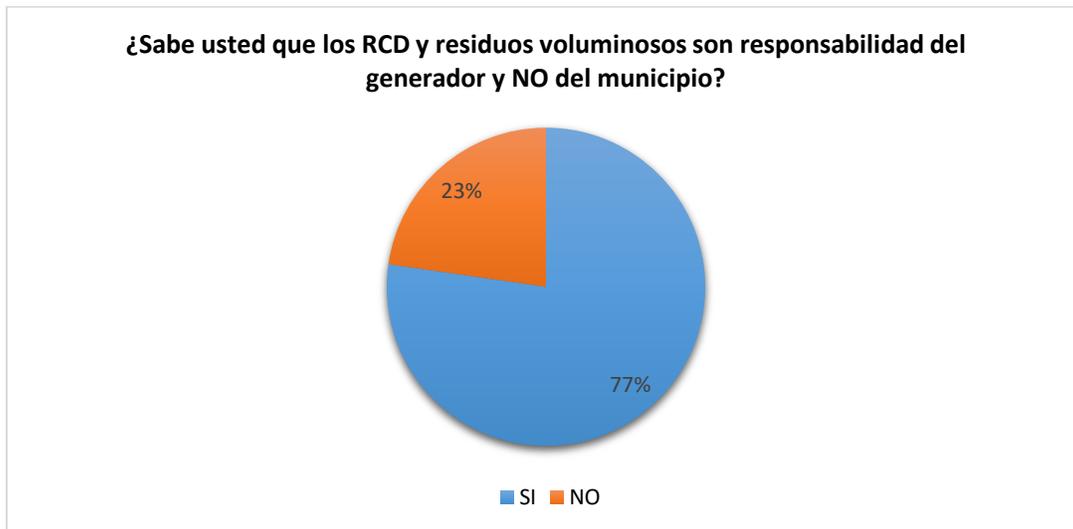
Gráfica 11. Respuestas a pregunta "¿Alguna vez ha recibido información sobre el manejo de los residuos sólidos?".



Gráfica 12. Respuestas a pregunta "¿Considera que la forma como le han brindado la información ha sido efectiva, relevante y ha funcionado para las problemáticas que se presentan en la comuna 15?".



Gráfica 13. Respuestas a pregunta "¿Sabe usted que los RCD y residuos voluminosos son responsabilidad del generador y NO del municipio?".



En la **Gráfica 11** se muestra que un 63% de las personas encuestadas si ha recibido información sobre el manejo de residuos sólidos, mientras que un 37% de los encuestados indicó que no ha recibido esta información. Estos resultados reflejan que, aunque más de la mitad de las personas encuestadas ha tenido acceso a información sobre el adecuado manejo de residuos sólidos, aún existe una porción de personas encuestadas bastante considerable que no ha recibido la información necesaria, lo que genera confusión y puede fomentar a prácticas inadecuadas de disposición.

Mientras que la **Gráfica 12** muestra que el 80% de las personas encuestadas creen que la forma en que le han brindado información sobre la adecuada gestión de residuos sólidos no ha sido efectiva ni relevante, para abordar las problemáticas presentes en esta comuna, en contraste, el 20% considera que la información brindada ha sido efectiva y relevante. Estos resultados reflejan una insatisfacción mayoritaria respecto a las estrategias de educación ambiental actuales, lo que indica la necesidad de mejorar tanto el contenido como el enfoque de las campañas informativas para lograr un mayor impacto en la comunidad.

Por último, en la **Gráfica 13** se observa que el 77% de las personas encuestadas son conscientes y tienen conocimiento de que los RCD y residuos voluminosos son responsabilidad del generador y no del municipio o Distrito, sin embargo, un 23% de las personas encuestadas aun desconocía esta información, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la comunicación respecto

a las responsabilidades que tienen las personas como generadores de estos tipos de residuos su gestión, esto con el fin de promover practicas más adecuadas.

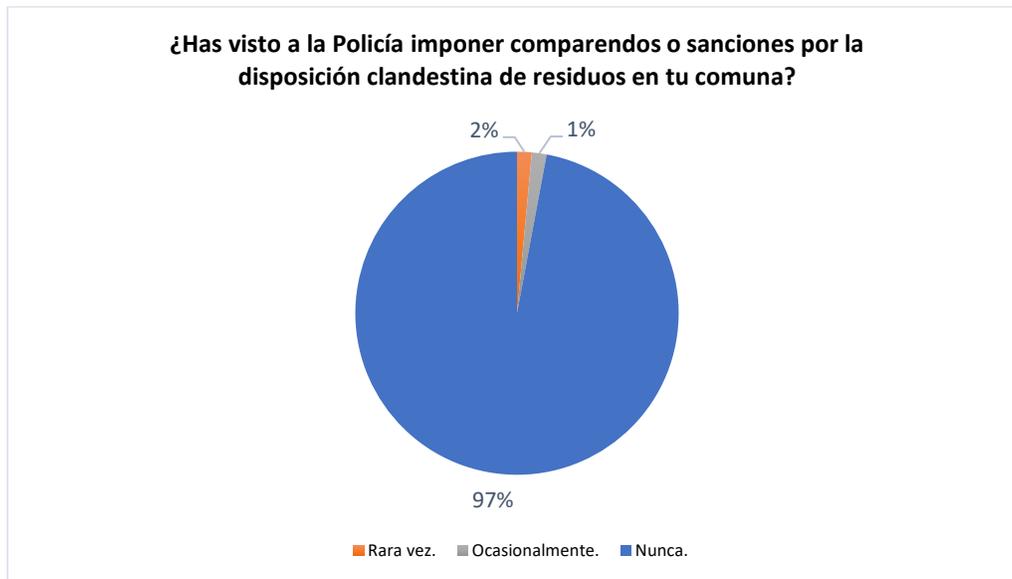
En resumen, los resultados reflejan una brecha significativa en el conocimiento y percepción sobre la gestión de residuos sólidos en la comunidad. Aunque una mayoría ha recibido información sobre el manejo de estos residuos, la falta de efectividad en las campañas educativas ha generado insatisfacción y confusión en un número considerable de personas. Además, la percepción sobre la responsabilidad de los generadores en el manejo de RCD y residuos voluminosos no es de conocimiento para todos, lo que resalta la necesidad de fortalecer la comunicación y las estrategias de educación ambiental.

7.5.4 Opiniones sobre sanciones y factores ambientales

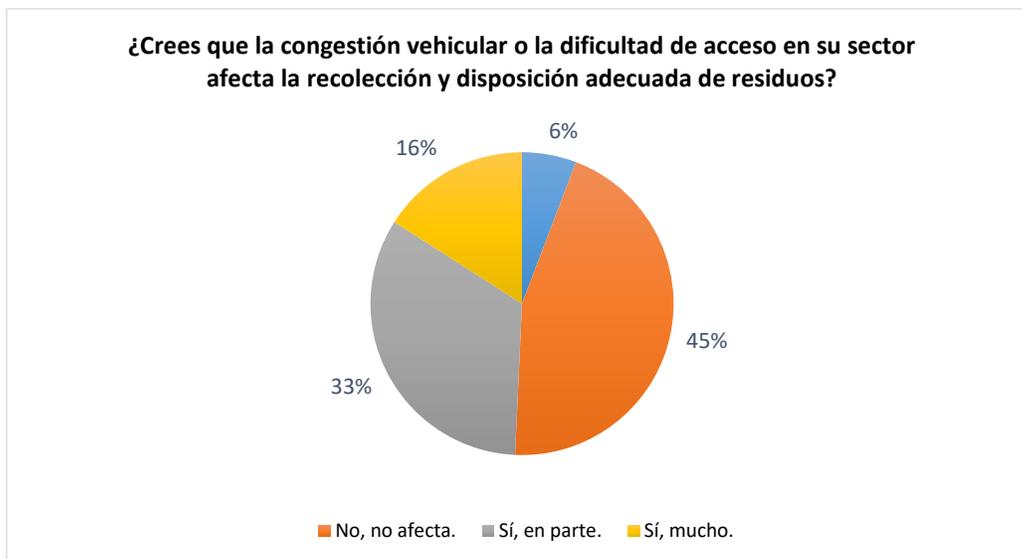
Con el fin de comprender las opiniones de la comunidad sobre las sanciones por disposición clandestina de residuos y la influencia de factores ambientales (como la falta de vigilancia en espacios poco transitados), se incluyeron las siguientes preguntas:

- ¿Has visto a la Policía imponer comparendos o sanciones por la disposición clandestina de residuos en tu comuna?
- ¿Crees que la congestión vehicular o la dificultad de acceso en su sector afecta la recolección y disposición adecuada de residuos?
- ¿Crees que la falta de vigilancia y control en espacios poco transitados o abandonados favorece la acumulación de residuos en la comuna?

Gráfica 14. Respuesta a pregunta "¿Has visto a la Policía imponer comparendos o sanciones por la disposición clandestina de residuos en tu comuna?".



Gráfica 15. Respuestas a pregunta "¿Crees que la congestión vehicular o la dificultad de acceso en su sector afecta la recolección y disposición adecuada de residuos?".



Gráfica 16. Respuestas a pregunta "¿Crees que la falta de vigilancia y control en espacios poco transitados o abandonados favorece la acumulación de residuos en la comuna?".



Las respuestas observadas de la **Gráfica 14** muestra que un 97% de las personas encuestadas no ha observado a la policía imponer comparendos o sanciones por la disposición clandestina de residuos sólidos en la comuna 15, solo 2% rara vez lo ha visto y solo el 1% ocasionalmente ha visto imponer comparendos o sanciones por parte de la policía. Estos datos evidencian una notable falta de presencia y acción por parte de la policía en el control de la disposición inadecuada de residuos sólidos, lo cual puede estar contribuyendo a la persistencia de esta problemática en la comuna.

Por otro lado, la **Gráfica 15** revela que el 45% de las personas encuestadas consideran que la congestión vehicular y la dificultad de acceso no afecta la recolección y disposición de residuos en la comuna, mientras que el 33% piensa que en parte si afecta, el 16% piensa que si afecta mucho y el 6% no sabe si afecta o no afecta. Estas respuestas muestran una división significativa en las percepciones de los encuestados sobre el impacto de la congestión vehicular y la dificultad de acceso en la gestión de residuos. Esta variabilidad puede atribuirse a que las condiciones de acceso y el nivel de congestión varían en diferentes puntos de la comuna, mientras en algunos barrios pueden tener menos tráfico, lo que facilita la recolección y disposición de residuos, llevando a que una parte considerable de los residentes no perciba estos factores como un obstáculo, en otras zonas donde la congestión es más severa o el acceso es más complicado, estos mismos factores pueden

afectar significativamente las operaciones de recolección, lo que explica por qué una parte de los encuestados sí percibe un impacto notable.

La **Gráfica 16** evidencia que el 85% de las personas encuestadas creen que la falta de vigilancia y control en espacios poco transitados o abandonados favorece la acumulación de residuos en la comuna, el 15% consideran que tal vez estos aspectos favorecen la acumulación de residuos en la comuna y ninguna persona considera que la falta de vigilancia y control no favorece la acumulación de residuos en la comuna 15 (0%). Estos resultados sugieren una fuerte percepción de que la presencia de autoridades o fortalecer medidas de control podría ser un factor clave para prevenir la disposición clandestina de residuos en zonas de la comuna 15.

Por último, este análisis evidencia que la falta de vigilancia y control es percibida como un factor determinante en la disposición inadecuada de residuos en la comuna 15, además, la ausencia de sanciones efectivas y la escasa presencia de la policía en áreas poco transitadas o abandonadas parecen facilitar la acumulación de residuos clandestinos, mientras que las opiniones divididas sobre la influencia de la congestión vehicular sugieren que las condiciones de acceso varían significativamente en la comuna.

7.6 Evaluación de las líneas estratégicas del plan de acción de RCD

Las cinco líneas estratégicas descritas en el informe final de estrategias de RCD por parte de la Secretaría de Medio Ambiente son esenciales para abordar los múltiples desafíos que enfrenta el Distrito en términos de manejo adecuado, aprovechamiento y disposición de estos residuos.

7.6.1 Línea de Educación Ambiental

La educación ambiental es la piedra angular para promover la gestión responsable de los RCD, especialmente en un contexto donde la indisciplina ciudadana ha sido identificada como uno de los principales obstáculos. Esta línea se basa en la Política Nacional de Educación Ambiental y busca generar conciencia sobre las buenas prácticas relacionadas con la disposición y aprovechamiento de los RCD.

A través de actividades como jornadas puerta a puerta, tomas pedagógicas y encuentros de capacitación, se logró involucrar a la comunidad en el proceso de sensibilización.

Las actividades lúdicas y artísticas contribuyeron a hacer más atractiva la educación ambiental. Las herramientas digitales permitieron una mayor cobertura, especialmente entre los sectores jóvenes de la población.

A pesar de los avances, la indisciplina ciudadana sigue siendo una barrera significativa. Para superarla, se debe trabajar en profundizar la conciencia ambiental, especialmente en zonas donde el acceso a la educación y los recursos es limitado.

Propuestas de mejora:

- Ampliar las acciones educativas a más sectores de la población, especialmente en áreas rurales y suburbanas donde la falta de infraestructura educativa limita la sensibilización.
- Desarrollar más programas dirigidos a los jóvenes, utilizando herramientas digitales y redes sociales para promover una cultura de aprovechamiento de los RCD.
- Implementar métodos más sistemáticos para evaluar la efectividad de las actividades educativas, con el fin de ajustar las estrategias y maximizar su impacto.

7.6.2 Línea de Articulación Interinstitucional

La articulación interinstitucional buscó generar sinergias entre distintas entidades, tanto gubernamentales como privadas, para facilitar la implementación de la Estrategia Integral RCD.

Esta articulación interinstitucional permitió la creación de mesas técnicas que lograron importantes avances en la identificación de los puntos de acopio temporal (PAT) y en el fortalecimiento de la cadena de valor de los RCD. La presencia de aliados clave como CORANTIOQUIA y empresas recicladoras facilitó el aprovechamiento de los residuos.

Aunque la articulación es importante, la coordinación entre todas las entidades no siempre es fluida, lo que puede retrasar la implementación de soluciones o generar duplicidad de esfuerzos. Además, la falta de claridad en las responsabilidades entre las diferentes partes puede llevar a ineficiencias en la ejecución de proyectos.

Propuestas de mejora:

- Establecer convenios formales y protocolos de actuación para asegurar una coordinación más eficiente entre las entidades.
- Asegurar que todos los actores interinstitucionales, incluidos los funcionarios públicos y las empresas privadas, reciban formación continua sobre la gestión integral de los RCD y las normativas asociadas.
- Implementar sistemas de seguimiento de las mesas técnicas y sus proyectos, para asegurar que se cumplan los plazos y objetivos establecidos.

7.6.3 Línea de Fortalecimiento a Gestores y Aprovechamiento de RCD

Esta línea se enfocó en el fortalecimiento de los actores clave en la gestión de los RCD, como los grandes y pequeños generadores, pequeños transportadores, Puntos de Almacenamiento Temporal (PAT) y plantas de aprovechamiento.

El fortalecimiento de los actores clave, especialmente los pequeños transportadores, permitió una mayor formalización del proceso de gestión. La capacitación en buenas prácticas y normativas ha sido un componente esencial para mejorar la eficiencia en la cadena de gestión de los RCD. Por otro lado, la informalidad sigue siendo un problema en el sector de los transportadores y puntos de acopio, lo que dificulta el monitoreo y control adecuados. Además, la falta de infraestructura adecuada en las comunas limita la cobertura de los servicios de recolección y aprovechamiento de RCD.

Propuestas de mejora:

- Ofrecer incentivos fiscales o beneficios a los pequeños transportadores y puntos de acopio para que se formalicen y registren ante las autoridades competentes.
- Desarrollar una mayor cantidad de puntos limpios en las comunas y corregimientos más alejados para facilitar la recolección y disposición adecuada de los RCD.

7.6.4 Línea de Intervenciones Técnicas y Ambientales

Las intervenciones técnicas y ambientales se centraron en la recuperación de espacios y la limpieza de puntos críticos en la ciudad, donde los RCD y otros residuos como llantas o voluminosos son abandonados ilegalmente. Esta línea también incluye el seguimiento del contrato interadministrativo que tiene la SMA con Emvarias en la recolección de residuos clandestinos como llantas, residuos peligrosos, animales muertos, residuos voluminosos y RCD, además el apoyo a las comunidades mediante convenios participativos.

Las intervenciones paisajísticas y las actividades de limpieza fueron exitosas en la reducción de puntos críticos en la ciudad. Los convites comunitarios lograron movilizar a la ciudadanía para la recolección de residuos y la restauración de espacios públicos. A pesar de los esfuerzos, los residuos clandestinos continúan siendo un desafío importante, especialmente en áreas de difícil acceso.

Propuestas de mejora:

- Implementar tecnologías como drones o sensores para monitorear en tiempo real los puntos críticos y detectar acumulaciones ilegales de RCD.
- Ampliar la participación en los convites comunitarios mediante campañas de sensibilización y la creación de un sistema de recompensas para los ciudadanos que colaboren activamente en la recolección.
- Aumentar los recursos destinados a la limpieza de puntos críticos, especialmente en zonas rurales o periféricas, donde los problemas de disposición de residuos son más graves.

7.6.5 Línea de Comunicación y Promoción

La comunicación y promoción tuvo como objetivo sensibilizar a la población sobre la importancia de la correcta gestión de los RCD, utilizando diversos canales de comunicación, tanto digitales como convencionales. Se busca empoderar a los ciudadanos y promover la cadena de gestión responsable.

La estrategia comunicacional logró un buen alcance gracias a los medios digitales y la visibilidad en medios tradicionales. Las campañas han permitido sensibilizar a la población sobre

la importancia de separar los RCD en la fuente. Sin embargo, las campañas pueden no haber sido lo suficientemente profundas para cambiar el comportamiento a largo plazo, especialmente en las áreas más marginadas.

Propuestas de mejora:

- Desarrollar campañas dirigidas a segmentos específicos de la población, como pequeños generadores o empresas constructoras, con mensajes adaptados a sus necesidades y características.
- Promover los puntos limpios a través de campañas locales en las comunas, destacando su importancia y beneficios para la comunidad.
- Implementar mecanismos de evaluación para medir la efectividad de las campañas y ajustar las estrategias en función de los resultados.

8. Conclusiones

- El análisis de los datos de recolección de residuos clandestinos en Medellín durante el período 2021-2023 evidencia la predominancia de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) como el tipo de residuo clandestino más común en la ciudad. Esta distribución muestra que los RCD se generan de forma constante y extensa en diferentes comunas, lo cual está influenciado por la actividad de los pequeños generadores, la insuficiencia de sitios de disposición autorizados y la indisciplina al momento de gestionar correctamente estos residuos. Esto sugiere una necesidad de modificar la normativa, con el fin de generar más Puntos de Acopio Temporal (PAT) en el Distrito de Medellín y que esto se convierta en una actividad económica importante.
- La zona 1 destaca como el área con el mayor volumen acumulado de residuos clandestinos en todo el periodo de estudio, alcanzando un total de 32,943.1 m³, mayormente compuesto por Residuos de Construcción y Demolición (RCD), seguidos de residuos voluminosos y, en menor medida, llantas usadas. Esta tendencia puede estar relacionada con varios factores, entre ellos la limitada implementación de controles efectivos para la disposición de residuos y la escasa educación ambiental. Al estar conformada principalmente por comunas de menor nivel socioeconómico, esta zona presenta desafíos adicionales en la sensibilización y acceso a programas de gestión adecuada de residuos.
- La comuna 4 registró el mayor volumen de residuos clandestinos durante el periodo de estudio. Este comportamiento se mantuvo también en 2023, en gran parte debido a intervenciones significativas realizadas en los meses de marzo y abril. En contraste, la comuna 10 fue la que presentó el mayor volumen de recolección en los años 2021 y 2022. Un factor relevante en este patrón es su ubicación estratégica como comuna central del Distrito, lo que la convierte en un punto focal de actividades comerciales y residenciales. Además, esta zona es conocida por la alta concentración de talleres mecánicos en sectores como La Bayadera y El Chagualo, lo que contribuye significativamente al volumen de residuos, especialmente llantas usadas.
- Los registros fotográficos de los puntos de inadecuada gestión de residuos sólidos en las comunas 4 (Aranjuez) y 10 (La Candelaria) reflejan la persistente problemática de disposición clandestina de residuos en áreas públicas y zonas de alta actividad comercial.

En la comuna 4, la acumulación de residuos ordinarios, voluminosos y de construcción en puntos comunes como el Puente del Mico y la Curva del Diablo subraya la necesidad de intervenciones más efectivas en estos sectores, mientras que la intervención realizada en el Puente de la Madre Laura muestra avances en la recuperación de estos puntos. En la comuna 10, la acumulación de llantas usadas, especialmente en áreas cercanas a talleres mecánicos en El Chagualo y el centro de la ciudad, destaca la falta de conciencia y regulación sobre el manejo adecuado de estos residuos.

- Los resultados de la encuesta realizada en la Comuna 15 (Guayabal) evidencian un nivel relativamente alto de conocimiento entre los habitantes sobre conceptos clave como "punto crítico" y "residuos aprovechables". Sin embargo, también se observa una brecha importante en la comprensión de estos términos, lo que indica que aún existen vacíos en la educación y la concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos. Aunque un 63% de los encuestados ha recibido información sobre el manejo de residuos, el 80% considera que la forma en que se ha proporcionado esta información no ha sido efectiva ni relevante para abordar las problemáticas específicas de la comuna, lo que resalta la necesidad urgente reforzar estrategias de educación ambiental, con enfoques más adaptados a las realidades y características de cada una de las comunas de Medellín.
- La percepción de la comunidad sobre la falta de vigilancia y control en zonas poco transitadas o abandonadas es un aspecto clave que se destaca en los resultados de la encuesta. Un 85% de los encuestados considera que la escasa presencia de autoridades en estos espacios favorece la disposición inapropiada de residuos, lo que subraya la necesidad de reforzar las medidas de control y vigilancia en estos puntos. Además, la ausencia de sanciones efectivas por parte de la policía, refuerza la idea de que la falta de acción institucional está contribuyendo a la persistencia del problema. Estas percepciones sugieren que mejorar la presencia de las autoridades, así como implementar medidas de control más estrictas y efectivas, podría ser fundamental para reducir la acumulación de residuos y mejorar la gestión ambiental en esta y en todas las comunas del Distrito.
- Las líneas estratégicas del plan de acción para la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) han demostrado ser un marco adecuado para abordar los desafíos del manejo de estos residuos, pero requieren mejoras para ser más efectivas, especialmente en áreas rurales y suburbanas, en la coordinación interinstitucional y en la formalización de

los actores involucrados. Aunque se han logrado avances, como la sensibilización comunitaria y la reducción de puntos críticos, persisten desafíos en cuanto a la informalidad, la falta de infraestructura y la disposición ilegal de residuos. Es fundamental que estas estrategias cuenten con un presupuesto continuo y suficiente para garantizar su implementación efectiva y sostenible en el tiempo, así como para evaluar y ajustar las acciones de manera constante, asegurando que los esfuerzos se traduzcan en un cambio cultural duradero en la gestión de los residuos.

Referencias

- Alcaldía de Medellín. (2022). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2016 - 2027. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-gestion-y-control-territorial/subsecretaria-de-servicios-publicos/plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-pgirs-2016-2027/>
- ArcGIS. (24 de agosto del 2024). Georreferenciación y sistemas de coordenadas. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2023). Guía regional con los procesos técnicos y jurídicos para el manejo integral de Residuos de Construcción y Demolición.
- Bogotá. (2022). Aprende cómo deshacerte de tu colchón viejo y otros residuos voluminosos. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/conoce-el-proceso-para-deshacerte-de-residuos-voluminosos-en-bogota#:~:text=Los%20residuos%20voluminosos%20como%20muebles,que%20generamos%20en%20nuestro%20hogar.>
- CEUPE. (25 de agosto del 2024). QGIS: ¿Qué es y qué ventajas ofrece? <https://www.ceupe.com/blog/qgis.html#:~:text=QGIS%20es%20un%20Sistema%20de,y%20publicaci%C3%B3n%20de%20informaci%C3%B3n%20geoespacial.>
- DANE. (25 de agosto del 2024). ¿Cuántos somos? <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>
- Microsoft. (25 de agosto del 2024). ¿Qué es power BI? <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>
- Ruta n Medellín, (2022). ¿Cómo vigilar y controlar los puntos críticos de residuos de la ciudad, con el fin de gestionar los puntos existentes, identificar los responsables y aplicar las sanciones correspondientes, con la ayuda de CT+I? https://info.rutanmedellin.org/hubfs/RESIDUOSSOLIDOS_1-1.pdf?hsLang=es-co
- Secretaría de Medio Ambiente Distrito de Medellín. (2023). INFORME FINAL ESTRATEGIA RCD SEGUNDO SEMESTRE 2023.
- Sistema Verde. (24 de agosto del 2024). Posconsumo de llantas. <https://www.sistemaverde.com.co/servicios/posconsumo-de->

Anexos

Anexo 1. Base de datos con registros de recolección de residuos clandestinos 2021 – 2023.

Archivo: Registro de recolección residuos clandestinos 2021-2023 (Excel)

Anexo 2. Encuesta en línea sobre las dinámicas locales en la comuna 15 (Guayabal).

Enlace de encuesta:

https://docs.google.com/forms/d/1mRpWc7ncAO4IEKM1X6vf0niniNkqhbDs_KAWkETXfMQ/edit?ts=670805c5

Archivo con respuestas: Resultados Encuesta Manejo de Residuos Sólidos en la Comuna 15 Guayabal (Excel)

Anexo 3. Tableros de análisis de recolección de residuos clandestinos.

Enlace de tableros interactivos: <https://app.powerbi.com/groups/me/reports/213317d3-551c-40bb-97b0-1d8bbae441fd/95e3c27a36fff73aff13?experience=power-bi>

Archivo: Tableros proyecto Power BI (PDF)

Anexo 4. Mapa de la ubicación del proyecto.

Archivo: Ubicación del proyecto (PDF)

Anexo 5. Divisoria del Distrito por zonas.

Archivo: Divisoria por zonas (PDF)

Anexo 6. Georreferenciación de puntos de recolección y mapas de calor de RCD, residuos voluminosos y llantas usadas.

Carpeta: Proyecto Qgis

