CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS SECTORES RESIDENCIAL Y NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN Y EN EL ÁREA URBANA Y RURAL DE LOS CINCO CORREGIMIENTOS.

CONTRATO 4600098235 DE 2023

INFORME 1. DIAGNÓSTICO SOBRE ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN REALIZADOS EN EL DISTRITO ESPECIAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE MEDELLÍN Y DISEÑO METODOLÓGICO DE CARACTERIZACIÓN PARA LOS SECTORES RESIDENCIAL Y NO RESIDENCIAL

PRESENTADO POR

CONSORCIO CIDOR GEOSIGMA

MEDELLÍN

JULIO 2023

Tabla de contenido

1 BOSQUEJO NORMATIVO QUE RIGE LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS 10

2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES QUE PUEDEN SUMINISTRAR INFORMACIÓN 20

3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4 CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA **¡Error! Marcador no definido.**

5 PLAN DE COMUNICACIONES 29

5.1 Objetivo general 29

5.2 Objetivos específicos 29

5.3 Descripción general de medios de comunicación **¡Error! Marcador no definido.**

6 ANÁLISIS DE PROYECCIONES POBLACIONALES 34

6.1 Revisión comparativa de proyecciones poblacionales realizadas en los PGIRS 2015 y 2020 34

7 VALORES DE GENERACIÓN DE RESIDUOS HALLADOS MEDIANTE ESTUDIOS ANTERIORMENTE REALIZADOS EN MEDELLÍN 40

7.1 Valores de generación de residuos sólidos en el sector residencial 40

7.2 Valores de generación de residuos sólidos en el sector no residencial ... 45

7.2.1 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector industrial del municipio de Medellín. 46

7.2.2 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector comercial del municipio de Medellín. 48

7.2.3 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector instituciones educativas del municipio de Medellín. 49

7.2.4 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector salud del municipio de Medellín. 51

7.2.5 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector centros comerciales del municipio de Medellín. 53

7.2.6 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector restaurantes del municipio de Medellín. 54

7.2.7 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector de plazas de mercado del municipio de Medellín. 56

7.2.8 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector Oficial del municipio de Medellín. 57

8 ANÁLISIS HISTÓRICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN 60

8.1 Composición física porcentual de residuos en el sector residencial 60

8.2 Composición física porcentual de residuos en el sector no residencial ... 70

8.2.1 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector industrial del municipio de Medellín 70

8.2.2 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector comercial del municipio de Medellín. 72

8.2.3 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector instituciones educativas del municipio de Medellín. 74

8.2.4 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Salud del municipio de Medellín. 76

8.2.5 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Centros Comerciales del municipio de Medellín. 77

8.2.6 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes del municipio de Medellín. 79

8.2.7 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de mercado del municipio de Medellín. 80

8.2.8 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Oficial del municipio de Medellín. 82

9 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MEDELLÍN 84

10 CONOCER LA CANTIDAD, LA COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE PRODUCEN EN EL SECTOR RESIDENCIAL POR ESTRATO SOCIOECONÓMICO Y COMUNA 89
10.1 Diseño metodológico para el muestreo 89
10.2 Población objeto de estudio 89
10.3 Unidad de análisis 92
10.4 Tamaño de la muestra 92
11 ESTIMAR LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA EN EL SECTOR RESIDENCIAL 97
11.1 Selección del método para calcular la producción de residuos en el sector residencial 97
11.2 Procedimiento para el cálculo de la producción per cápita 97
12 CONOCER LA COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LOS RESIDUOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL 99
12.1 Diseño metodológico para el muestreo 99
12.2 Población objeto de estudio 100
12.3 Unidad de análisis 100
12.4 Tamaño de la muestra 100
12.5 Procedimiento para el cálculo de la densidad 101
12.6 Estimación de la composición física porcentual 102
12.7 Procedimiento para realizar el método del cuarteo 107
12.8 Determinación de parámetros físico químicos y microbiológicos 109
12.9 Valores de referencia para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras 112
13 Bibliografía 116

Índice de tablas

Tabla 1. Marco normativo nacional 11
Tabla 2. Planes de Desarrollo Nacional y Local 18
Tabla 3. Normativa local en temas de residuos sólidos 19
Tabla 4. Actores involucrados con la gestión integral de residuos sólidos 22
Tabla 5. Distribución político administrativa de Medellín 25
Tabla 6. Medios de comunicación masiva 30
Tabla 7. Medios de comunicación directa 33
Tabla 8. Comparativo métodos empleados PGIRS 2015 y PGIRS 2020 35
Tabla 9. Definición de zonas para proyecciones de población 35
Tabla 10. Comparativo resultados proyecciones poblacionales por zonas 36
Tabla 11. Comparativo resultados proyecciones poblacionales por zonas 37
Tabla 12. Comparativo resultados proyecciones poblacionales por corregimientos 38
Tabla 13. Comparativo de resultados proyecciones poblacionales totales 38
Tabla 14. Datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín 40
Tabla 15. Datos históricos de la PPC residencial de residuos sólidos generados en la zona urbana de por estrato socioeconómico 41
Tabla 16. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector industrial de Medellín. 46
Tabla 17. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector comercial de Medellín. 48
Tabla 18. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector instituciones educativas de Medellín. 50
Tabla 19. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Salud de Medellín. 51
Tabla 20. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Centros Comerciales de Medellín. 53
Tabla 21. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Restaurantes de Medellín. 55
Tabla 22. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Plazas de mercado de Medellín. 56
Tabla 23. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Oficial de Medellín. 58
Tabla 24. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín 60

Tabla 25. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín 63
Tabla 26. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera..... 68
Tabla 27. Número de empresas por cada grupo (clúster) intervenido en el subsector industrial de Medellín para los años 2014 y 2018. 70
Tabla 28. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector industrial de Medellín. 70
Tabla 29. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector comercial de Medellín. 72
Tabla 30. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Instituciones Educativas de Medellín. 74
Tabla 31. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Salud de Medellín..... 76
Tabla 32. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Centros Comerciales de Medellín. 77
Tabla 33. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes de Medellín. 79
Tabla 34. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de mercado de Medellín. 81
Tabla 35. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Oficial de Medellín. 82
Tabla 36. Población objeto de estudio por comuna para el año 2023..... 89
Tabla 37. Población objeto de estudio por corregimiento para el año 2023..... 90
Tabla 38. Número de viviendas por estratos socioeconómico en la ciudad de Medellín..... 94
Tabla 39. Número de viviendas para los centros poblados de los corregimientos 95
Tabla 40. Número de viviendas para los corregimientos rural disperso 95
Tabla 41. Estratos socioeconómicos predominantes por comuna y zonas de la ciudad de Medellín 96
Tabla 42. Planilla de consolidación de los valores en peso encontrados para cada una de las tipologías de residuos a evaluar 103
Tabla 43. Convenciones usadas en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos..... 113
Tabla 44. Límites máximos permisibles para metales pesados según normatividad colombiana..... 113
Tabla 45. Parámetros fisicoquímicos para productos agrícolas obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos separados en la fuente 114

Tabla 46. Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos según normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos 114
Tabla 47. Porcentajes para macro contaminantes en muestras según NTC 5167 115

Índice de gráficas

Gráfica 1. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín 41
Gráfica 2. Comparativo de los datos históricos de la PPC residencial de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín por estrato socioeconómico ... 42
Gráfica 3. Comparativo de los datos históricos de la PPC residencial promedio de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín..... 43
Gráfica 4. Cantidades de residuos sólidos generados en Medellín, llevadas a disposición final 44
Gráfica 5. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector industrial de Medellín. 47
Gráfica 6. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector comercial de Medellín. 49
Gráfica 7. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector instituciones educativas de Medellín. 50
Gráfica 8. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector salud de Medellín. 52
Gráfica 9. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector centros comerciales de Medellín. 54
Gráfica 10. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes de Medellín. 56
Gráfica 11. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de Mercado de Medellín. 57
Gráfica 12. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector Oficial de Medellín. 59
Gráfica 13. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín..... 61
Gráfica 14. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos orgánicos y residuos ordinarios en el sector rural de Medellín 62
Gráfica 15. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos reciclables en el sector rural de Medellín..... 63

Gráfica 16. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín 64
Gráfica 17. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos orgánicos y residuos ordinarios en el sector urbano de Medellín 65
Gráfica 18. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos reciclables, especiales y peligrosos en el sector rural de Medellín 66
Gráfica 19. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos reciclables, en el sector rural de Medellín 67
Gráfica 20. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera 68
Gráfica 21. Comparativo de los datos históricos de las fracciones porcentual de residuos sólidos aprovechables dispuestos en el relleno sanitario La Pradera 69
Gráfica 22. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Industrial de Medellín 71
Gráfica 23. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector comercial de Medellín. 73
Gráfica 24. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Instituciones Educativas de Medellín. 75
Gráfica 25. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Salud de Medellín. 76
Gráfica 26. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Centros Comerciales de Medellín. 78
Gráfica 27. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes de Medellín. 80
Gráfica 28. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de Mercado de Medellín.. 81
Gráfica 29. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Oficial de Medellín. 83
Gráfica 30. Población por comuna en zona urbana de Medellín 91
Gráfica 31. Población por Corregimiento en zona rural de Medellín 92

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Subsectores no residenciales objeto de caracterización mediante el presente proyecto..... 21
Ilustración 2. Periodo de comparación proyecciones PGIRS 2015 y PGIRS 2020 34
Ilustración 3. Método del cuarteo 108
Ilustración 4. Diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos 108

1 BOSQUEJO NORMATIVO QUE RIGE LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los problemas ambientales asociados a la gestión inadecuada de residuos sólidos y la tendencia al incremento en la generación de los mismos, han requerido la formulación de un marco normativo tendiente a reglamentar su gestión, con énfasis en la promoción de estrategias de prevención de la generación, separación en la fuente, aprovechamiento, tratamiento y en general, buenas prácticas de gestión.

Respecto a los avances en la gestión integral de residuos sólidos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible formuló la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible en el año 2010. Adicionalmente, ha expedido una regulación que se enfoca en la prevención de la generación de residuos sólidos particulares.

La Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES 3874), se compone por cuatro ejes estratégicos relacionados con la prevención de la generación de residuos sólidos, la minimización de los residuos que van a los sitios de disposición final; la promoción de la reutilización, el aprovechamiento y tratamiento de los residuos; así como evitar la generación de gases de efecto invernadero (Departamento Nacional de Planeación; Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016).

El Decreto 1077 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio", establece que los municipios y distritos, deberán elaborar, implementar y mantener actualizado un plan municipal o distrital para la gestión integral de residuos o desechos sólidos (PGRIS) en el ámbito local y regional según el caso (Artículo 2.3.2.2.3.87). Dicho Decreto también establece en su Artículo 2.3.2.2.3.91, que para considerar la viabilidad de un proyecto de aprovechamiento, se "deberá realizar la cuantificación y caracterización de los residuos para determinar el potencial de aprovechamiento, de acuerdo con sus propiedades y condiciones de mercado".

De este modo, el conocimiento de las cantidades y características fisicoquímicas de los residuos sólidos, hace posible la estructuración de programas, proyectos y metas ajustados al potencial de generación de éstos, además de lo cual se posibilita el diseño y dimensionamiento de infraestructuras y equipos para la prestación del servicio público de aseo.

La normativa que reglamenta la gestión de los residuos sólidos en Colombia se expide por diferentes organismos como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible; el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, el Departamento Nacional de Planeación

y las instituciones locales, como el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, por lo que a continuación se presenta un compendio del marco normativo que rige la gestión de residuos sólidos y su caracterización fisicoquímica.

Tabla 1. Marco normativo nacional

NORMA	RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO
Ley 09 de 1979 "Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	**Título II. Del Ministerio Del Medio Ambiente y Del Sistema Nacional Ambiental. Artículo 5. Funciones del Ministerio. Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente:** *32). Establecer mecanismos de concertación con el sector privado para ajustar las actividades de éste a las metas ambientales previstas por el Gobierno; definir los casos en que haya lugar a la celebración de convenios para la ejecución de planes de cumplimiento con empresas públicas o privadas para ajustar tecnologías y mitigar o eliminar factores contaminantes y fijar las reglas para el cumplimiento de los compromisos derivados de dichos convenios. Promover la formulación de planes de reconversión industrial ligados a la implantación de tecnologías ambientalmente sanas y a la realización de actividades de descontaminación, de reciclaje y de reutilización de residuos.*
Ley 99 de 1993 "Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	**Título IX. De las funciones de las entidades territoriales y de la planificación ambiental. Artículo 66**. **Competencias de Grandes Centros Urbanos.** Los municipios, distritos o áreas metropolitanas cuya población urbana fuere igual o superior a un millón de habitantes (1.000.000) ejercerán dentro del perímetro urbano las mismas funciones atribuidas a las Corporaciones Autónomas Regionales, en lo que fuere aplicable al medio ambiente urbano. Además de las licencias ambientales, concesiones, permisos y autorizaciones que les corresponda otorgar para el ejercicio de actividades o la ejecución de obras dentro del territorio de su jurisdicción, las autoridades municipales, distritales o metropolitanas tendrán la responsabilidad de efectuar el control de vertimientos y emisiones contaminantes, disposición de desechos sólidos y de residuos tóxicos y peligrosos, dictar las medidas de corrección o mitigación de daños ambientales y adelantar proyectos de saneamiento y descontaminación.
Ley 142 de 1994 "Por la cual se establece el régimen de servicios públicos domiciliarios"	**Capítulo II. Definiciones Especiales. Artículo 14. Definiciones. Para interpretar y aplicar esta Ley se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:** *14.23. Servicio público domiciliario de aseo. Es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará esta*

NORMA	RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO
	Ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.
Decreto 2676 de 2000 "Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares".	**Capítulo V. Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares.** ***Artículo 12****. Segregación en la fuente, desactivación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, y disposición final. Todo generador de residuos hospitalarios y similares debe llevar a cabo la segregación de sus residuos peligrosos, desactivación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición de forma ambiental y sanitariamente segura, cumpliendo los procedimientos que para el efecto establezcan los Ministerios del Medio Ambiente y Salud, de acuerdo con sus competencias. Las actividades de desactivación, recolección, transporte y tratamiento podrán ser contratadas.*
Resolución 1164 de 2002 "Por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares."	**Capítulo 7. Gestión interna** **7.1. Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria** **7.1.2 Aspectos funcionales** *Corresponde al Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria cumplir las siguientes funciones: Función 1 Realizar el diagnóstico situacional ambiental y sanitario El Grupo Administrativo realizará el diagnóstico situacional ambiental y sanitario del generador en relación con el manejo de los residuos hospitalarios y similares, efectuando la gestión para que se realicen las mediciones y caracterizaciones necesarias y confrontando los resultados con la normatividad ambiental y sanitaria vigente. La elaboración del diagnóstico parte de efectuar la caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos generados en las diferentes secciones de la institución, clasificándolos conforme a lo dispuesto en el Decreto 2676 de 2000 y en este Manual.*
Resolución CRA 233 de 2002. "Por la cual se establece una opción tarifaria para los multiusuarios del servicio de aseo, se señala la manera de efectuar el cobro del servicio ordinario de aseo para inmuebles desocupados y se define la forma de acreditar la desocupación de un inmueble".	**Artículo 2. Definiciones:** Multiusuario del servicio público de aseo. Son todos aquellos usuarios agrupados en unidades inmobiliarias, centros habitacionales, conjuntos residenciales, condominios o similares bajo el régimen de propiedad horizontal vigente o concentrados en centros comerciales o similares que se caracterizan porque presentan en forma conjunta sus residuos sólidos a la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios–ESPD– (Decreto 1713 de 2002 o normas que lo modifiquen), y solicitan medición como base de la facturación del servicio ordinario de aseo.
Decreto 4741 de 2005	**Capítulo II. Clasificación, Caracterización, Identificación y presentación de Los Residuos o Desechos Peligrosos. Artículo 7.**

NORMA	RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO
"Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejó de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral"	**Procedimiento mediante el cual se puede identificar si un residuo o desecho es peligroso se puede utilizar el siguiente procedimiento:** **"(…)"**c) A través de la caracterización físico-química de los residuos o desechos generados "(…. ***Parágrafo 3°. Actualización de la caracterización.*** *El generador de un residuo o desecho peligroso debe actualizar la caracterización de sus residuos o desechos peligrosos, particularmente si se presentan cambios en el proceso que genera el residuo en cuestión; esos cambios pueden incluir, entre otros, variaciones en los insumos y variaciones en las condiciones de operación.*
Resolución 693 de 2007 "Por la cual se establecen criterios y requisitos que deben ser considerados para los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas"	"(..)" Establecen criterios y requisitos que deben ser considerados para los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas. (…) plaguicidas en desuso, envases o empaques y los embalajes que se hayan contaminado con plaguicidas.
Resolución 371 de 2006	"Por la cual se establecen los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos".
Resolución 372 de 2009	"Por la cual se establecen los elementos que debe contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de baterías usadas plomo ácido y se adoptan otras disposiciones".
Resolución 1511 de 2010	"Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones".
Resolución 1512 de/2010	"Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones".
Resolución 1297 de 2010	"Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o acumuladores y se adoptan otras disposiciones"
Resolución 1023 de 2010 "Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales	***Artículo 12. Uso de la información****. La información registrada en el RUA para el sector manufacturero será utilizada por las autoridades ambientales competentes como herramienta de apoyo para el seguimiento de las actividades productivas, conocer la presión ejercida sobre los recursos naturales renovables, realizar diagnósticos ambientales, construir indicadores, diseñar políticas y optimizar el flujo de información entre los sectores productivos y las autoridades ambientales.* *El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, utilizará la información a que se ha hecho referencia, como insumo para la*

NORMA	RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO
Renovables SIUR para el sector manufacturero y se dictan otras disposiciones (inscripción al RUA)".	*formulación de las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente.*
Decreto 2981 de 2013 "Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo"	**Título III. Gestión Integral de los Residuos Sólidos** **Artículo 92. Viabilidad de los proyectos de aprovechamiento.** Numeral 2. Realización de la cuantificación y caracterización de los residuos para determinar el potencial de aprovechamiento, de acuerdo con sus propiedades y condiciones de mercado.
Resolución 0754 de 2014 "Por el cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos"	**Artículo 6.** Incorporación de los PGIRS en los Planes de Desarrollo municipales o distritales. que los programas y proyectos del PGIRS deben incorporarse en el plan de desarrollo y asignarle los recursos correspondientes para su implementación dentro de los presupuestos anuales
Decreto 0351 de 2014 "Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades."	**Artículo 7°. Obligaciones del transportador de desechos o residuos peligrosos. Son obligaciones de las empresas que transporten desechos o residuos peligrosos generados en la atención en salud y otras actividades, además de las contempladas en la normatividad vigente, las siguientes:** ***Numeral 5.*** *Entregar la totalidad de los residuos o desechos peligrosos al gestor autorizado para el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final que sea definido por el generador* .
Decreto 1076 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible".	**Título 6. Capítulo 1. Sección 2. Clasificación, caracterización, identificación y presentación de los residuos o desechos peligrosos.** **ARTÍCULO 2.2.6.1.2.3.** Procedimiento mediante el cual se puede identificar si un residuo o desecho es peligroso. Para identificar si un residuo o desecho es peligroso se puede utilizar el siguiente procedimiento. (…) b. A través de la caracterización físico-química de los residuos o desechos generados.
Decreto 1077 de 2015 Por medio del cual se expide el Decreto	**Sección 3. Gestión Integral de Residuos Sólidos** **ARTÍCULO 2.3.2.2.3.91. Viabilidad de los proyectos de aprovechamiento. El ente territorial en el marco de los PGIRS deberá determinar la viabilidad de los proyectos de aprovechamiento de**

NORMA	RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO
Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio."	**residuos, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, técnicos, operativos, financieros y comerciales así cómo los beneficios, entre otros los ambientales. Para ello deberá considerar, por lo menos, los siguientes factores:** *2. Realización de la cuantificación y caracterización de los residuos para determinar el potencial de aprovechamiento, de acuerdo con sus propiedades y condiciones de mercado.*
Decreto 1784 de 2017 "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento. Y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo".	**Capítulo 6. Tratamiento.** Artículo 2.3.2.6.5. Selección de Tratamiento. La selección de tratamiento o tratamientos a implementar debe considerar, entre otros, su complejidad, acorde con la caracterización de residuos sólidos según el tratamiento a implementar, los estudios de población, proyección de generación de residuos, análisis de viabilidad financiera y económica, así como la sostenibilidad empresarial.
Resolución 668 de 2016	Expide el reglamento para el uso racional y eficiente de las bolsas plásticas en Colombia.
Resolución 2246 de 2017	Modifica el artículo 10 de la Resolución 1297 de 2010, el cual establece los indicadores de gestión del aprovechamiento o valoración de los RAAE para la presentación de los informes anuales de avance.
Resolución 1326 de 2017	"Por la Cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se dictan otras disposiciones".
Decreto 284 de 2018	Reglamenta la gestión integral que se deben dar a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos más conocidos como RAAE para prevenir y minimizar los impactos adversos al medio ambiente.
Resolución 1397 de 2018	Se adiciona el artículo 9 a la Resolución 668 de 2016 los indicadores para medir el uso de bolsas plásticas en Colombia.
Resolución 1407 de 2018	Reglamenta el aprovechamiento de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal en Colombia.
RAS Reglamento de Agua Potable y Saneamiento, Título F, Aseo Urbano.	**F1. Aspectos Generales de los Sistemas de Aseo Urbano.** **F1.4. Procedimiento particular para el desarrollo de sistemas de aseo urbano.** **F.1.4.1. Selección del Sistema** **F.1.4.1.3 Caracterización de los residuos sólidos** La tabla F.1.4. Tipo de caracterización física, química y biológica de los residuos sólidos para sistemas de aseo con aprovechamiento, muestran las propiedades físicas, químicas y biológicas que deben analizarse según el nivel de complejidad del servicio y el tipo de sistema a diseñar. Los métodos de ensayo deben realizarse de acuerdo con normas técnicas colombianas o normas técnicas internacionales, en caso de que las primeras no existan. El generador debe identificar las características peligrosas de cada uno de los residuos que genere, teniendo en cuenta las particularidades de los procesos en donde dichos residuos sean

<table>
<tr><th>NORMA</th><th>RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO</th></tr>
<tr><td></td><td>generados y de las materias primas y otros insumos empleados. El manejo de residuos peligrosos se realizará conforme a la normativa específica sobre la materia.

Tabla F.1.4 Tipo de Caracterización Física, Química y Biológica de los Residuos Sólidos para Sistemas de Aseo con Aprovechamiento

<table>
<tr><th rowspan="2">Sistema de tratamiento</th><th rowspan="2">Tipo de caracterización</th><th colspan="4">Nivel de Complejidad del sistema</th><th rowspan="2">Normas ASTM</th></tr>
<tr><th>Bajo</th><th>Medio</th><th>Medio alto</th><th>Alto</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Recolección y transporte, barrido y limpieza</td><td>Peso específico</td><td>X[1]</td><td>X[1]</td><td>X</td><td>X</td><td>D5057 -90 (2007)</td></tr>
<tr><td>Contenido de humedad</td><td>X[1]</td><td>X[1]</td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">Tratamiento y disposición final</td><td>Peso específico</td><td>X[1]</td><td>X[1]</td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr>
<tr><td>Contenido de humedad</td><td>X[1]</td><td>X[1]</td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr>
<tr><td>Permeabilidad de residuos compactados</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis elemental (C, H, O, N, S, cenizas)</td><td>X[1]</td><td>X[1]</td><td>X</td><td>X</td><td>E1279-89
E778-08</td></tr>
<tr><td>Metales (cadmio, cobre, mercurio, plomo y níquel</td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr>
<tr><td>Capacidad de campo</td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr>
</table>
X: Obligatorio
X1: Pueden ser obtenidos de datos de referencia definidos en el presente título.</td></tr>
<tr><td>Resolución 330 de 2017</td><td>Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y deroga Resolución 1096 de 2000.</td></tr>
<tr><td>Resolución 472 de 2017</td><td>Se reglamenta la gestión integral de los residuos de construcción y demolición -RCD- la cual aplica para todas las personas naturales y jurídicas que hagan generación, recolección, transporte, almacenamiento y disposición en obras civiles u otras actividades en Colombia.</td></tr>
<tr><td>Resolución 0316 de 2018</td><td>Reglamenta la gestión adecuada que se debe dar a los residuos de aceites usados -ACU- el cual aplica para productores, distribuidores, comercializadores y generadores en Colombia.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>NORMA</th><th>RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO</th></tr>
<tr><td>Resolución 938 de 2019
"Por la cual se reglamenta el Decreto 1784 del 02 de noviembre de 2017 en lo relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo"</td><td>Capítulo I. Disposición Final.
Artículo 2. Condiciones de Diseño y operación. Las Condiciones mínima de Diseño y operación, que deberán ser utilizadas de acuerdo con la categorización definida por el Decreto 1784 de 2017para los sitios de disposición final, a partir del promedio diario registrado durante el último año serán entre otras la siguiente:

Diseño
<table>
<tr><th rowspan="2">Condiciones de Diseño</th><th colspan="4">Categoría del Relleno</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th><th>IV</th></tr>
<tr><td>Caracterización de residuos sólidos en la fuente</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr>
</table>
Artículo 3. Monitoreo e instrumentación. El monitoreo e instrumentación deberá ser realizada de conformidad con lo siguiente:

Operación
<table>
<tr><th rowspan="2">Condiciones de Diseño</th><th rowspan="2">Frecuencia</th><th colspan="4">Categoría del Relleno</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th><th>IV</th></tr>
<tr><td>Caracterización de residuos sólidos en el relleno sanitario</td><td>Anual</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Resolución 2184 de 2019
"Establece el código de colores para la separación de residuos."</td><td>Artículo 4. Adóptese en el territorio nacional, el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente.
"(…) a partir del 01 de enero de 2021, los municipios y distritos deberán implementar el código de colores para la presentación de los residuos sólidos en bolsas u otros recipientes en el marco de los programas de aprovechamiento de residuos del servicio público de aseo, de acuerdo con lo establecido en los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos _PGIRS (…)"</td></tr>
<tr><td>Resolución 176 de 2020.</td><td>Por la cual se reglamenta el capítulo 7 del título 2 de la parte 3 del libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, en lo relacionado con los criterios de elegibilidad y demás aspectos de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos.</td></tr>
<tr><td>Resolución 1342 de 2020</td><td>Por la cual se modifica la Resolución 1407 de 2018 y se toman otras consideraciones. Introdujo una modificación al marco normativo aplicable a la gestión ambiental de envases y empaques. Los cambios se relacionan con: el ámbito de aplicación de la norma; las fechas límite para la presentación de planes e informes de avance; la metodología para evaluar el cumplimiento; la certificación de eficiencia y retorno y las obligaciones del consumidor final.</td></tr>
<tr><td>Resolución 1344 de 2020</td><td>Por la cual se adiciona un parágrafo al artículo 4 de la Resolución 2184 de 2019 y se dictan otras disposiciones. Esta norma extendió el plazo</td></tr>
</table>

NORMA	RELACIÓN ENTRE LA NORMA Y EL OBJETO DEL CONTRATO
	para implementar el código de colores para la presentación de residuos sólidos no peligrosos en bolsas u otros recipientes, hasta el 1 de julio de 2022, para las actividades de qué trata el artículo 2.8.10.2 del Decreto 780 de 2016. Durante este periodo, estas actividades podrán ir implementando de forma gradual la transición entre el código de colores utilizado y el definido por la Resolución 2184 de 2019. Esta implementación gradual deberá evidenciarse en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos generados en la atención en salud y otras actividades".
Política Nacional de Producción y Consumo Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva.	*"(…) Para ello propone, entre otras líneas de acción, el fortalecimiento de los vínculos entre la Política de Producción más Limpia y el Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes, la promoción de la gestión integral de residuos desde los patrones de producción y consumo hasta su aprovechamiento y valorización o disposición final y la formulación e implementación de herramientas y metodologías para promover el consumo sostenible, adaptadas a las condiciones sociales, económicas y ambientales de las regiones y del país, como el ecodiseño, el análisis de ciclo de vida y las compras sostenibles, entre otras.*
Resolución 1257 de 2021	*Aplica a todas las personas naturales o jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan RCD*
Resolución 0851 de 2022	*"Por la cual se desarrollan los artículos 2.2.7A.1.3, 2.2.7A.2.1, el numeral 3.1 del artículo 2.2.7A.2.2, el numeral 3 del artículo 2.2.7A.2.4, el artículo 2.2.7A.4.2 y el artículo 2.2.7A.4.4 del Título 7A del Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones"*

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Planes de Desarrollo Nacional y Local

NORMA	DESCRIPCIÓN
Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia de la Vida"	***Capítulo 4. Transformación productiva, internacionalización y acción climática*** ***C. Transición energética justa, segura, confiable y eficiente.*** ***4. Ciudades y hábitats resilientes*** ***Numeral C. Uso eficiente de los recursos para el desarrollo de ciudades circulares.*** ***"(…)"*** *Para contribuir al desarrollo de ciudades circulares que aporten al carbono neutralidad y la resiliencia climática:* *(i). se implementarán el Programa Basura Cero y la política de aprovechamiento en todo el país, los cuales articularán, a través del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, las instancias del Gobierno nacional, entidades territoriales, sector productivo y sociedad civil. La población recicladora y sus organizaciones serán protagonistas de este programa, las cuales además participarán en el diseño y la implementación de la política pública de aprovechamiento. (ii) se eliminarán los botaderos a cielo abierto a través de la promoción de alternativas tecnológicas que garanticen la sostenibilidad ambiental, social y económica.*

NORMA	DESCRIPCIÓN
Plan de desarrollo Medellín Futuro 2020-2023	El cual estableció como uno de sus objetivos "Fomentar la gestión integral de todo tipo de residuos sólidos a través de proyectos y acciones que permitan generar de hábitos responsables en las y los habitantes del municipio de Medellín y garantizar la prestación eficiente del servicio de aseo, propendiendo por el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la generación de cambios estructurales enfocados en principios de economía circular que permitan afianzar, las políticas de reducción en la generación de residuos, producción más limpia, incremento del porcentaje de aprovechamiento y de las áreas limpias".

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Normativa local en temas de residuos sólidos

NORMA	DESCRIPCIÓN
Resolución Metropolitana 879 de 2007	Por medio de la cual se adopta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá como instrumento de autogestión y auto regulación.
Decreto 0440 de 2009	Por medio del cual se adopta el manual para el manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y se dictan disposiciones generales para la gestión integral de residuos sólidos en el Municipio de Medellín.
Decreto 2059 de 2015 **Por el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS – del Municipio de Medellín**	Este decreto adopta el documento "Actualización Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS del Municipio de Medellín 2015, Convenio de asociación No. 4600059602" De conformidad con el artículo 3 de Coordinación, Implementación y seguimiento del PGIRS: Corresponde a la Subsecretaría de Servicios Públicos, perteneciente a la Secretaría de Gestión y Control Territorial, la formulación, seguimiento, evaluación y actualización el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos-PGIRS.
Acuerdo Metropolitano 23 de 2018	Por el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá (PGIRS – Regional).
Decreto 1131 de 2021	Mediante el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS – del Municipio de Medellín

Fuente: elaboración propia

2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES QUE PUEDEN SUMINISTRAR INFORMACIÓN

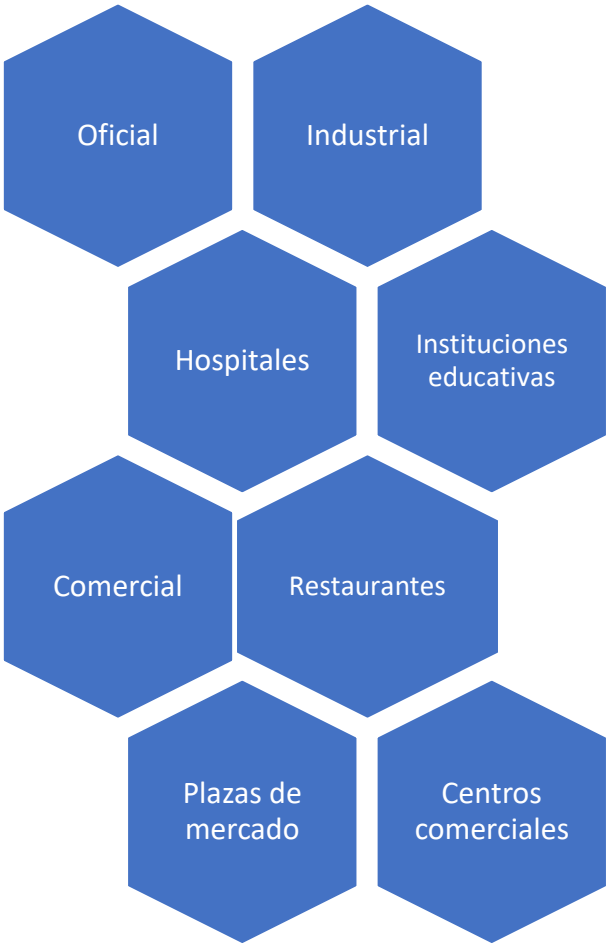
A continuación, se presentan los actores fundamentales que se tendrán en cuenta para el levantamiento de información primaria y secundaria para el cumplimiento de los objetivos planteados, teniendo en cuenta para el sector no residencial la información de la estructura empresarial según divisiones CIIU.

- Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín (Secretaria de Medio Ambiente, Secretaría de Educación, Secretaría de Gestión y Control Territorial, Secretaría de Salud).
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI).
- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquía.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Corantioquia.
- Estaciones de clasificación y aprovechamiento (ECAs).
- Usuarios no residenciales: sector industrial, centros comerciales, oficial, instituciones educativas, sector salud, restaurantes, plazas de mercado y sector comerciales, quienes participaran en el proyecto con la entrega de información y con el suministro de las muestras para la caracterización, tal como se aprecia en la Ilustración 1.

Para el sector residencial, se pueden considerar los siguientes actores relevantes para el suministro de información o para su participación en el estudio de caracterización de residuos sólidos.

- Ciudadanía que reside en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, quienes proporcionarán las muestras de residuos y la información necesaria para el estudio de caracterización.
- Emvarias SA ESP: participación mediante el suministro de información sobre horarios, frecuencias y prestación del servicio público de aseo en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.
- Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín (Secretaria de Medio Ambiente, Secretaría de Educación, Secretaría de Gestión y Control Territorial, además de la Secretaría de Salud).
- JAL y JAC en todas las comunas y corregimientos del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.
- Universidad de Medellín, Universidad de Antioquia y otras instituciones educativas que desarrollen estudios o investigaciones asociadas con la caracterización de residuos en Medellín.

Ilustración 1. Subsectores no residenciales objeto de caracterización mediante el presente proyecto



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se presenta un resumen general, en el que se presentan algunos de los actores involucrados con la gestión integral de residuos sólidos.

Tabla 4. Actores involucrados con la gestión integral de residuos sólidos

Actor	Relación
Ente territorial	Como responsable de garantizar la prestación del servicio público domiciliario de aseo, requiere analizar la incidencia de las características y cantidades del material generado y los requerimientos para su aprovechamiento. Está además encargado de coordinar y ejecutar los proyectos relacionados con la gestión integral de los residuos sólidos de acuerdo a la normatividad vigente e impulsar procesos educativos que promuevan la disminución en la generación de residuos sólidos. En este sentido es el principal conocedor de la gestión de los residuos, sus características y su manejo, por tanto cuenta con estudios realizados anteriormente en relación a la caracterización de los residuos, el PGIRS, informes de avance, información reportada por los prestadores del servicio de aseo, Sistema de Gestión Ambiental de Medellín – SIGAM y el Plan Ambiental de Medellín – PAM, entre otros.
Corantioquia	Como Autoridad ambiental tiene como una de sus funciones velar por el cumplimiento de indicadores ambientales que garanticen el aprovechamiento de los residuos sólidos en relación a su generación en el sector rural de Medellín.
Área Metropolitana del Valle de Aburrá	Como Autoridad ambiental tiene como una de sus funciones velar por el cumplimiento de indicadores ambientales que garanticen el aprovechamiento de los residuos sólidos en relación a su generación en el sector urbano de Medellín. Establece lineamientos a los actores generadores, para la adopción de prácticas adecuadas de gestión de residuos sólidos a través del PGIRS Regional y distintas normativas de carácter metropolitano.
Persona prestadora del servicio público de aseo	Según el Decreto 1073 de 2015, es la encargada de una o varias actividades de la prestación del servicio público de aseo. Analiza y evalúa la generación de residuos en municipio con el fin de gestionar adecuadamente los residuos sólidos generados en la ciudad de Medellín mediante el desarrollo de las actividades específicas de recolección, transporte y disposición final.

Actor	Relación
Personas prestadoras del servicio público de aseo para la actividad de aprovechamiento.	Encargadas de la actividad de aprovechamiento, dentro de la prestación del servicio público de aseo, recolectar los residuos sólidos aprovechable, realizar las actividades de clasificación en las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECAS). Analiza, y evalúa la generación de residuos en municipio con el fin de gestionar adecuadamente los residuos sólidos generados en la ciudad de Medellín
Suscriptores residenciales	Es quien produce y presenta sus residuos sólidos a la persona prestadora del servicio público de aseo para su recolección. Es quien directamente debe presentar los residuos de forma adecuada para su recolección por parte del prestador del servicio público de aseo y debe llevar a cabo acciones para prevenir la generación de residuos.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Este ministerio deberá establecer las políticas para la gestión integral de los residuos, las cuales serán enviadas a las autoridades ambientales competentes, para su conocimiento, control y seguimiento.
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios,	Realiza vigilancia y control sobre las empresas prestadoras de servicios públicos, en desarrollo de sus funciones desarrolla diferentes estudios en los que consolida información en relación a la generación de residuos sólidos y su gestión
Contraloría general de Medellín	En su ejercicio de la vigilancia y control fiscal, presenta anualmente un informe sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente
Universidades	Desarrollan estudios e investigaciones asociadas a la caracterización de residuos sólidos en los sectores residencial y no residencial, como en el caso de la Universidad de Antioquia y Universidad de Medellín, quienes desarrollaron estudios en los años 1997, 2006, 2009, 2011 y 2014 para los citados sectores.

Fuente: elaboración propia

3 BASES DE DATOS ANALIZADAS

Para la estructuración del diagnóstico sobre caracterizaciones realizadas en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, se utilizó información secundaria de fuentes oficiales como el documento de actualización del PGIRS de Medellín, el Plan de Desarrollo Medellín Futuro 2020-2023, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Título F – Sistemas de Aseo Urbano) y la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2011.

A continuación, se enuncian algunos de los principales documentos e información revisada para la estructuración del presente informe:

- Estudio de caracterización de residuos sólidos realizado por la Universidad de Medellín en el año 2014 para los sectores residencial y no residencial.

- Estudio de caracterización de residuos sólidos realizado por el Consorcio Residuos Sólidos Medellín en el año 2018.

- Aplicativo de proyecciones del PGIRS 2015, desarrollado por la Alcaldía de Medellín y la Universidad de Medellín, para el análisis de datos poblacionales y la definición de la muestra del estudio de caracterización.

- Informes técnicos generados en el marco del Contrato interadministrativo 4600068361 de 2016 de administración delegada para estudios de ubicación de sitios geográficos estratégicos para la gestión de residuos sólidos.

La información anteriormente mencionada hizo posible la estructuración del diagnóstico sobre caracterizaciones realizadas en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, el diseño metodológico para el muestreo del estudio de caracterización de residuos sólidos, la selección del método para el cálculo de la PPC y la caracterización fisicoquímica de los residuos muestreados, cuyos resultados se presentan en el presente informe.

4 RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN

La información secundaria recopilada se clasificó según el tipo de suscriptor caracterizado, en los sectores residencial y no residencial, según el caso. También se encontró información sobre ejercicios realizados en el sitio de disposición final (La Pradera), como el estudio desarrollado por Emvarias SA ESP y la Universidad de Medellín en el marco de la Orden de Servicios 100 de 2014

Además de lo anterior, se realizó clasificación de la información, teniendo en cuenta la división político administrativo de Medellín y sus cinco corregimientos, de manera que se realizó una breve descripción de cada zona, sus barrios, y algunos aspectos importantes que sirvió para realizar un diagnóstico más acertado de la ciudad en cuanto a la generación, transporte, recolección y aprovechamiento de los residuos. A continuación se realiza una breve descripción de cada zona, sus barrios, y algunos aspectos importantes que sirve para realizar un diagnóstico más acertado de la ciudad en cuanto a la generación, transporte, recolección y aprovechamiento de los residuos.

Según la distribución político-administrativa de Medellín, la zona urbana está dividida en 16 comunas, que se dividen a su vez en 249 barrios urbanos oficiales y la zona rural está conformada por cinco corregimientos: Altavista, Santa Elena, San Sebastián de Palmitas, San Antonio de Prado y San Cristóbal, como se muestra en la Tabla 5 y el Mapa 1.

Tabla 5. Distribución político administrativa de Medellín

Comuna	***Barrios***
1 - Popular	Santo Domingo Sabio Nº 1, Santo Domingo Sabio Nº 2, Popular, Granizal, Moscú Nº 2, Villa Guadalupe, San Pablo, Aldea Pablo VI, La Esperanza Nº 2, El Compromiso, La Avanzada, Carpinelo.
2 - Santa cruz	La Isla, El Playón de Los Comuneros, Pablo VI, La Frontera, La Francia, Andalucía, Villa del Socorro, Villa Niza, Moscú Nº 1, Santa Cruz, La Rosa.
3 - Manrique	La Salle, Las Granjas, Campo Valdes Nº 2, Santa Inés, El Raizal, El Pomar, Manrique, Central Nº 2, Manrique Oriental, Versalles Nº 1, Versalles Nº 2, La Cruz, Oriente, Maria Cano – Carambolas, San José La Cima Nº 1, San José La Cima Nº 2
4 - Aranjuez:	Berlín, San Isidro, Palermo, Bermejal - Los Álamos, Moravia, Sevilla, San Pedro, Manrique Central Nº 1, Campo Valdes Nº 1, Las Esmeraldas, La Piñuela, Aranjuez, Brasilia, Miranda.

Comuna	*Barrios*
5 - Castilla:	Toscaza, Las Brisas, Florencia, Tejelo, Boyacá, Héctor Abad Gómez, Belalcazar, Girardot, Tricentenario, Castilla, Francisco Antonio Zea, Alfonso López, Caribe.
6 - Doce de Octubre:	Santander, Doce de Octubre Nº 1, Doce de Octubre Nº 2, Pedregal, La Esperanza, San Martín de Porres, Kennedy, Picacho, Picachito, Mirador del Doce, Progreso Nº 2, El Triunfo.
7 - Robledo	Cerro El Volador, San Germán, Barrio Facultad de Minas, La Pilarica, Bosques de San Pablo, Altamira, Córdoba, López de Mesa, El Diamante, Aures Nº 1, Aures Nº 2, Bello Horizonte, Villa Flora, Palenque, Robledo, Cucaracho, Fuente Clara, Santa Margarita, Olaya Herrera, Pajarito, Monteclaro, Nueva Villa de La Iguaná.
8 - Villa Hermosa:	Villa Hermosa, La Mansión, San Miguel, La Ladera, Batallón Girardot, Llanaditas, Los Mangos, Enciso, Sucre, El Pinal, Trece de Noviembre, La Libertad, Villa Tina, San Antonio, Las Estancias, Villa Turbay, La Sierra (Santa Lucía - Las Estancias), Villa Lilliam.
9 - Buenos Aires:	Juan Pablo II, Barrios de Jesús, Bombona Nº 2, Los Cerros El Vergel, Alejandro Echevarria, Barrio Caicedo, Buenos Aires, Miraflores, Cataluña, La Milagrosa, Gerona, El Salvador, Loreto, Asomadera Nº 1, Asomadera Nº 2, Asomadera Nº 3, Ocho de Marzo.
10 - La Candelaria:	Prado, Jesús Nazareno, El Chagualo, Estación Villa, San Benito, Guayaquil, Corazón de Jesús, Calle Nueva, Perpetuo Socorro, Barrio Colón, Las Palmas, Bombona Nº 1, Boston, Los Ángeles, Villa Nueva, La Candelaria, San Diego.
11 - Laureles -	Estadio: Carlos E. Restrepo, Suramericana, Naranjal, San Joaquín, Los Conquistadores, Bolivariana, Laureles, Las Acacias, La Castellana, Lorena, El Velódromo, Estadio, Los Colores, Cuarta Brigada, Florida Nueva.
12 - La América	Ferrini, Calasanz, Los Pinos, La América, La Floresta, Santa Lucia, El Danubio, Campo Alegre, Santa Mónica, Barrio Cristóbal, Simón Bolívar, Santa Teresita, Calasanz Parte Alta.
13 - San Javier	El Pesebre, Blanquizal, Santa Rosa de Lima, Los Alcázares, Metropolitano, La Pradera, Juan XIII - La Quiebra, San Javier Nº 2, San Javier Nº 1, Veinte de Julio, Belencito, Betania, El Corazón, Las Independencias, Nuevos Conquistadores, El Salado, Eduardo Santos, Antonio Nariño, El Socorro, La Gabriela.
14 - El Poblado	Barrio Colombia, Simesa, Villa Carlota, Castropol, Lalinde, Las Lomas Nº 1, Las Lomas Nº 2, Altos del Poblado, El Tesoro, Los Naranjos, Los Balsos Nº1, San Lucas, El Diamante Nº 2, El Castillo, Los Balsos Nº 2, Alejandría, La Florida, El Poblado, Manila, Astorga, Patio Bonito, La Aguacatala, Santa María de Los Ángeles.

Comuna	*Barrios*
15 - Guayabal:	Tenche, Trinidad, Santa Fe, Shellmar, Parque Juan Pablo II, Campo Amor, Noel, Cristo Rey, Guayabal, La Colina
16 - Belén	Fátima, Rosales, Belén, Granada, San Bernardo, Las Playas, Diego Echavarria, La Mota, La Hondonada, El Rincón, La Loma de Los Bernal, La Gloria, Altavista, La Palma, Los Alpes, Las Violetas, Las Mercedes, Nueva Villa de Aburrá, Miravalle, El Nogal - Los Almendros, Cerro Nutibara.

Fuente: Contrato Nro. 4600077223 de 2018 - Tomado de (Informe de calidad de vida de Medellín 2017, 2018)

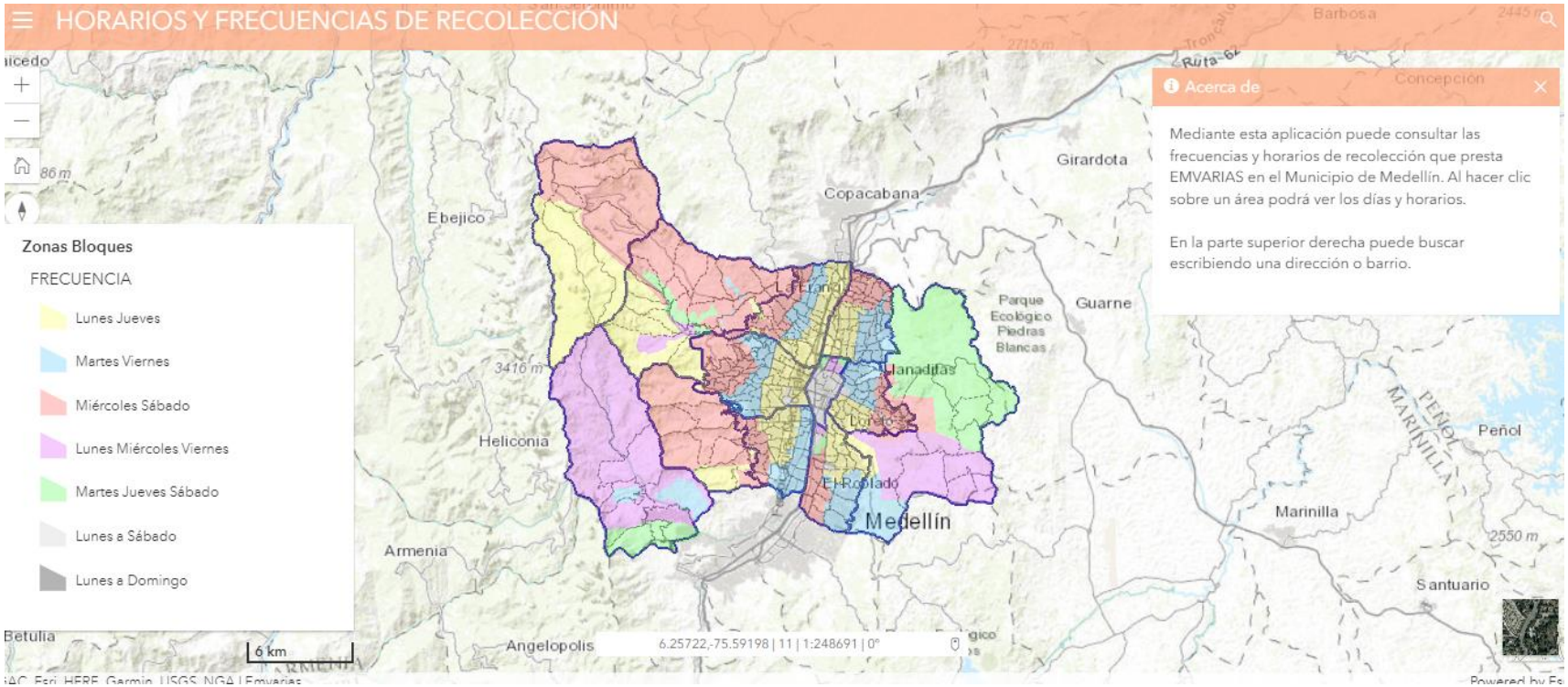
Para la gestión de la información y para la planeación del estudio de caracterización de residuos sólidos en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus Corregimientos, también fue de suma importancia la utilización de horarios, frecuencias y zonas de prestación del servicio público de aseo definidas por Emvarias SA ESP, que desde el punto de vista operacional establece 7 grandes zonas, como se presenta a continuación:

- Zona 1: Sector Nororiental (Comunas 1, 2, 3, 4).
- Zona 2: Sector Noroccidental (Comunas 5, 6, 7, corregimiento Palmitas y San Cristóbal).
- Zona 3: Sector Oriental (Comunas 8, 9, corregimiento Santa Elena).
- Zona 4: Sector Occidental (Comunas 11,12, 13).
- Zona 5: Sector Suroriental (Comuna 14).
- Zona 6: Sector Suroccidental (Comunas 15, 16, corregimiento Altavista y San Antonio de Prado).
- Zona 7: Centro (Comuna 10).

Históricamente el sector residencial de Medellín ha sido atendido por Emvarias SA ESP mediante dos días de recolección de residuos no aprovechables por semana. Sin embargo, a partir de diciembre de 2022, el prestador del servicio público de aseo inició un plan piloto para la implementación de una tercera frecuencia de recolección de residuos en los corregimientos de Medellín.

Este ejercicio piloto, al igual que los nuevos cambios que se implementen en las frecuencias y horarios del servicio público de aseo, deberán ser considerados por el proyecto, para el ejercicio logístico de recolección de muestras que serán objeto de caracterización.

Mapa 1. Horarios y frecuencias de recolección de residuos no aprovechables



Fuente: (Emvarias SA ESP, 2023)

5 PLAN DE COMUNICACIONES

La estrategia comunicacional del estudio de "Caracterización de los residuos sólidos en los sectores residencial y no residencial de Medellín y en el área urbana y rural de los cinco corregimientos", tiene como objetivo la socialización y sensibilización de la población residencial y no residencial, sobre la importancia de su participación y articulación al estudio. También se busca informar a la comunidad interesada, sobre los avances y eventos que se van desarrollando y los resultados obtenidos.

Para lograr el objetivo de sensibilización y socialización del proyecto, en las áreas urbanas y rurales del sector residencial de Medellín, se hace fundamental buscar estrategias que permitan que los diferentes actores, sean abordados de acuerdo con sus costumbres y características socio culturales, utilizando medios de comunicación comunitarios, locales y articulando los principales líderes comunitarios que hacen parte de las diferentes comunas y corregimientos.

Para el sector no residencial, como se observa en las especificaciones técnicas del contrato, la información se deriva de la estructura empresarial de Medellín, según comunas y divisiones de la CIIU, por lo cual las estrategias de comunicación están dirigidas a la articulación en espacios comunes, como eventos y agremiaciones, que permitan dar a conocer el proyecto, sus avances y resultados.

En general, todos los procesos comunicativos del proyecto serán tendientes a propiciar la interacción, reflexión y acción, que promueva la participación activa y crítica de la comunidad interesada, entendiendo que no es suficiente la difusión de información, sino que se requiere un cambio de actitudes y valores frente a la gestión integral de los residuos sólidos y el medio ambiente.

5.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar acciones encaminadas a la sensibilización y socialización del proyecto "Caracterización de los residuos sólidos en los sectores residencial y no residencial de Medellín y en el área urbana y rural de los cinco corregimientos".

5.2 Objetivos específicos

Generar estrategias de información, sensibilización y difusión del proyecto, que permitan la participación de los sectores residencial y no residencial, para la

conformación de la muestra objeto de estudio del proyecto, procedente de las 16 comunas y corregimientos del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

Desarrollar un Plan de medios que ayude en la construcción de recursos que faciliten la visualización del proyecto y la participación de los sectores residencial y no residencial en las actividades del proyecto.

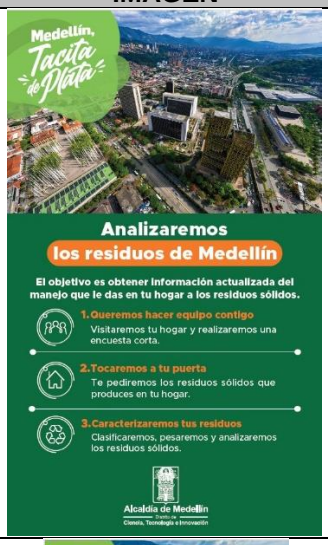
5.3 Acciones asociadas al Sector Residencial

La estrategia de comunicación del sector residencial tiene como objetivo principal dar a conocer a la población de las diferentes comunas y corregimientos, el inicio, desarrollo e implementación del proyecto de Caracterización de residuos sólidos del año 2023. Para poder lograr este objetivo, lo primero que se propone es la necesidad de desarrollar el Plan de Medios del proyecto a través de diferentes piezas comunicativas que están asociadas a la estimulación visual y auditiva, en una primera etapa y audiovisual en las etapas de ejecución.

Estrategia visual: se proponen cinco piezas gráficas, que son diseñadas y aprobadas por la sección de comunicaciones de la Secretaría de Gestión y Desarrollo Territorial con el apoyo de la supervisión del proyecto

Tabla 6. Estrategia visual

REFERENCIA	IMAGEN	ESTRATEGIA	EJECUCIÓN
E- CARD Diseño digital		Teniendo en cuenta la base de datos de líderes ambientales, proporcionada por la supervisión, se incluye esta pieza gráfica, que busca dar a conocer el proyecto antes de llegar a las zonas de influencia y tener un primer contacto con la comunidad.	El primero de septiembre de 2023 se envía correo a la supervisión con propuesta de e-card para iniciar proceso de difusión. El 06 de septiembre de 2023, se inicia el envío de e-cards y se cumple con la meta de 650 correos.

REFERENCIA	IMAGEN	ESTRATEGIA	EJECUCIÓN
AFICHE **Papel: Earth pack 150 grs** **Tamaño: 33,5 x 49** **Tintas: 4x0** **Cantidad: 500**		Distribuir el afiche entre población residencial y no residencial objeto de estudio.	Agosto 9 de 2023: se envía propuesta de diseño a comunicaciones. En el mes de septiembre de 2023: se recibe el diseño del afiche aprobado por parte de la alcaldía. En octubre de 2023: se inicia con la distribución de afiches entre la población objeto de estudio.
VOLANTE **Papel: Earth Pack 150 Grs** **Tamaño: Media Carta** **Tintas: 4x0** **Cantidad: 1400**		Entregar en cada una de las residencias visitadas, con el fin de recordarles en qué consiste el proyecto y los días que se van a recoger las muestras de residuos sólidos para caracterizar.	Septiembre de 2023: se recibe el diseño del afiche y se adecua de acuerdo con las necesidades del proyecto. Octubre de 2023: se inicia con la distribución de volantes de acuerdo a las visitas programadas en el sector residencial.
ADHESIVOS Papel: Adhesivo -Redondo Tamaño: 8cms Diámetro Tintas: 2x 0 Cantidad: 1.400		Pegar en cada una de las residencias vistadas, con el fin de identificar las viviendas participantes del proyecto.	Agosto 9 de 2023: se envía propuesta de diseño a comunicaciones. Septiembre de 2023: se recibe el diseño del adhesivo aprobado, la supervisión solicita ajustes y se realizan. Octubre de 2023: se inicia con la ubicación de adhesivos en las viviendas a muestrear.

REFERENCIA	IMAGEN	ESTRATEGIA	EJECUCIÓN
CARRUSEL DIGITAL Post para Instagram y Facebook		Publicar en las redes sociales de la alcaldía el resumen del proyecto, para dar a conocer el mismo	Septiembre /23: se recibe el diseño por parte de comunicaciones.

Estrategia auditiva: difusión de una cuña radial en una emisora de alto impacto, con el fin de generar recordación y conocimiento del proyecto, la cuña de 15 segundos tiene como objetivo dar a conocer el proyecto en su etapa de desarrollo, pues lo que busca es que la ciudadanía identifique al personal del proyecto y su labor.

Se grabó una cuña radial y se contrató su difusión con Olímpica Estéreo, con quienes se pactaron 3 emisiones diarias en la mañana, tarde y noche, durante 15 días.

El guion de la cuña radial es el siguiente "Desde el Distrito de Medellín estamos analizando los residuos sólidos generados en las comunas y corregimientos, con el fin de mejorar la planeación de su gestión integral. Pronto llegaremos a tu comuna, corregimiento, negocio o empresa".

5.4 Acciones asociadas al sector No Residencial

La estrategia del sector no residencial tiene como objetivo principal vincular el número de participantes necesarios para cada uno de los subsectores objeto de estudio, por lo cual se establecen tres estrategias fundamentales con el fin de socializar el proyecto e iniciar contactos para la caracterización.

Llamadas: De acuerdo con la base de datos entregada por la supervisión y con la información obtenida por los profesionales del proyecto, se redacta el guion de llamadas, con el cual se busca vincular los suscriptores no residenciales del servicio público de aseo, para su participación en las actividades del proyecto.

Correos y cartas: Teniendo en cuenta la base de datos de cada subsector, se enviaron las cartas aprobadas por supervisión, la encuesta del sector no residencial y un texto explicativo inicial. En otros sectores se envió la e-card y el enlace de la

encuesta, para su diligenciamiento mediante google forms. Todos estos correos fueron enviados desde el correo oficial del proyecto, que pertenece a la empresa Geosigma.

Visitas presenciales: Esta estrategia se desarrolla para la realización de la encuesta de manejo de residuos sólidos entre los suscriptores no residenciales participantes del proyecto y para su vinculación con las actividades de este.

Tabla 7. Estrategias en el Sector No Residencial

SUBSECTOR	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN - RESULTADO
Restaurantes	Llamadas, envío de e-cards y encuestas vía WhatsApp.	Se realizaron 115 llamadas telefónicas, de las cuales se logró incorporar 40 restaurantes a la muestra del estudio.
Industrial	Llamadas- envío de correos electrónicos con cartas y encuestas	Se logró un contacto inicial de 162 industrias, para su participación en el proyecto.
Educativo	Llamadas – envío de correos electrónicos con cartas y encuestas	De 110 contactos de entidades educativas, se logró la participación de 80 en las actividades del proyecto.
Salud	Contacto con la Secretaría de Salud.	Se envió carta a secretaría de salud, para propiciar la participación de Metrosalud y otros actores oficiales del subsector salud. A la fecha del 20/10/2023 no se cuenta con respuesta de Metrosalud o de la Secretaría de Salud.
Comercial	Visitas en lugares estratégicos de la ciudad para realizar encuestas y programar caracterización	El contacto de los establecimientos comerciales se realizó de forma presencial. Se logró la participación de 235 establecimientos comerciales.
Centros comerciales	Visitas para recolección de datos, envío de encuestas y cartas	El contacto de los centros comerciales se realizó de forma presencial. Se logró la participación de 15 centros comerciales.

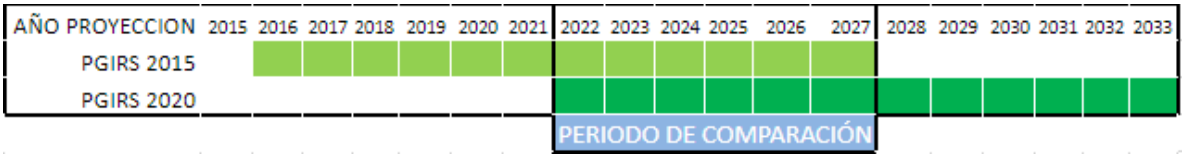
6 ANÁLISIS DE PROYECCIONES POBLACIONALES

En este capítulo se analizarán aspectos asociados a las proyecciones poblacionales de Medellín, mediante la comparación de las estimaciones realizadas en el marco de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de Medellín de los años 2015 y 2020.

6.1 Revisión comparativa de proyecciones poblacionales realizadas en los PGIRS 2015 y 2020

Las proyecciones son herramientas estadísticas que permiten estimar el valor futuro de una variable con base a un registro histórico de datos medidos. En este informe se propone el análisis comparativo de los resultados obtenidos para las proyecciones poblacionales en los PGIRS 2015 y 2020. Debido a que la resolución 0754 de 2014 establece que en los PGIRS se debe proyectar el crecimiento anual a 12 años, cada uno de los PGIRS analizados tienen un periodo de proyección diferente. Para el PGIRS 2015 el periodo de proyección es entre los años 2016 y 2027, y en el caso del PGIRS 2020 el periodo de proyección es entre los años 2022 y 2033 como se muestra en la siguiente figura:

Ilustración 2. Periodo de comparación proyecciones PGIRS 2015 y PGIRS 2020



Fuente: Elaboración propia

El periodo de comparación de resultados de las variables proyectadas es entonces entre los años 2022 y 2027, ya que para los demás años que se proponen en ambos PGIRS no existe información que permita comparar los resultados obtenidos.

Respecto a las proyecciones de población, es importante resaltar las fuentes de información de los datos base que alimentaron los diferentes métodos propuestos. Para el caso del PGIRS 2015 la base de información son las proyecciones de población periodo 2006-2015 DANE y en el caso del PGIRS 2020 son las proyecciones de población periodo 2018-2030 DANE.

En cuanto a la determinación del nivel de complejidad para definir el método de cálculo a emplear, ambos PGIRS separaron las proyecciones para el área urbana de las proyecciones del área rural, esto debido a que se identificó que los patrones de crecimiento de ambas áreas son diferentes, arrojando un nivel de complejidad alto para las comunas y un nivel de complejidad medio alto para los corregimientos. A continuación, se presentan los métodos de cálculo empleados por cada PGIRS:

Tabla 8. Comparativo métodos empleados PGIRS 2015 y PGIRS 2020

	PGIRS 2015		PGIRS 2020	
Método de calculo	Comunas	Corregimientos	Comunas	Corregimientos
Geométrico	X	X	X	X
Wappus	X	X	X	X
Exponencial	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Las proyecciones poblacionales se generaron en ambos casos para las 16 comunas y los 5 corregimientos de la ciudad. Sin embargo, el PGIRS 2015 agrupó dichas comunas mediante las 7 zonas definidas para la prestación del servicio de aseo, mientras que el PGIRS 2020 agrupó las comunas mediante las 6 zonas correspondientes a la división polito administrativa de Medellín. A continuación, se presenta una tabla donde se identifican las comunas que componen cada una de las zonas definidas en los PGIRS para las proyecciones de población.

Tabla 9. Definición de zonas para proyecciones de población

	PGIRS 2015		**PGIRS 2020**	
Zonas	**Comuna**	**Barrio**	**Comuna**	**Barrio**
Zona 1	Comuna 1	Popular	Comuna 1	Popular
	Comuna 2	Santa Cruz	Comuna 2	Santa Cruz
	Comuna 3	Manrique	Comuna 3	Manrique
	Comuna 4	Aranjuez	Comuna 4	Aranjuez
Zona 2	Comuna 5	Castilla	Comuna 5	Castilla
	Comuna 6	Doce octubre	Comuna 6	Doce octubre
	Comuna 7	Robledo	Comuna 7	Robledo
Zona 3	Comuna 8	Villa Hermosa	Comuna 8	Villa Hermosa
	Comuna 9	Buenos Aires	Comuna 9	Buenos Aires
	-	-	Comuna 10	La Candelaria

	PGIRS 2015		PGIRS 2020	
Zona 4	Comuna 11	Laureles	Comuna 11	Laureles
	Comuna 12	La América	Comuna 12	La América
	Comuna 13	San Javier	Comuna 13	San Javier
Zona 5	Comuna 14	El Poblado	Comuna 14	El Poblado
Zona 6	Comuna 15	Guayabal	Comuna 15	Guayabal
	Comuna 16	Belén	Comuna 16	Belén
Zona 7	Comuna 10	La Candelaria	-	-

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el resumen de proyecciones para el periodo de comparación 2022 – 2027. Con color verde intenso se representan aquellas zonas donde se presentaron proyecciones poblacionales más parecidas y con menores diferencias entre los valores reportados por los PGIRS 2015 y 2020, mientras que el color rojo se asocia a las zonas con mayores diferencias entre las proyecciones poblacionales reportadas por los citados planes de gestión integral de residuos sólidos de Medellín.

Tabla 10. Comparativo resultados proyecciones poblacionales por zonas

	Zona 1			Zona 2			Zona 3		
Año \ PGIRS	2015	2020	%	2015	2020	%	2015	2020	%
2022	587.927	591.211	0,6%	539.060	515.151	4,6%	369.570	419.003	11,8%
2023	591.468	598.393	1,2%	542.579	519.937	4,4%	370.987	426.748	13,1%
2024	595.031	605.662	1,8%	546.120	524.769	4,1%	372.412	434.638	14,3%
2025	598.615	613.021	2,3%	549.685	529.646	3,8%	373.841	442.676	15,5%
2026	602.221	620.470	2,9%	553.274	534.568	3,5%	375.277	450.865	16,8%
2027	605.850	628.010	3,5%	556.886	539.537	3,2%	376.718	459.209	18,0%
	Zona 4			Zona 5			Zona 6		
Año \ PGIRS	2015	2020	%	2015	2020	%	2015	2020	%
2022	370.688	361.381	2,6%	143.312	111.365	28,7%	303.700	279.865	8,5%
2023	372.748	365.192	2,1%	145.510	112.258	29,6%	305.535	282.247	8,3%
2024	374.820	369.042	1,6%	147.744	113.159	30,6%	307.381	284.649	8,0%
2025	376.904	372.934	1,1%	150.013	114.066	31,5%	309.238	287.072	7,7%
2026	378.999	376.867	0,6%	152.318	114.981	32,5%	311.107	289.516	7,5%
2027	381.106	380.842	0,1%	154.661	115.904	33,4%	312.987	291.981	7,2%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 10, la zona que mayor porcentaje de desviación presentó respecto a los resultados obtenidos en los PGIRS 2015 y 2022 fue la zona 5, correspondiente al barrio el poblado, con una variación máxima del 33,4% y una variación mínima de 28,7% respecto a los resultados obtenidos en cada proyección. Esto quiere decir que para el PGIRS 2015 el crecimiento esperado para la Zona 5 era mucho mayor que el que realmente se presentó, ya que el PGIRS 2020 al contar con datos de censo más actualizados, ajustó en los métodos de cálculo las proyecciones esperadas. La zona 1, por el contrario, obtuvo resultados muy similares con una variación máxima de 3,5% y una variación mínima de 0,6%.

Respecto al análisis de las poblaciones totales proyectadas, los resultados de las proyecciones poblacionales de los PGRIS 2015 y 2020 fueron muy similares, presentando una variación máxima de 1,6% y una variación mínima del 0,05%, como se evidencia a continuación.

Tabla 11. Comparativo resultados proyecciones poblacionales por zonas

	TOTAL		
Año\PGIRS	**2015**	**2020**	**%**
2022	2.314.257	2.277.976	1,59%
2023	2.328.827	2.304.775	1,04%
2024	2.343.508	2.331.919	0,50%
2025	2.358.296	2.359.414	-0,05%
2026	2.373.196	2.387.266	-0,59%
2027	2.388.208	2.415.482	-1,13%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 se presentan los resultados de las proyecciones poblacionales de cada uno de los corregimientos.

El corregimiento que mayor variación obtuvo respecto a los resultados obtenidos en el PGIRS 2015 y en el PGIRS 2020 fue el corregimiento de Palmitas con una variación máxima de hasta el 96%. Por lo cual la población proyectada para este corregimiento en el PGIRS 2015 duplica casi a la población proyectada en el PGIRS 2020. Se espera que debido a la base de censo 2018 con la que conto el PGIRS 2020, las proyecciones sean más ajustadas toda vez que los datos cuentan con un dato adicional real medido en el censo 2018. En cuanto a las variaciones totales el rango fue mucho menor con variaciones entre el 7% y el 12%.

Tabla 12. Comparativo resultados proyecciones poblacionales por corregimientos

	Palmitas			San Cristóbal			Altavista		
Año\PGIRS	2015	2020	%*	2015	2020	%*	2015	2020	%*
2022	10.131	6.267	62%	122.065	144.390	15%	45.994	43.563	6%
2023	10.849	6.467	68%	129.799	151.876	15%	47.551	44.713	6%
2024	11.622	6.674	74%	138.027	159.756	14%	49.164	45.895	7%
2025	12.458	6.887	81%	146.781	168.056	13%	50.834	47.107	8%
2026	13.363	7.108	88%	156.094	176.803	12%	52.564	48.353	9%
2027	14.344	7.335	96%	166.002	186.026	11%	54.357	49.632	10%
	San Antonio			Santa Elena			TOTALES		
Año\PGIRS	2015	2020	%*	2015	2020	%*	2015	2020	%*
2022	153.982	112.338	37%	25.992	29.448	-12%	358.164	336.006	7%
2023	161.871	116.855	39%	27.401	31.064	-12%	377.471	350.976	8%
2024	170.193	121.557	40%	28.892	32.771	-12%	397.898	366.653	9%
2025	178.979	126.452	42%	30.471	34.574	-12%	419.523	383.077	10%
2026	188.263	131.549	43%	32.145	36.481	-12%	442.429	400.294	11%
2027	198.079	136.859	45%	33.922	38.497	-12%	466.704	418.350	12%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13 se presenta la comparación final entre los resultados obtenidos para las proyecciones poblacionales totales de Medellín, al sumar las proyecciones por zonas con las proyecciones de los cinco corregimientos.

Tabla 13. Comparativo de resultados proyecciones poblacionales totales

	PGIRS 2015			PGIRS 2020			
Año	Medellín	Corregimientos	Total	Medellín	Corregimientos	Total	%
2022	2.314.257	358.164	2.672.421	2.277.976	336.006	2.613.982	2,2%
2023	2.328.827	377.471	2.706.298	2.304.775	350.976	2.655.751	1,9%
2024	2.343.508	397.898	2.741.406	2.331.919	366.653	2.698.572	1,6%
2025	2.358.296	419.523	2.777.819	2.359.414	383.077	2.742.491	1,3%
2026	2.373.196	442.429	2.815.625	2.387.266	400.294	2.787.560	1,0%
2027	2.388.208	466.704	2.854.912	2.415.482	418.350	2.833.832	0,7%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las proyecciones totales presentadas por ambos PGIRS, las variaciones no fueron muy significativas. Se obtuvieron resultados muy similares tanto en el PGIRS 2015 como en el PGIRS 2020, con una variación mínima de 0,7% y una variación máxima de 2,2%.

7 VALORES DE GENERACIÓN DE RESIDUOS HALLADOS MEDIANTE ESTUDIOS ANTERIORMENTE REALIZADOS EN MEDELLÍN

7.1 Valores de generación de residuos sólidos en el sector residencial

Con el fin de conocer y hacer seguimiento a las cantidades de residuos sólidos generados en Medellín, la Subsecretaría de Servicios Públicos de la Secretaría de Gestión y Control Territorial, ha realizado la caracterización de residuos sólidos en de Medellín estableciendo la generación per cápita en diferentes años.

A continuación se hace un consolidado e interpretación de los resultados encontrados en los estudios realizados en los años 2006, 2009, 2011 y 2014 de manera separada para los sectores rural y urbano con el fin de identificar y describir todos aquellos factores que estén influyendo sobre la generación de residuos sólidos en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, aunque es importante aclarar que los estudios de los años 2006, 2009, 2011 y 2015 fueron realizados bajo una misma metodología estadística pero los demás estudios han utilizado otras diferentes.

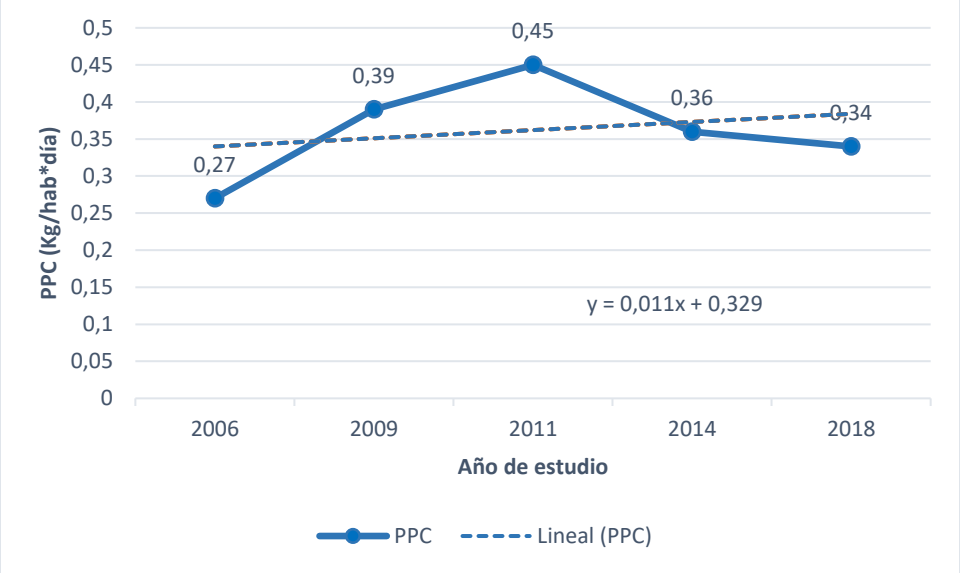
Específicamente, para el sector rural de Medellín, a continuación se resumen los resultados de PPC encontrados en los diferentes estudios de caracterización realizados, de acuerdo con los cuales se encuentra un crecimiento de la PPC hasta el año 2011 a partir del cual se tiene un descenso para los años 2014 y 2018, sin embargo analizando la tendencia global a partir de 2006 se encuentra una tendencia al aumento en la generación de residuos cercana al 1,10% anual.

Tabla 14. Datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín

PPC (Kg/Hab - día)				
2006	**2009**	**2011**	**2014**	**2018**
0,27	0,39	0,45	0,36	0,34

Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

Gráfica 1. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

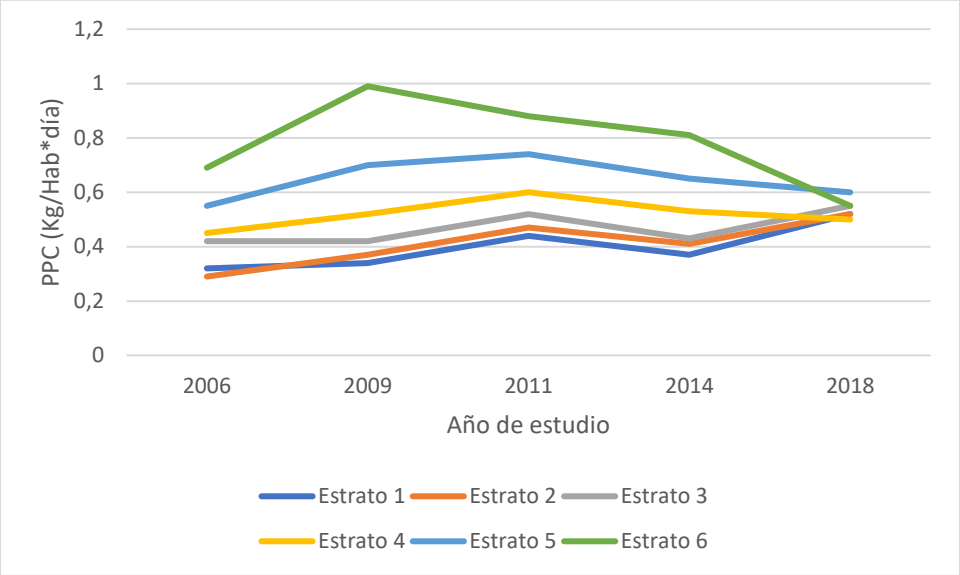
Para el sector urbano de Medellín, se encuentra que de 2006 a 2018, los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 han presentado un aumento en la PPC, siendo menos evidente en los estratos 4 y 5 y mostrando una tendencia a la baja en es el estrato 6.

Tabla 15. Datos históricos de la PPC residencial de residuos sólidos generados en la zona urbana de por estrato socioeconómico

Estrato	PPC (Kg/Hab-día)				
	2006	2009	2011	2014	2018
1	0,32	0,34	0,44	0,37	0,52
2	0,29	0,37	0,47	0,41	0,52
3	0,42	0,42	0,52	0,43	0,55
4	0,45	0,52	0,60	0,53	0,50
5	0,55	0,70	0,74	0,65	0,60
6	0,69	0,99	0,88	0,81	0,55

Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Gráfica 2. Comparativo de los datos históricos de la PPC residencial de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín por estrato socioeconómico

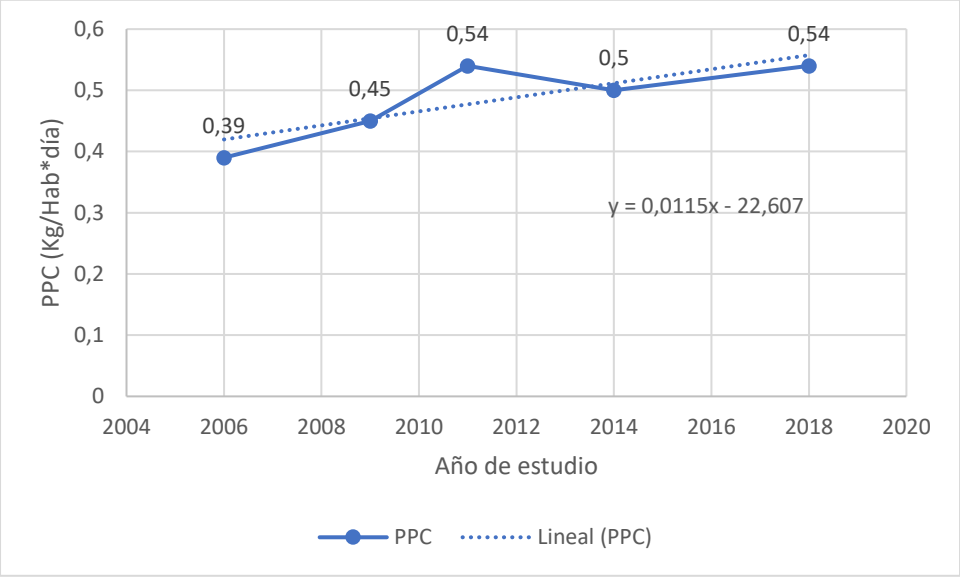


Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

Tomando los promedios de la PPC del sector urbano de Medellín, se encuentra que al igual que en el sector rural, se evidencia un aumento de la PPC durante el año 2011, y posteriormente una disminución frente a esta última en 2014, aunque a partir de 2018 se retoma la tendencia de crecimiento que se trae desde al año 2006, por lo que puede decirse que es evidente el crecimiento permanente de la PPC cercano al 1,15% anual.

Acorde con el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento RAS, el valor PPC de residuos aumenta en la medida que aumenta el poder adquisitivo, por lo que puede ser coherente el crecimiento en la generación per cápita de los residuos encontrada para el sector residencial de Medellín en función del desarrollo de la ciudad.

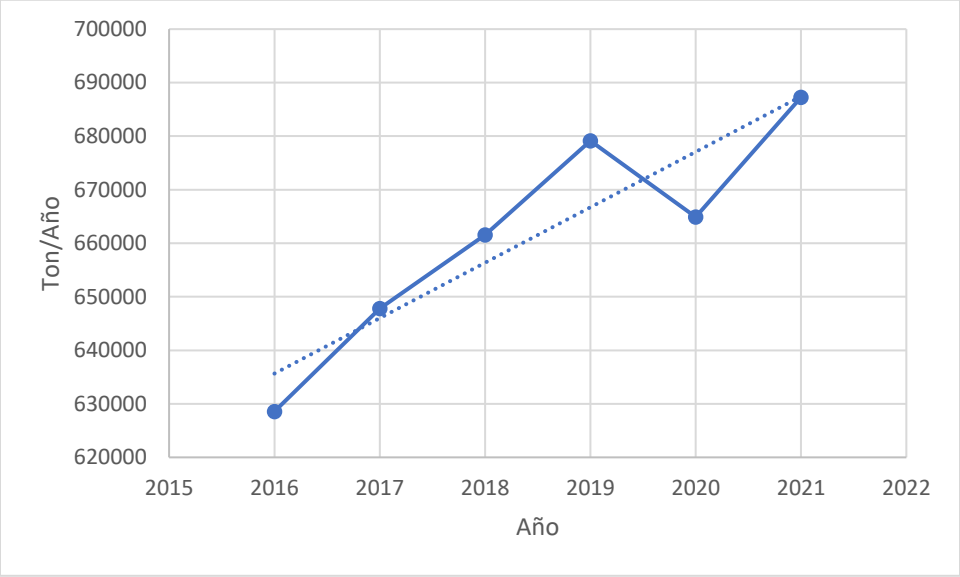
Gráfica 3. Comparativo de los datos históricos de la PPC residencial promedio de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín



Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

Adicionalmente, con el fin de evaluar los cambios más recientes, se hace un análisis de residuos dispuestos en el relleno sanitario dado que estas son únicas cifras que se tienen desde 2018, año en que se realizó la última caracterización de residuos en la fuente.

Gráfica 4. Cantidades de residuos sólidos generados en Medellín, llevadas a disposición final



Fuente: Elaboración propia con información del Informe estado de los recursos naturales y del ambiente del municipio de Medellín. Vigencia 2021. Contraloría general de Medellín.

En cuanto a las cantidades de residuos en el relleno sanitario, es evidente que para el año 2020 se tuvo una disposición y por tanto una generación de residuos atípica fundamentada en la pandemia Covid19 y los cambios de conductas y hábitos de consumo que se tuvieron producto de ello, dado que "las actividades económicas y de producción, o las denominadas fuentes no residenciales, son responsables de generar una parte importante de los residuos sólidos del territorio, de modo que, es posible que la disminución en la disposición de residuos durante este año haya estado relacionada con las medidas de contingencia para la prevención de la Covid19, que generaron el cierre parcial o total de diversos sectores de la economía, disminuyendo así la actividad de empresas, fábricas, comercios e industrias." (Medellín como vamos).

Para el año 2021 con relación al año 2020, hubo un crecimiento generado por el levantamiento de las medidas adoptadas en el año 2020 para evitar la propagación del Covid-19, evidenciando el retorno a los niveles previos a la pandemia, ya que en cierta medida se retomaron las actividades habituales de antes de pandemia.

Exceptuando esta situación atípica, la tendencia general en la disposición de residuos en relleno sanitario para Medellín es de crecimiento, con un valor promedio según los datos anteriores del 2,6% de incremento anual (hasta antes de la pandemia por Covid-19). Evidenciando un incremento superior al de la PPC residencial, lo que supone entonces que si bien el aumento de residuos en el relleno

sanitario se debe en parte al aumento de del valor de generación residencial por persona (PPC) fundamentada en el poder adquisitivo y las dinámicas de consumo de la población por persona, también influye en éste, el aumento de población de la ciudad, el aumento en la migración, aumento de población flotante (turismo), el desarrollo industrial, incremento en el número de empresas, la generación de residuos de limpieza urbana y el desarrollo económico, entre otras.

7.2 Valores de generación de residuos sólidos en el sector no residencial

De acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico_ RAS TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, la Caracterización de los residuos se define como la "*Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica";* y un Generador se describe como *" Personas naturales o jurídicas, habitantes permanentes u ocasionales, nacionales o extranjeros que perteneciendo a los sectores residencial o no residencial y siendo usuario o no del servicio público domiciliario de aseo, generan o producen basuras o residuos sólidos, como consecuencia de actividades domiciliarias, comerciales, industriales, institucionales, de servicios y en instituciones de salud, a nivel urbano y rural, dentro del territorio nacional.*

La actividad de caracterización de los residuos sólidos, así como el cálculo de la Producción per cápita y la composición de los residuos, entre otros, hacen parte del numeral F1.4 Procedimiento particular para el desarrollo de sistemas de aseo urbano, específicamente en el numeral F.1.4.1 Selección del Sistema, cuya finalidad es evaluar condiciones particulares de la población objetivo de cada proyecto, teniendo en cuenta además de los usuarios residenciales, los usuarios no residenciales ya enunciados anteriormente; lo que permitirá identificar el mercado potencial de aprovechamiento, como se cita en el RAS *"(…)" Proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales o económicos".*

A continuación, se presenta los consolidados y análisis de los resultados obtenidos de la Producción per cápita y de la densidad, que se calcularon a partir de las caracterizaciones realizadas a los residuos sólidos de los diferentes subsectores en el sector No residencial de Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus cinco (5) corregimientos para los años de estudio 2012, 2014 y 2018.

7.2.1 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector industrial del municipio de Medellín.

En el año de estudio 2012 se tuvieron en cuenta empresas del sector de alimentos, litografía, textil y una Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA). Para los años 2014 y 2018, se consideraron las categorías de: Alimentos, manufactura, metalurgia, químicos, plásticos y otros.

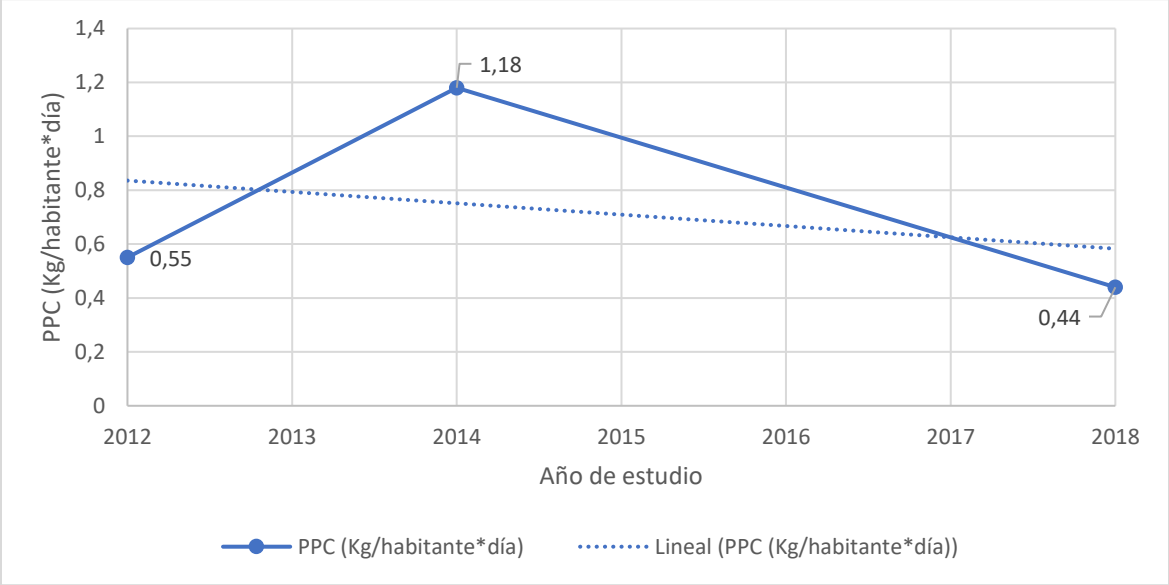
Tabla 16. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector industrial de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Industrial	PPC (Kg/persona*día)
2012	41	0,55
2014	51	1,18
2018	131	0,44

Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

La *Tabla 16* muestra como cada año de estudio ha ido incrementando el número de unidades generadoras; entre el año 2012 y el año 2014 se registraron 10 unidades más; sin embargo, para el año de estudio 2018, se tomó una muestra de empresas más representativa del subsector industrial, arrojando un porcentaje de incremento del 257%, equivalente a 131 unidades generadoras caracterizadas.

Gráfica 5. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector industrial de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

La Gráfica 5 muestra una disminución significativa de la PPC obtenida en el año 2018, frente al año 2014, pasando de 1,18 Kg/hab*día a 0,44 Kg/hab*día; sin embargo, el año 2012 arrojó un resultado de PPC similar al año 2018. Estos resultados presentan variables diferentes que pueden influenciar en los resultados, hay que tener en cuenta que, aunque para los años 2012 y 2014 se tuvieron un número de unidades generadoras semejantes, no se tuvieron en cuenta las mismas categorías de estudio de las empresas seleccionadas y frente al análisis del año 2014 vs 2018, si bien se tomaron los mismos tipos de empresas, el número de muestras de estudio fue aproximadamente el triple. Los análisis del año 2018 infieren que la disminución de la PPC frente al año 2014 puede estar asociada a los diferentes programas aprovechamiento que se tienen internamente en las empresas, lo que conlleva a la entrega de los diferentes residuos aprovechables a diferentes gestores que realizan procesos de aprovechamiento o tratamiento y complementando este análisis, aquellos residuos que tienen características para ser reincorporados de nuevo a los procesos productivos de algunas empresas; de igual forma el tema de sensibilización a los empleados frente a los residuos reciclables o posconsumo que no son entregados en este ejercicio.

7.2.2 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector comercial del municipio de Medellín.

Revisando los análisis de este subsector para los años 2014 y 2018, describen que los establecimientos seleccionados tienen una gran variedad de actividades económicas, que van desde la venta y comercialización de productos hasta la prestación de bienes y servicios.

En el año 2012 no se tuvo en cuenta la población flotante que ingresa a este tipo de establecimientos; por el contrario, en los años 2014 y 2018 se vio la necesidad de incluir este dato poblacional para el cálculo de la PPC; se recalca que este tipo de población es la que genera una importante cantidad de residuos en este subsector.

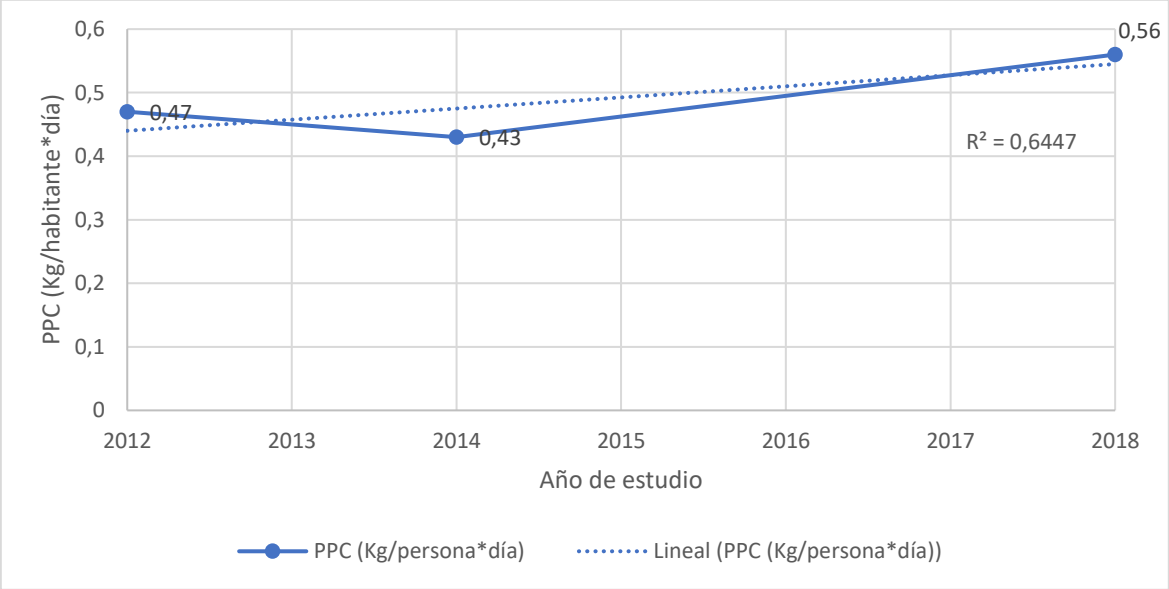
Tabla 17. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector comercial de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Comercial	PPC (Kg/persona*día)
2012	63	0,47
2014	180	0,43
2018	191	0,56

Fuente: Elaboración propia.

Realizando el análisis comparativo entre el año 2012 y 2014, el aumento en el número de unidades generadoras ascendió a un 286% y entre los años de estudio 2014 y 2018, el número de muestras tomadas tuvo un incremento del 106%.

Gráfica 6. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector comercial de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

La Gráfica 6 muestra una leve disminución de la PPC entre el año 2012 y 2014; con relación a la PPC obtenida en el año de estudio 2018, se observa un pequeño aumento de esta frente al año de caracterización inmediatamente anterior (2014).

7.2.3 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector instituciones educativas del municipio de Medellín.

Para el subsector de instituciones educativas, en el año 2102 se tuvieron en cuenta grupos como: instituciones de educación primaria, secundaria y universidades; para los años 2014 y 2018 se segrego el universo de muestras a guarderías, centros de formación técnica, centros de educación superior y centros de educación formal.

En este subsector se consideraron datos de población flotante, que en este caso resaltan la participación de los estudiantes.

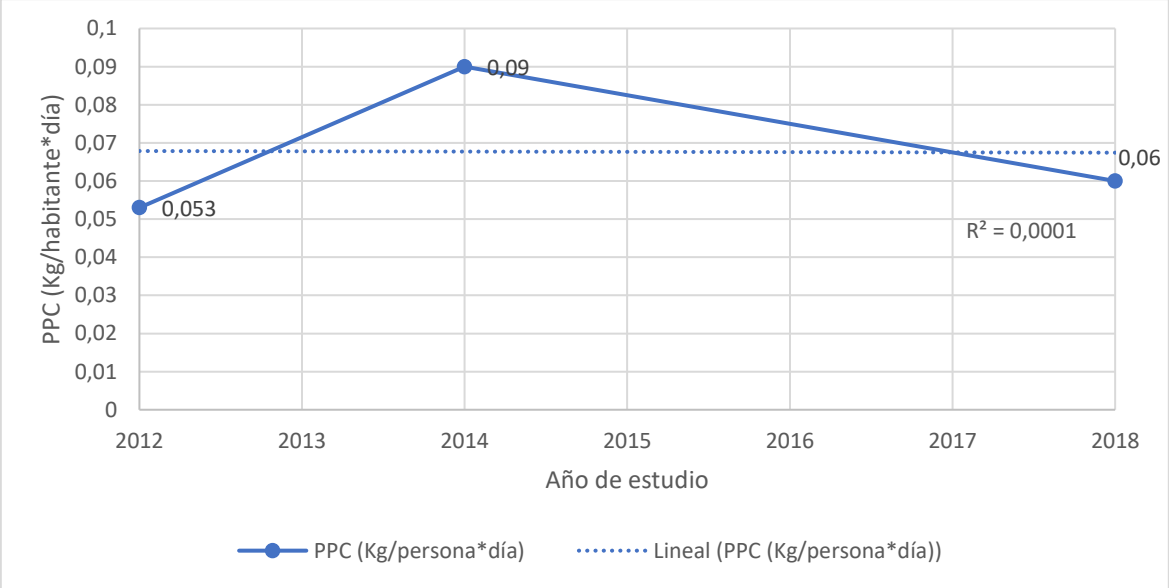
Tabla 18. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector instituciones educativas de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Instituciones Educativas	PPC (Kg/persona*día)
2012	33	0,053
2014	60	0,09
2018	110	0,06

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla 18* se observa un incremento en el año 2014 de casi el doble con respecto de las muestras caracterizadas en el año 2012; así mismo se mantuvo la tendencia para el año 2018, presentando un incremento del 183,3% de las muestras seleccionadas para el subsector de instituciones educativas.

Gráfica 7. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector instituciones educativas de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la PPC, para los tres (3) años de estudio, se acota de los informes analizados que la Producción per cápita en los usuarios de este subsector, se ve impactada fundamentalmente por la presencia de los

estudiantes y que se debe realizar un análisis estadístico más específico, esto debido a la variabilidad del tamaño de los generadores y la cantidad de residuos generados por los diferentes grupos muestreados.

7.2.4 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector salud del municipio de Medellín.

Para este subsector, se caracterizaron diferentes grupos como: puestos de salud, clínicas, centros estéticos de belleza, clínicas odontológicas, laboratorios clínicos, hospitales y consultorios médicos.

Para el año de estudio 2012, no se incluyó la población flotante, (pacientes y acompañantes y/o visitantes); para los años 2014 y 2018, si se tuvo en cuenta este tipo de usuarios.

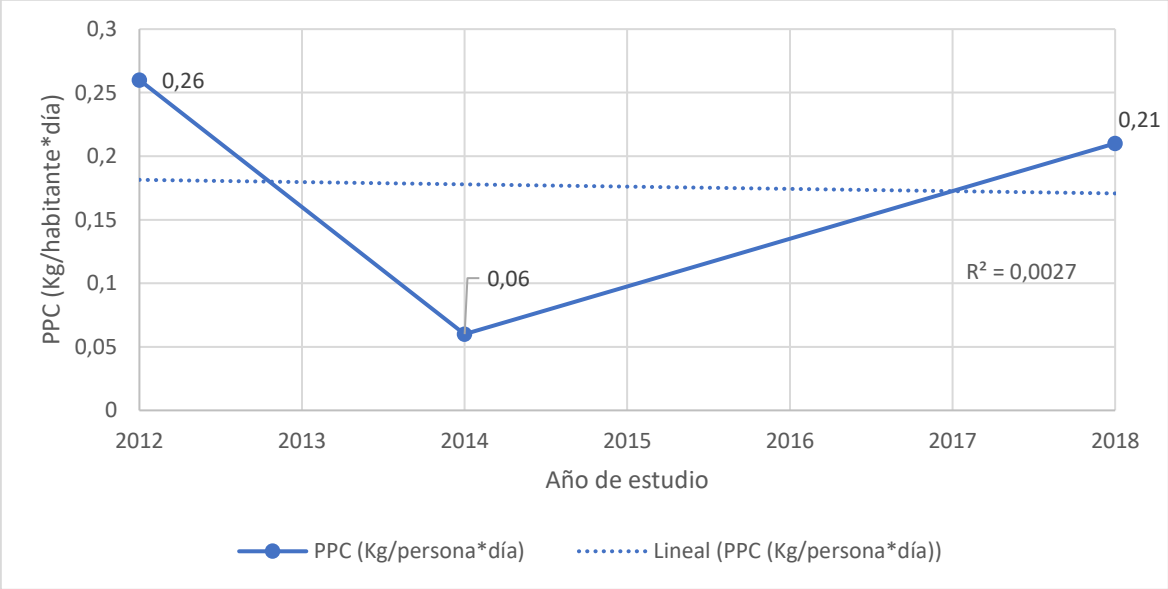
Tabla 19. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Salud de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Salud	PPC (Kg/persona*día)
2012	38	0,26
2014	50	0,06
2018	140	0,21

Fuente: Elaboración propia.

Efectuando el análisis comparativo entre el año 2012 y 2014, el aumento en el número de muestras caracterizadas incrementó en un 132% y entre los años de estudio 2014 y 2018, el número de unidades generadoras estudiadas se aumentó en 183%.

Gráfica 8. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector salud de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

La PPC obtenida en el año 2012, frente a la encontrada en el año 2014, disminuye ostensiblemente; dentro de algunos de los factores que pudo incidir en el resultado de este valor, fue que para el año 2012 no se tuvo en cuenta la población flotante; sin embargo si se compara con el año 2018 se incrementa de nuevo su valor, no obstante el estudio realizado argumenta que aunque se haya tenido en cuenta la población flotante, esta es muy variable y la consecución de la información sobre la población flotante estuvo supeditada a los tiempos de entrega por parte de los administradores, y los datos entregados son estimados porque estos establecimientos no cuentan con un método estandarizado para tal fin. Otro factor importante que incidió en la variación de los datos de la PPC de este subsector, se debió a que se caracterizaron no solo clínicas y hospitales, sino que se tuvo en cuenta, consultorios médicos en los cuales la generación y el número de pacientes o personal flotante es menor.

7.2.5 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector centros comerciales del municipio de Medellín.

Para el año 2012 solo se consideraron los empleados sin tener en cuenta la población flotante.

La generación de residuos en los centros comerciales es uno de los más grandes debido a que estos presentan una gran afluencia de personas, las cuales acuden a estos lugares a realizar diferentes actividades, ya sea de recreación, ocio, alimentación, compras u otras actividades que allí se encuentren; esta población se toma como promedio estimado debido a que por parte de algunos centros comerciales no se lleva un cálculo o registro de las personas que allí ingresan.

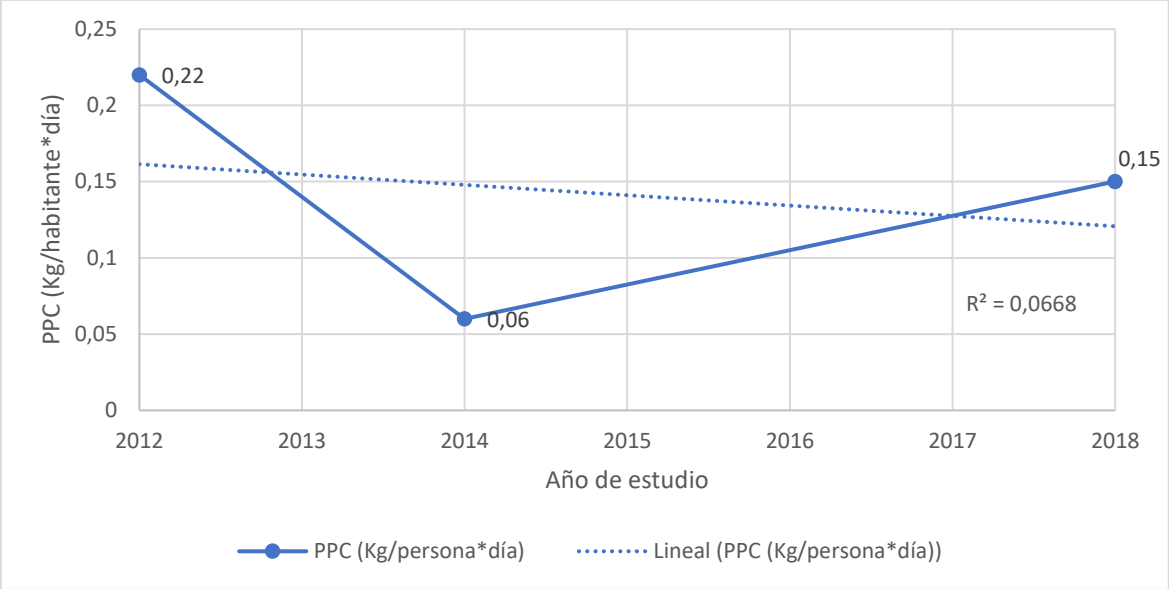
Tabla 20. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Centros Comerciales de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Centros Comerciales	PPC (Kg/persona*día)
2012	28	0,22
2014	11	0,06
2018	15	0,15

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla 20* se observa como en el año 2014 hubo un 39,3% de disminución en la toma de muestras, frente al año 2012; sin embargo, las unidades generadoras caracterizadas para los años de estudio 2014 - 2018 fue aproximadamente la misma con un incremento del 136,4%.

Gráfica 9. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector centros comerciales de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

Aunque el número de unidades generadoras frente a los años 2014 y 2018 fue mayor en el año 2012, en este año de estudio no se tuvo en cuenta la alta población flotante que tiene este tipo de establecimientos, factor que incide en la variabilidad de los datos presentados. La influencia de la población flotante en el subsector Centros Comerciales es significativa, ya que independiente de que el Centro Comercial tenga un área mayor o menor, la generación de residuos dependerá más del número de personas que visitan estos sitios, del lugar de ubicación y de los programas de sensibilización que se realicen frente al adecuado manejo de los puntos ecológicos que se tengan disponibles las personas para disponer sus residuos.

7.2.6 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector restaurantes del municipio de Medellín.

En el subsector de restaurantes se agruparon los siguientes grupos de servicios de comida, entre ellas: cafeterías, restaurantes grandes y pequeños, panaderías, reposterías entre otras actividades asociadas al servicio de alimentación y bebidas.

Para tomar el estudio de estos grupos se tuvo en cuenta primordialmente el número de personas flotantes que frecuentan estos sitios ya que son ellos quien hacen el consumo de los servicios que estos ofrecen.

No se tiene comparación con el año 2012 ya que para entonces los restaurantes hicieron parte del subsector Comercial.

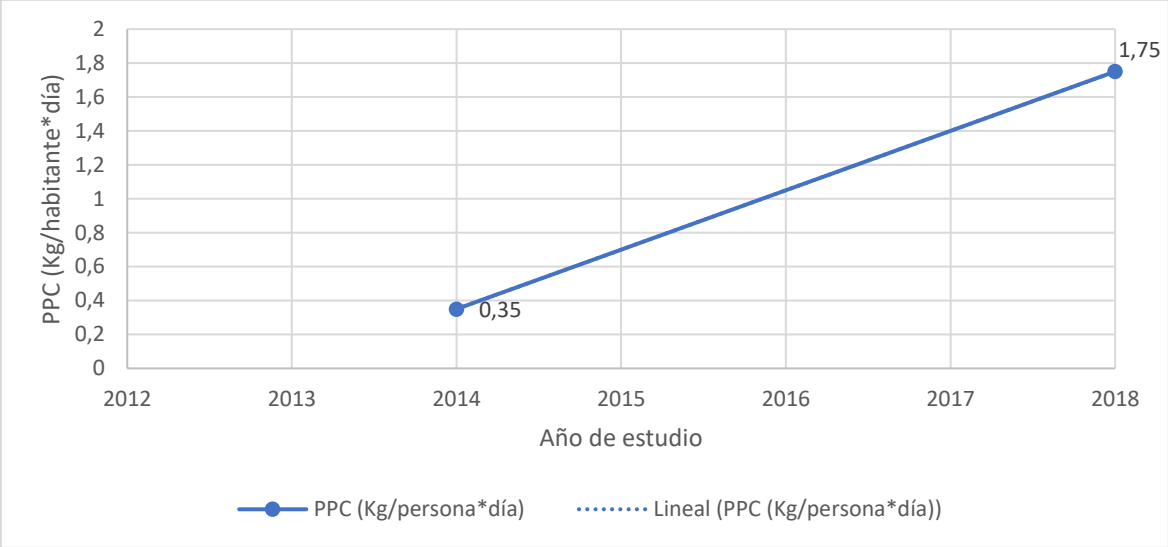
Tabla 21. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Restaurantes de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Restaurantes	PPC (Kg/persona*día)
2014	10	0,35
2018	80	1,75

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los datos obtenidos entre los años de estudio 2014 y 2018, se observa un alto incremento en el número de muestras caracterizadas (800%); decisión que se tomó en el estudio realizado en el año 2018, de escoger una muestra más representativa por la dinámica de este subsector, donde se evidencia un mayor crecimiento de este tipo de establecimientos en el municipio de Medellín. Como lo enuncia el informe (Desempeño económico de la economía en Antioquia 2014/2015: Evolución por sectores., 2015), la rama de actividades económicas Comercio, reparación, restaurantes y hoteles, ha tenido un crecimiento desde el 2005 en donde representaba el 13.7% del crecimiento del PIB y en el 2014 aumentó al 15.1%.

Gráfica 10. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

El aumento de la PPC del año 2018 frente al año 2014 está unido al incremento de unidades generadoras analizadas (70 muestras más), lo que tiene implícito un número mayor de población flotante y de empleados y por ende un peso de residuos más significativo al momento de caracterizar.

7.2.7 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector de plazas de mercado del municipio de Medellín.

No se tiene comparación con el año 2012 ya que para entonces las plazas de mercado se examinaron en el subsector Comercial.

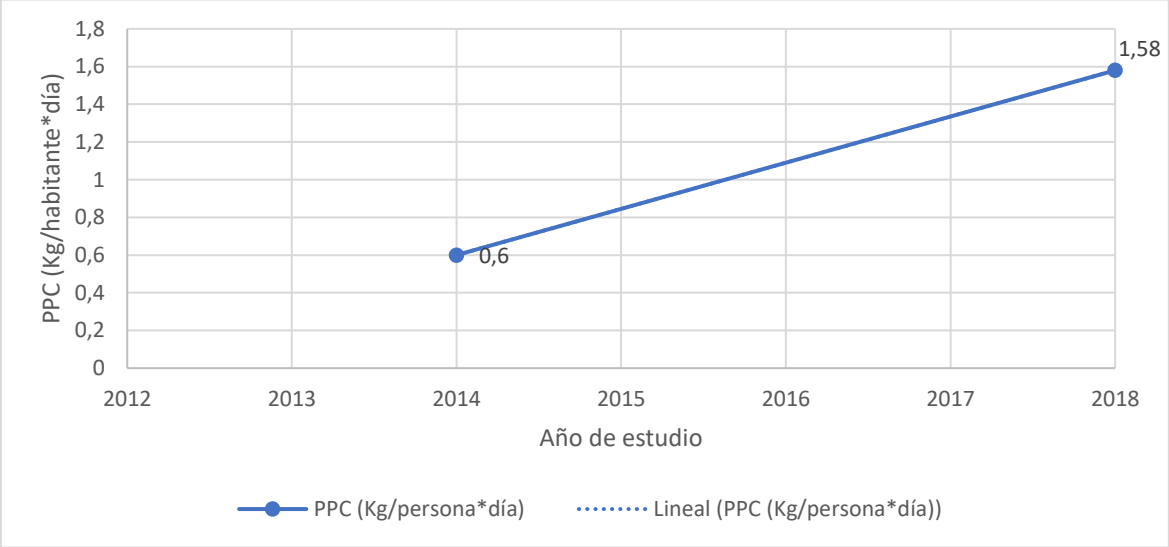
Tabla 22. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Plazas de mercado de Medellín.

Año de estudio	Número de Unidades Generadoras Plazas de Mercado	PPC (Kg/persona*día)
2014	2	0,6
2018	4	1,58

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2018 se estudiaron dos (2) plazas de mercado más que en el año 2014 (200% de incremento).

Gráfica 11. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de Mercado de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

Referenciando el análisis textual del informe 2018, "la PPC no es representativa del subsector. Esto se debe a que, las cuatro (4) plazas de mercado caracterizadas tienen una generación diaria de residuos muy diferente entre ellas, relacionado con el número de locales que tenga cada una, el número de personal que trabaja en las plazas y la logística de recolección de residuos dentro de las instalaciones". Adicional a esto, el número de visitantes también varía significativamente de una plaza a otra, las más grandes (La Minorista y la Plaza de Mercado la América), tienden a ser más visitadas que las otras (Placita de Flórez, Plaza de mercado de Campo Valdés).

7.2.8 Análisis comparativo de los resultados de la producción per cápita en el subsector Oficial del municipio de Medellín.

La muestra comparativa tuvo diferentes grupos de estudios como: bibliotecas, Secretarías, Comandos de Policía, Casas de Gobierno, Casas de Cultura, Unidades de Vida Articulada, UVAS, Cedezo - Centro de Desarrollo Empresarial Zonal, y otros

específicos como el Instituto para el Desarrollo de Antioquia, IDEA, entre otras. Estos sitios públicos donde la afluencia de personas o usuarios se toman en cuenta en el universo de población flotante, son los principales generadores de residuos sólidos de este subsector. En el año 2012 no se tuvo en cuenta este subsector del sector No Residencial.

Tabla 23. Datos históricos de PPC de residuos sólidos generados en el sector Oficial de Medellín.

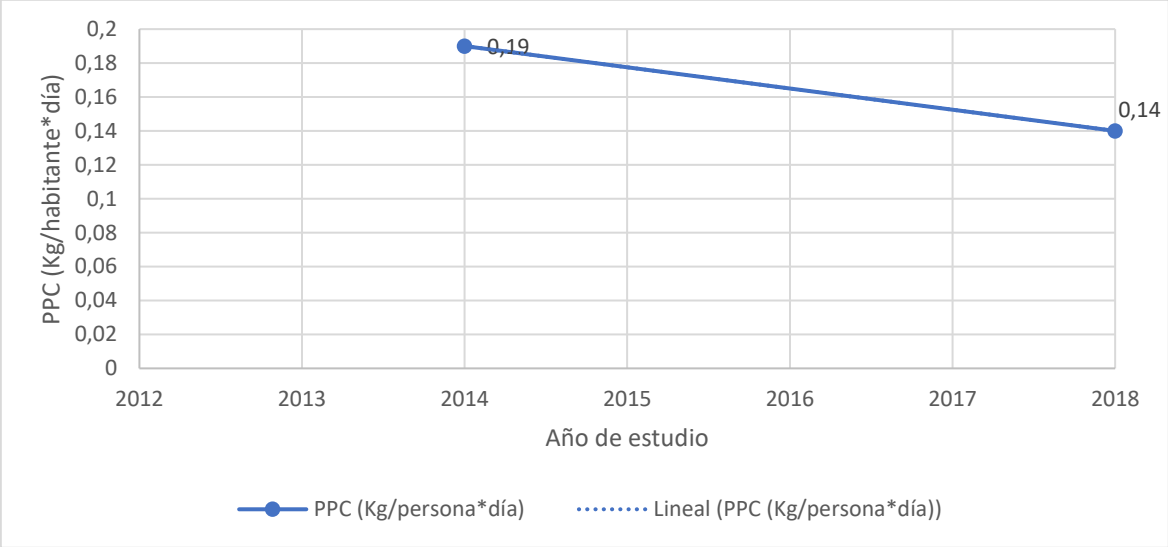
Año de estudio	Número de Unidades Generadoras	PPC (Kg/persona*día)
2014	20	0,19
2018	30	0,14

Fuente: Elaboración propia.

Se tuvieron en consideración 10 unidades generadoras más que en el año 2014, lo que equivale a un 150% de aumento.

La población flotante de este subsector es variable; el estudio realizado en el año 2018 realiza una acotación importante frente a que las instituciones oficiales participantes no hacen registro de los visitantes; donde se sugiere que se tengan en cuenta instituciones en donde esta variable sea medida y así poder obtener un resultado más acertado.

Gráfica 12. Comparativo de los datos históricos de la PPC de residuos sólidos generados en el subsector Oficial de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

La PPC del año 2018 para el subsector Oficial fue de 0,14 kg/persona*día, con respecto al valor del estudio anterior, el cual fue de 0,19 kg/persona*día, se observa una disminución leve, infiriendo que este resultado se haya presentado posiblemente porque se tuvieron en cuenta 10 instituciones oficiales más, lo que aumenta la cantidad de residuos caracterizados y el número de personas tenida en cuenta en el cálculo.

8 ANÁLISIS HISTÓRICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN

8.1 Composición física porcentual de residuos en el sector residencial

Con el fin de evaluar la tendencia de la composición de los residuos que genera Medellín se realiza un análisis histórico del comportamiento con los datos generados en el año 2014, 2018 diferenciando sector urbano y rural.

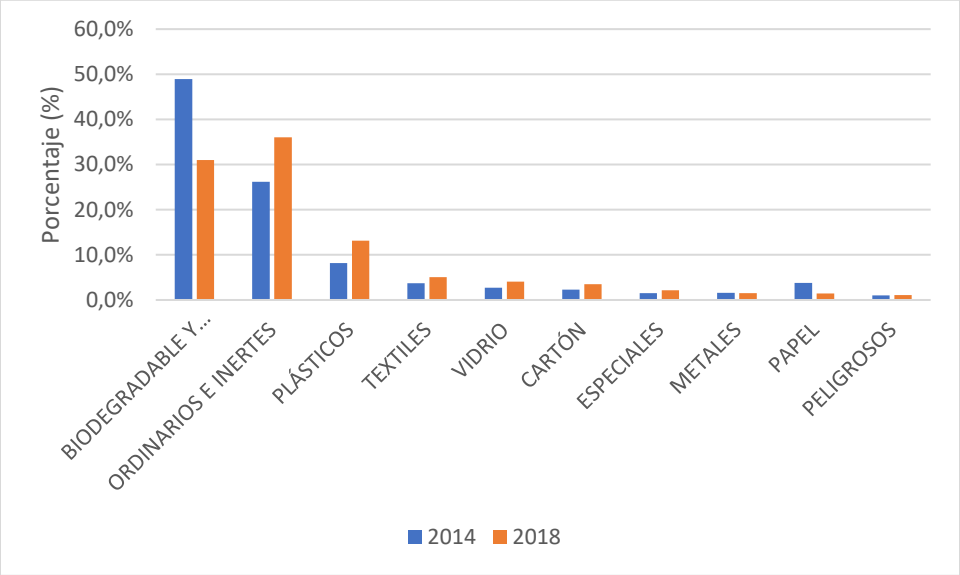
Para el sector rural, en la siguiente tabla se presenta la composición física porcentual encontrada en los años 2014 y 2018.

Tabla 24. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín

Componente	2014	2018
Biodegradable y putrescibles	48,90%	31,00%
Ordinarios e inertes	26,20%	36,03%
Plásticos	8,20%	13,11%
Textiles	3,70%	5,05%
Vidrio	2,70%	4,10%
Cartón	2,30%	3,47%
Especiales	1,50%	2,17%
Metales	1,60%	1,54%
Papel	3,80%	1,43%
Peligrosos	1,00%	1,08%

Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

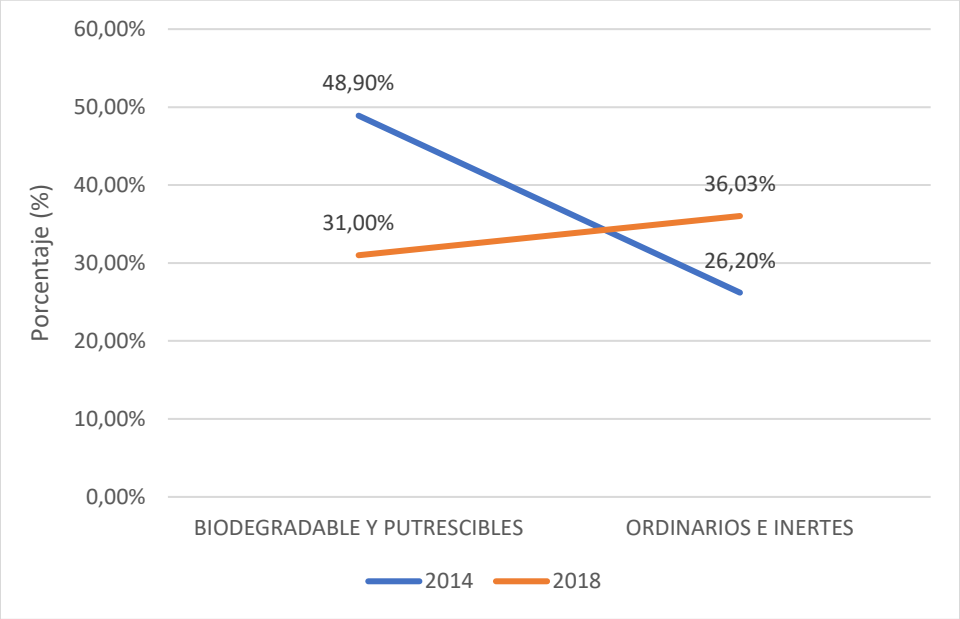
Gráfica 13. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona rural de Medellín



Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

De acuerdo con estos datos, se evidencia para 2018 una disminución en la generación de residuos biodegradables frente a lo reportado en 2014, si bien no se conoce a ciencia cierta las causas de este decremento, se encuentra una relación con el aumento de residuos ordinarios (inservibles) como se muestra en la siguiente gráfica, lo que refleja que la mala separación realizada por el sector residencial genera una mixtura de residuos que si bien pueden considerarse inservibles, podrían haber tenido una separación en la fuente que permita su aprovechamiento como materia orgánica.

Gráfica 14. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos orgánicos y residuos ordinarios en el sector rural de Medellín

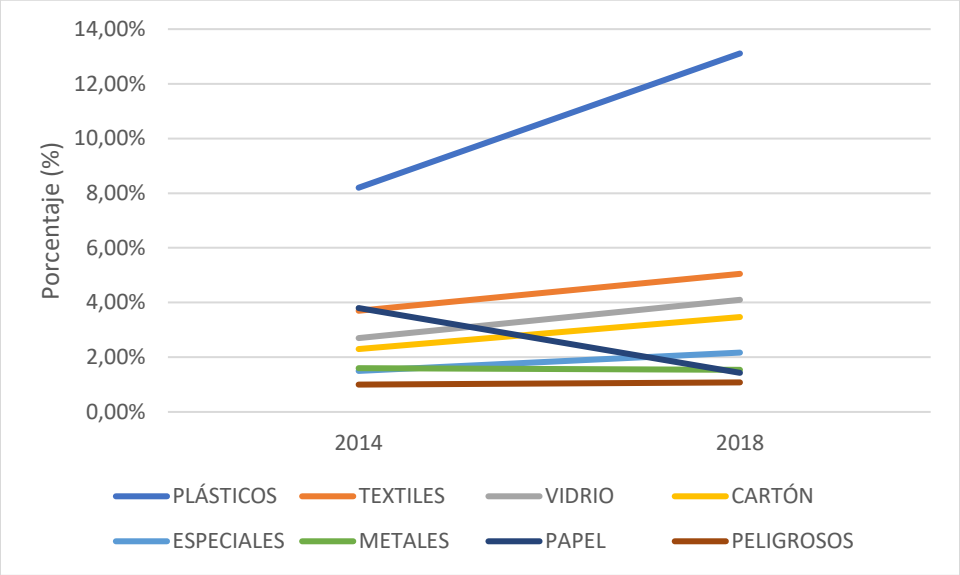


Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Otra posible causa de la disminución en los porcentajes de materia orgánica encontrados puede ser un aumento en su aprovechamiento interno (y que por tanto no se hayan entregaron las muestras completas en el proceso de caracterización) o un cambio de costumbres hacia una menor preparación de alimentos en los hogares, ambas situaciones, además podrían estar correlacionada con la disminución de los resultados de PPC del sector rural en estos años. En este caso, esto mismo conllevaría a un aumento proporcional de las demás corrientes de residuos evaluadas tal como sucede en los resultados del sector rural donde aumentaron proporcionalmente las fracciones presentes en los residuos de materiales como plástico, textil, vidrio, cartón, además de las fracciones de residuos especiales y peligrosos (Exceptuando el papel que tuvo una disminución en la fracción de residuos y metales que se mantuvo muy constante los demás residuos reciclables presentaron un aumento).

Para ambos estudios la fracción de residuos reciclables supera el 20% llegando al 29% en 2018 lo que significa que hay una buena oportunidad de potenciar la cultura del reciclaje en los cinco corregimientos.

Gráfica 15. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos reciclables en el sector rural de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Para el sector urbano, se presentan las composiciones físicas porcentuales encontradas en los estudios anteriores.

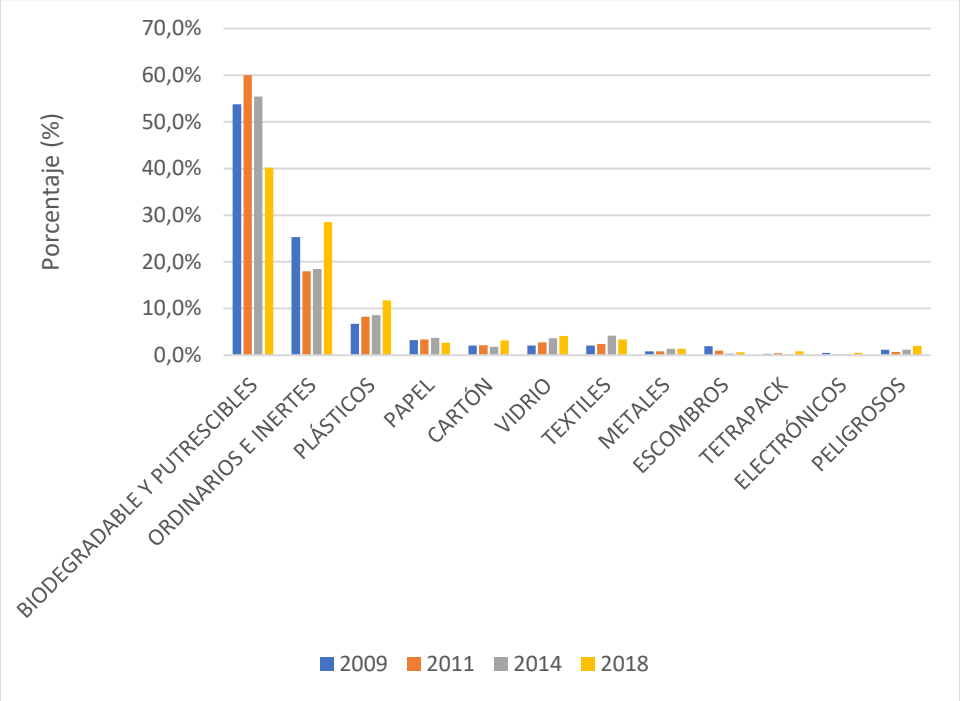
Tabla 25. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín

Componente	Porcentaje %			
	2009	2011	2014	2018
Biodegradable y putrescibles	53,8	60,01	55,39	40,20
Ordinarios e inertes	25,3	17,96	18,45	28,55
Plásticos	6,7	8,23	8,61	11,74
Papel	3,2	3,38	3,74	2,70
Cartón	2,1	2,16	1,79	3,16
Vidrio	2,1	2,77	3,65	4,09
Textiles	2,1	2,42	4,2	3,40
Metales	0,8	0,82	1,36	1,38

Componente	Porcentaje %			
	2009	2011	2014	2018
Escombros	1,9	0,94	0,38	0,66
Tetrapack	0,3	0,41	0,15	0,82
Electrónicos	0,5	0,24	0,19	0,5
Peligrosos	1,2	0,69	1,16	2,02

Fuente: Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Gráfica 16. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en la zona urbana de Medellín

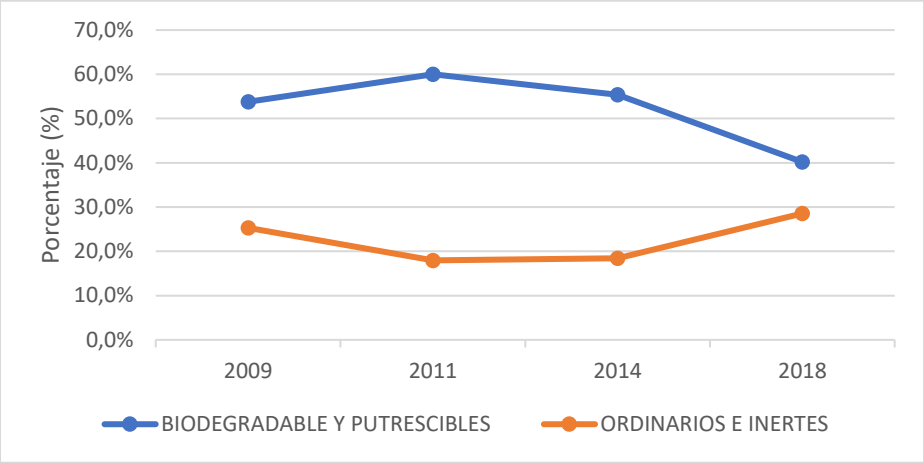


Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Al igual que en el sector rural se evidencia una disminución en la generación de residuos biodegradables; si bien se traía una tendencia a la baja según los datos 2011, 2014 y 2018, de este último descenso no se conoce a ciencia cierta sus

causas pero se encuentra una relación con el aumento de residuos ordinarios (inservibles) como se muestra en la siguiente gráfica, lo que refleja que la mala separación realizada por el sector residencial genera una mixtura de residuos que si bien pueden considerarse inservibles, podrían haber tenido una separación en la fuente que permita su aprovechamiento como materia orgánica.

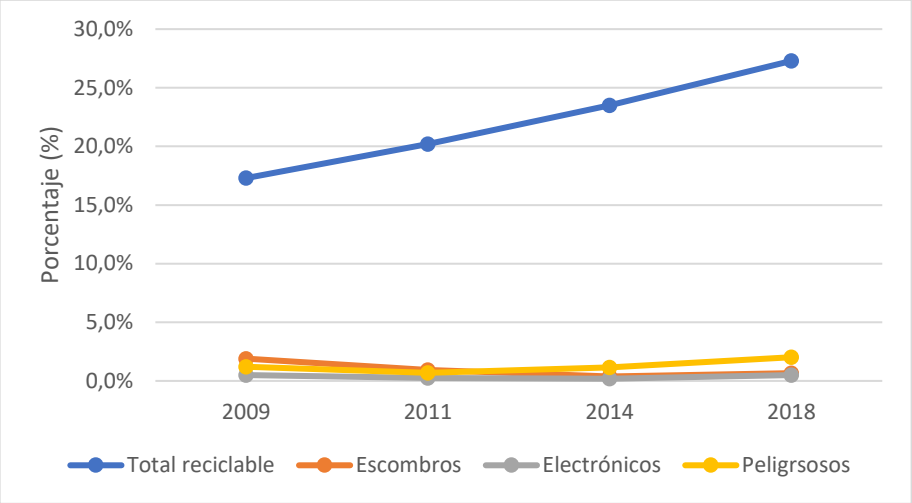
Gráfica 17. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos orgánicos y residuos ordinarios en el sector urbano de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Frente a las demás corrientes de residuos, es importante recalcar el aumento permanente en las fracciones de residuos reciclables, y un leve incremento para 2018 de RAEE y residuos peligrosos, mientras que escombros por su parte es el único que muestra tendencia a la baja.

Gráfica 18. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos reciclables, especiales y peligrosos en el sector rural de Medellín

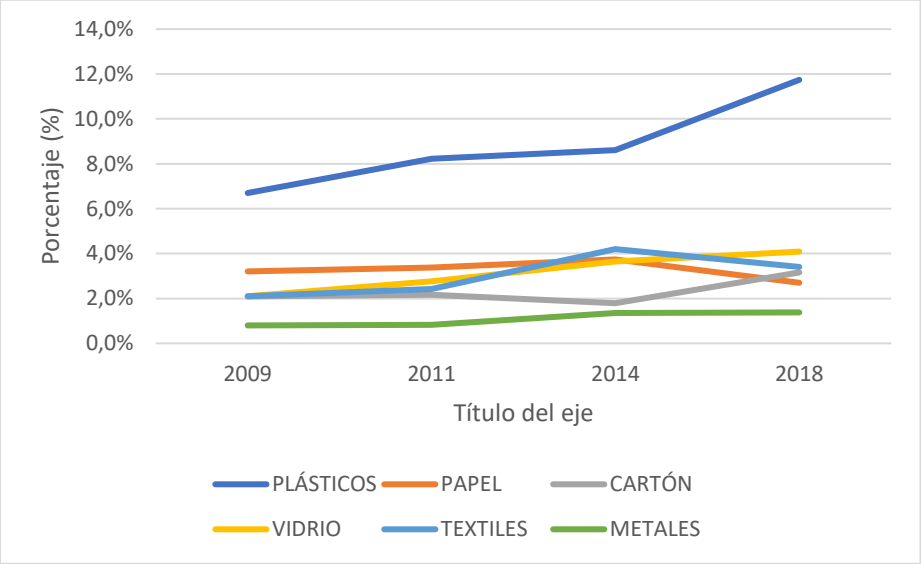


Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

En cuanto a los residuos reciclables, llama la atención que materiales como plástico, vidrio y metales presentan una constante tendencia a aumentar, al igual que el cartón y tetrapack que si bien no han tenido tendencia constante a aumentar si presenta cifras mayores a lo esperado en 2018.

Los demás residuos aun no muestran tendencias claras ya que se presentan aumentos y bajas.

Gráfica 19. Comparativo en las tendencias de cambio en el peso porcentual de las fracciones de residuos reciclables, en el sector rural de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial del área urbana y rural del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos

Adicionalmente, con el fin de evaluar los cambios más recientes se hace un análisis de residuos dispuestos en el relleno sanitario, dado que estas son las cifras más recientes que se tienen desde 2018, año en que se realizó la última caracterización de residuos en la fuente.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de residuos sólidos que ingresaron al Relleno Sanitario La Pradera. Estas caracterizaciones se desarrollaron en el Vaso Altaír (actualmente en operación) mediante el método de cuarteo las cuales se analizan teniendo en cuanta la alta participación de Medellín en cuanto a la cantidad de residuos recibidos en éste.

Según estos datos, la composición de residuos del Relleno Sanitario La Pradera presentan predominancia en material orgánico, seguido de plástico y tela. Dicha composición no presenta mayores variaciones a través de los años. Esto indica que aún se presenta un amplio margen de mejora en el aprovechamiento de residuos sólidos en los municipios que disponen sus residuos en el Relleno Sanitario.

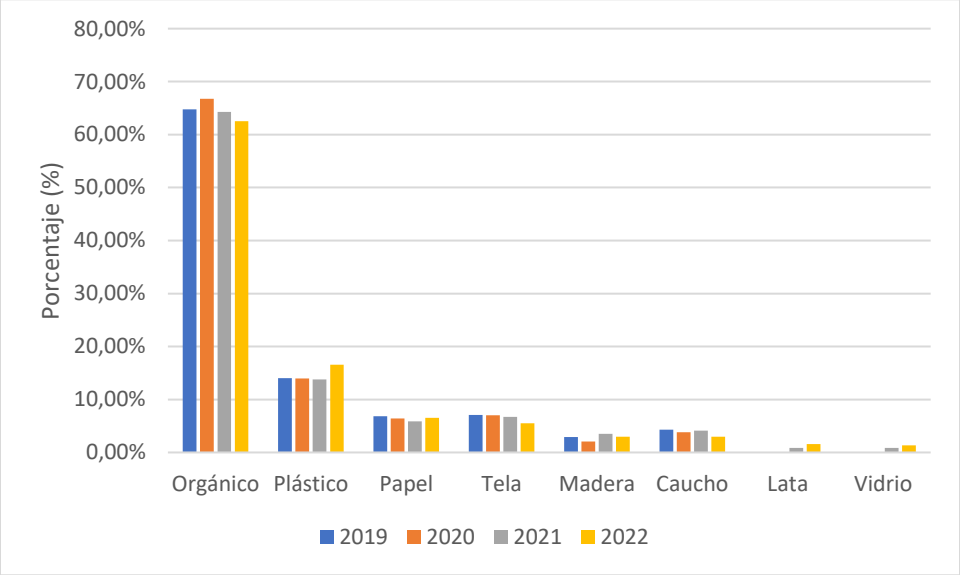
Encontrándose correspondencia con las caracterizaciones realizadas en la fuente donde se evidencia una tendencia a la baja de residuos orgánicos.

Tabla 26. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera

Material	2019	2020	2021	2022	Promedio
Orgánico	64,79%	66,74%	64,30%	62,54%	64,59%
Plástico	14,01%	13,97%	13,80%	16,55%	14,58%
Papel	6,81%	6,42%	5,89%	6,52%	6,41%
Tela	7,05%	7,04%	6,73%	5,53%	6,59%
Madera	2,90%	2,04%	3,49%	2,97%	2,85%
Caucho	4,32%	3,79%	4,10%	2,96%	3,79%
Lata	0,02%	0,01%	0,86%	1,60%	0,63%
Vidrio	0,10%	0,00%	0,83%	1,33%	0,56%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100.00 %

Fuente: Informe de sostenibilidad 2022. Emvarias

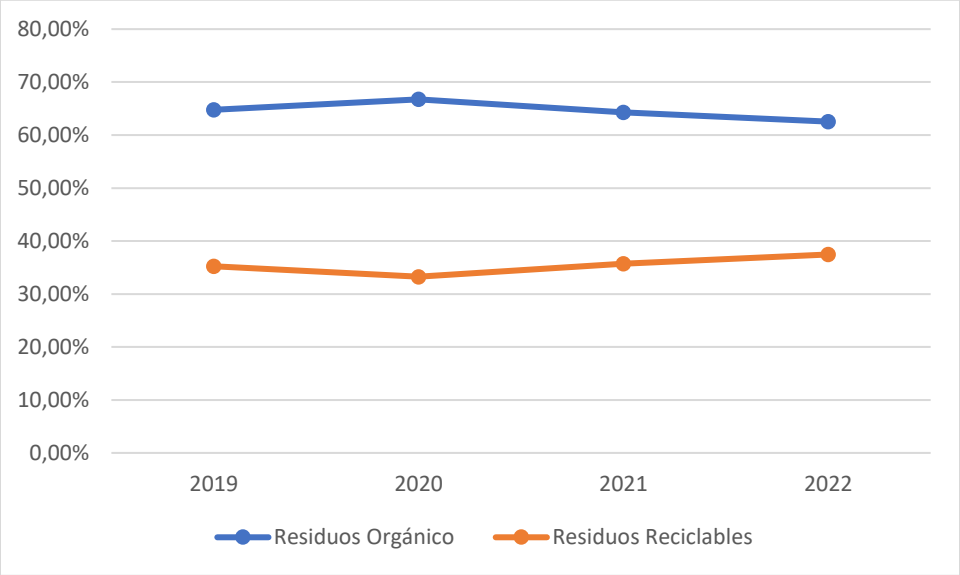
Gráfica 20. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de sostenibilidad 2022. Emvarias

Al hacer el análisis por tipo de residuo se evidencia que la fracción de residuos reciclables presenta una leve tendencia al aumento, lo que evidencia una mala separación de residuos en la fuente y pérdida de materiales con potencial de aprovechamiento.

Gráfica 21. Comparativo de los datos históricos de las fracciones porcentual de residuos sólidos aprovechables dispuestos en el relleno sanitario La Pradera



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de sostenibilidad 2022. Emvarias

En términos generales, no se observan cambios importantes en la fracción porcentual de residuos para el año 2020 pese a que los cambios de hábitos generados con la pandemia implicaron cambios en el uso de elementos de cuidado e higiene.

Frente al análisis realizado es importante tener en cuenta que se realizó una comparación de los resultados encontrados en diferentes años para el Distrito, sin embargo un análisis cuidadoso de la información implicaría comparativos bajo cumplimiento estricto de las mismas metodologías; en este caso, los estudios realizados cuentan con diferencias en el cálculo de muestras seleccionadas, diferentes tipologías de clasificación de los residuos, diferentes metodologías para promediar PPC dado que ante los cambios normativos la caracterización persigue cada vez fines más específicos.

8.2 Composición física porcentual de residuos en el sector no residencial

En el apartado siguiente se realiza el análisis comparativo de los resultados de las composiciones físicas porcentuales por subsectores en el sector No residencial de Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus cinco (5) corregimientos para los años de estudio 2014 y 2018; solo se toman estas (2) dos referencias por la tipología de residuos similar analizada en cada estudio.

8.2.1 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector industrial del municipio de Medellín

Para realizar un análisis más preciso del subsector industrial se consolidó el número de empresas caracterizadas por cada grupo (clúster) intervenido para los años 2014 y 2018.

Tabla 27. Número de empresas por cada grupo (clúster) intervenido en el subsector industrial de Medellín para los años 2014 y 2018.

Año de estudio	Grupo intervenido						TOTAL
	Alimentos	Metalurgia	Manufactura	Plástico	Químicas	Otros	
2014	14	8	8	12	4	5	51
2018	20	21	49	13	12	16	131

Fuente: Elaboración propia.

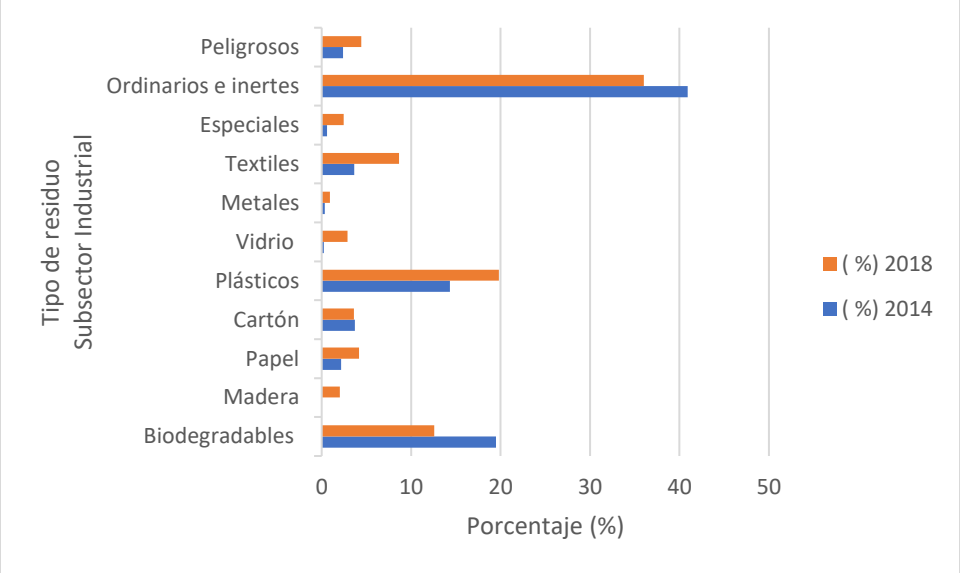
Tabla 28. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector industrial de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Industrial	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	19,48	12,59
Madera	-	2,02
Papel	2,16	4,17
Cartón	3,71	3,60
Plásticos	14,34	19,80
Vidrio	0,24	2,87
Metales	0,34	0,90
Textiles	3,62	8,66
Especiales	0,6	2,45

Tipo de Residuo Subsector Industrial	(%)	
	2014	2018
Ordinarios e inertes	40,91	36,01
Peligrosos	2,38	4,42

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 22. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Industrial de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

En la gráfica se indica como la corriente de los residuos ordinarios e inertes es el que más prevaleció para los dos (2) años de estudio, seguido de los residuos biodegradables y en tercer lugar los plásticos; aunque se observe un cambio en el aumento o disminución de este tipo de residuos en los años de comparación, este porcentaje no es tan diferencial; de igual forma la cantidad de kilogramos obtenidos para estos dos (2) últimas categorías, denota la alta participación de las empresas de alimentos y de plásticos para ambos años; sumado a esto, los residuos orgánicos generados por los empleados administrativos y operativos de todas las demás empresas. El grupo de textiles presentó un aumento significativo para el año 2018, debido a que este año el número de muestras analizadas para el grupo de empresas de manufactura paso de ocho (8) a 49 unidades generadoras; aunque en los informes analizados no se menciona, algunas empresas textileras aún siguen entregando este tipo de residuos (retales) a la ruta ordinaria de recolección.

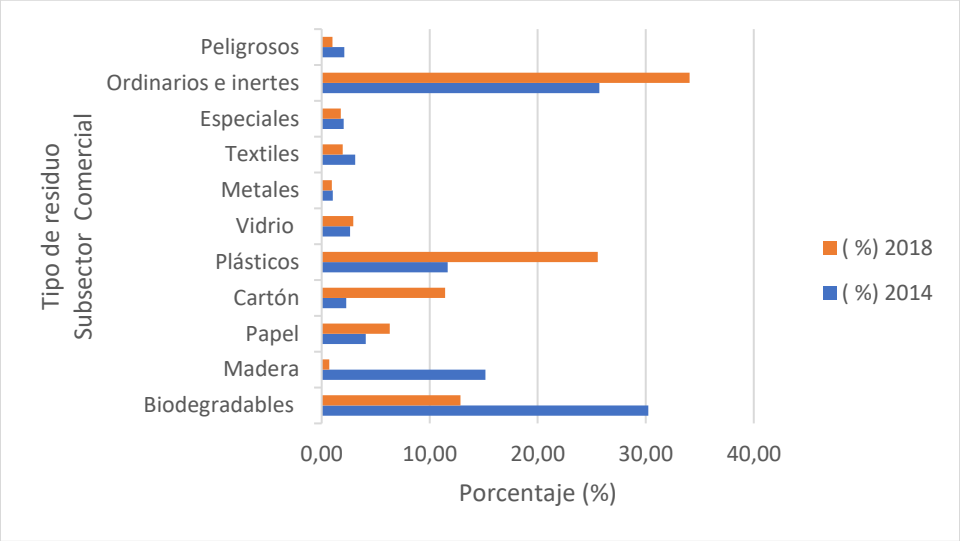
8.2.2 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector comercial del municipio de Medellín.

Tabla 29. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector comercial de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Comercial	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	30,25	12,86
Madera	15,17	0,69
Papel	4,07	6,31
Cartón	2,26	11,41
Plásticos	11,67	25,56
Vidrio	2,62	2,91
Metales	1,04	0,93
Textiles	3,09	1,95
Especiales	2,03	1,78
Ordinarios e inertes	25,69	34,06
Peligrosos	2,10	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 23. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector comercial de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

El subsector comercial presentó alta generación de residuos ordinarios e inertes, pasando de un 25,7 % a un 34,1%. En el año de estudio 2018, se señala que la mayor participación de esta tipología de residuos en este grupo, se debe a los residuos de barrido, resultantes de las labores de aseo y limpieza que se ejecutan en estos establecimientos.

En segundo lugar, se tienen los plásticos, para el año 2014 se registró un 11,7% de participación, el cual aumentó el doble para el año 2018 (25,6%); en tercera posición, se encuentran los residuos biodegradables, específicamente residuos de alimentos; es de anotar que la generación de estos residuos, disminuyó en un 42,5% en el año 2018. Se observa un importante incremento del cartón frente al año 2014, afirmando que es uno de los residuos que más se generan en este subsector, debido a que son utilizados para empaques de diferentes insumos y mercancías.

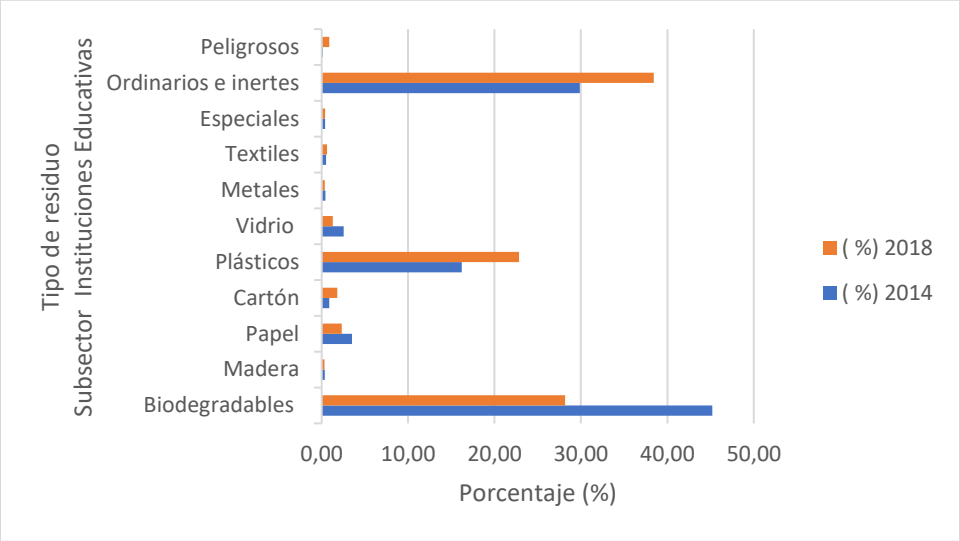
8.2.3 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector instituciones educativas del municipio de Medellín.

Tabla 30. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Instituciones Educativas de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Instituciones Educativas	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	45,19	28,17
Madera	0,36	0,31
Papel	3,49	2,31
Cartón	0,86	1,81
Plásticos	16,20	22,85
Vidrio	2,55	1,27
Metales	0,44	0,35
Textiles	0,52	0,61
Especiales	0,39	0,39
Ordinarios e inertes	29,88	38,42
Peligrosos	0,12	0,87

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 24. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Instituciones Educativas de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

Al realizar la lectura de los datos obtenidos en el subsector de Instituciones Educativas, se lee que la predominancia fue la generación de los residuos ordinarios e inertes, esto se refleja en el aumento que se obtuvo en los resultados entre el año 2014 y 2018, presentando un incremento del 129%.

Aunque en el año 2014 se tuvo una participación alta de residuos biodegradables como restos de comida, restos de jardín y poda, resultantes de las actividades de mantenimiento de áreas comunes y zonas verdes, en el año 2018, disminuyó en un 62,3%, analizando estos resultados se puede teorizar que esta disminución está asociada a los programas que se realizan en algunas instituciones educativas de aprovechamiento de estos residuos para procesos de compostaje y lombricultivo que se utilizaran posteriormente en huertas orgánicas, bajo los lineamientos de los Programas Ambientales Escolares_PRAES y los Programas Ambientales Universitarios_ PRAUS.

En tercer lugar, se tienen los plásticos, pasando de una generación del 16,20% en el 2014 a un 22,85% para el año 2018. La dinámica de la población estudiantil y empleados de planta, es el consumo de bebidas y comidas que generan botellas, empaques y envolturas plásticas.

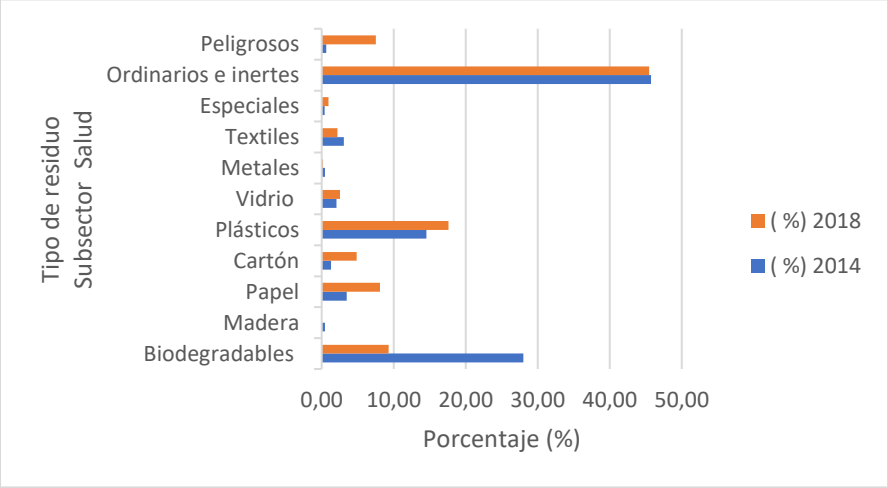
8.2.4 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Salud del municipio de Medellín.

Tabla 31. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Salud de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Salud	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	27,99	9,30
Madera	0,44	
Papel	3,45	8,10
Cartón	1,29	4,84
Plásticos	14,52	17,60
Vidrio	2,03	2,52
Metales	0,45	0,20
Textiles	3,09	2,17
Especiales	0,39	0,93
Ordinarios e inertes	45,72	45,47
Peligrosos	0,64	7,50

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 25. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Salud de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

La gráfica muestra como en el subsector salud, lo que más se generó fueron los residuos de tipo ordinario e inerte, no se presentó ninguna variabilidad en los dos (2) años de estudio. Aunque para el año 2014 se observa un alto porcentaje de generación de residuos biodegradables, para el año 2018 disminuyó ostensiblemente; en tercera posición se encuentra la corriente de los plásticos, estos pasaron de un 14,52 % a un 17,60%.

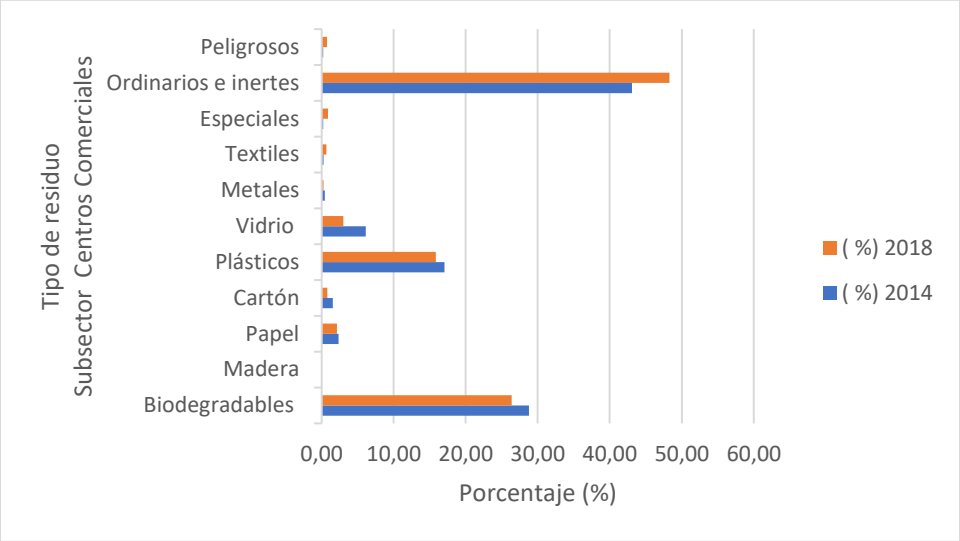
8.2.5 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Centros Comerciales del municipio de Medellín.

Tabla 32. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Centros Comerciales de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Centros Comerciales	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	28,80	26,40
Madera	-	-
Papel	2,32	2,12
Cartón	1,53	0,80
Plásticos	17,05	15,84
Vidrio	6,10	3,01
Metales	0,45	0,23
Textiles	0,25	0,63
Especiales	0,21	0,86
Ordinarios e inertes	43,09	48,28
Peligrosos	0,21	0,74

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 26. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Centros Comerciales de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

Al analizar los datos obtenidos en el subsector de Centros Comerciales para ambos años de estudio, se evidencia una superioridad en la generación de residuos ordinarios e inertes, los cuales se pueden asociar a las barreduras realizadas en las instalaciones de este subsector y a los residuos generados por la población flotante. En segundo lugar y en condiciones de cantidades similares, se observa una participación porcentual alta de residuos biodegradables, los cuales se pueden coligar a la procedencia de la zona de comidas, lugar altamente frecuentado por visitantes de paso.

Aunque hubo una disminución leve de la corriente de residuos de plástico respecto al año de estudio anterior, esta tipología de residuos se encuentra en el tercer nivel de generación de este grupo, sigue siendo predominante el consumo de bebidas y alimentos que vienen en diferentes tipos de plástico.

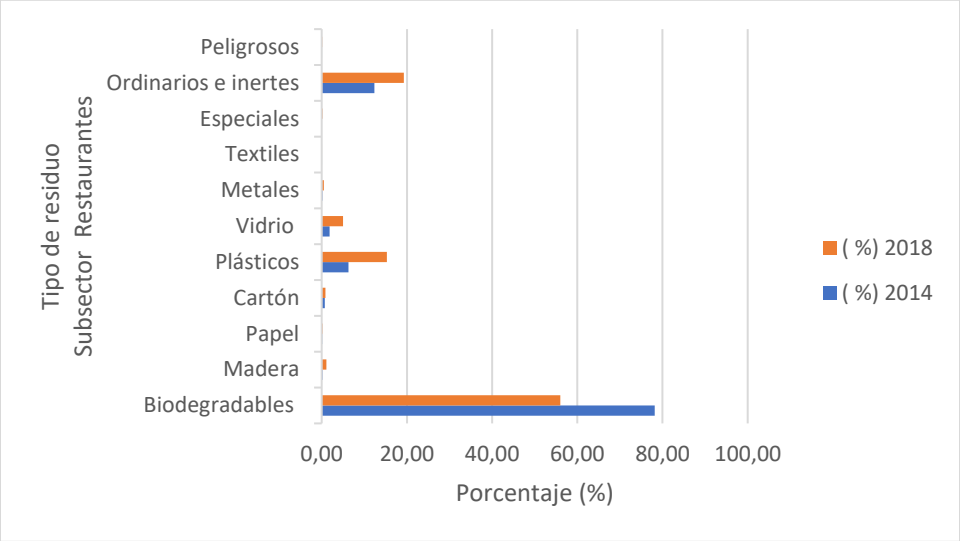
8.2.6 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes del municipio de Medellín.

Tabla 33. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Restaurantes	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	78,15	55,99
Madera	0,23	1,10
Papel	0,09	0,20
Cartón	0,73	0,87
Plásticos	6,30	15,30
Vidrio	1,85	5,01
Metales	0,19	0,48
Textiles	0,07	0,03
Especiales	-	0,22
Ordinarios e inertes	12,33	19,26
Peligrosos	0,06	0,09

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 27. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Restaurantes de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

Para el año 2018 se observa un decrecimiento de los residuos biodegradables del 71,6% respecto al año 2014; se puede reflexionar, que se desarrolló un mayor aprovechamiento de este tipo de residuos por parte de los propietarios de este subsector, como entrega a terceros para alimentos (aguamasa) de animales y otros procesos de utilización.

En segundo lugar, se encuentran los ordinarios e inertes con un incremento del 156% para el año de estudio 2018. Seguido de estos se encuentran los plásticos, los cuales pasaron de un 6,30% a un 15,30% de generación.

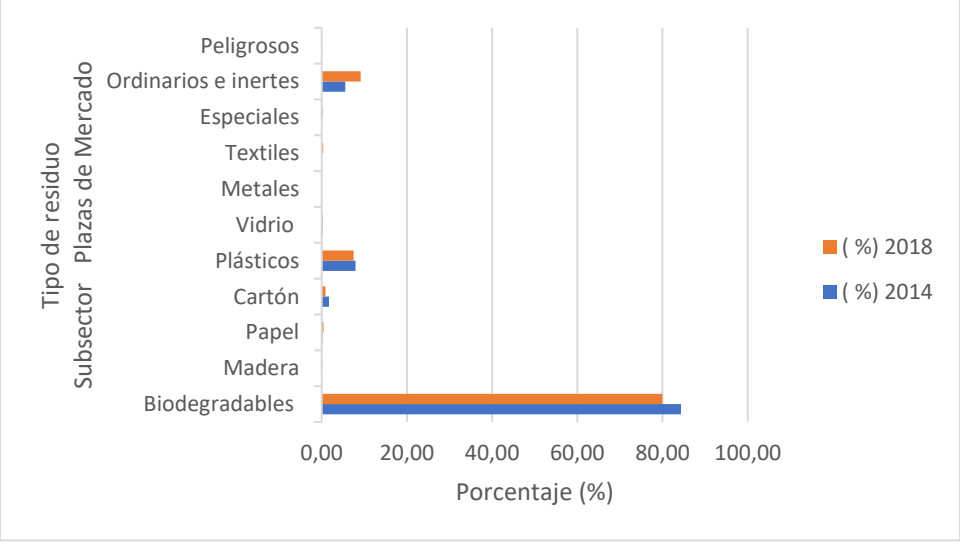
8.2.7 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de mercado del municipio de Medellín.

Tabla 34. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de mercado de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Plazas de Mercado	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	84,33	79,96
Madera	-	0,11
Papel	0,23	0,45
Cartón	1,71	0,90
Plásticos	7,93	7,47
Vidrio	0,23	0,28
Metales	0,02	0,009
Textiles	-	0,38
Especiales	-	0,28
Ordinarios e inertes	5,56	9,17
Peligrosos	-	0,02

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 28. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Plazas de Mercado de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

La generación de residuos biodegradables fue la predominancia en los dos (2) años de estudio, con un promedio del 82% frente a las demás corrientes de residuos, dato esperado por la dinámica del subsector. Para el año 2018 hubo un incremento de los residuos ordinarios e inertes del 164,9% frente al año 2014. Los plásticos presentaron datos parejos para ambos años de análisis.

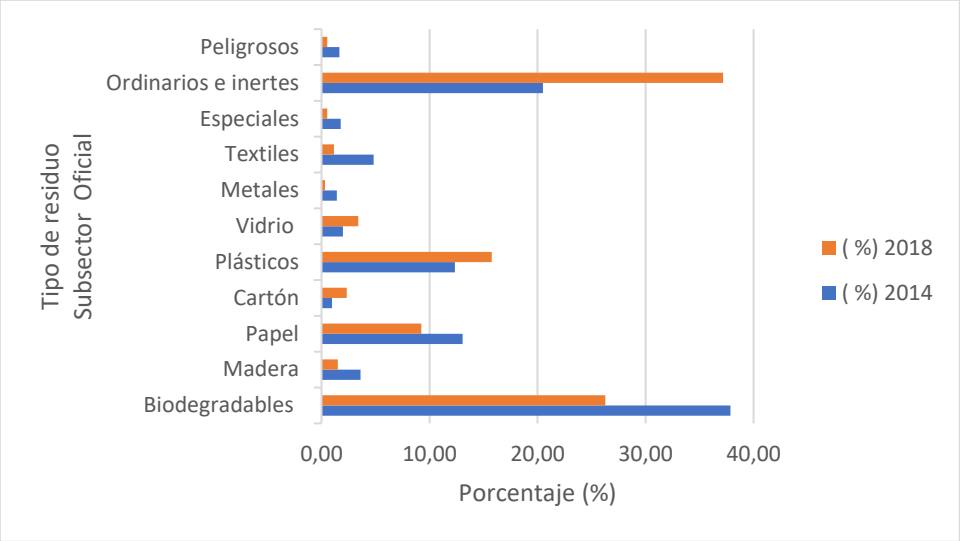
8.2.8 Análisis comparativo de los resultados de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Oficial del municipio de Medellín.

Tabla 35. Datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Oficial de Medellín.

Tipo de Residuo Subsector Oficial	(%)	
	2014	2018
Biodegradables	37,86	26,27
Madera	3,61	1,50
Papel	13,07	9,25
Cartón	0,96	2,33
Plásticos	12,35	15,75
Vidrio	1,98	3,41
Metales	1,42	0,33
Textiles	4,84	1,15
Especiales	1,78	0,54
Ordinarios e inertes	20,49	37,17
Peligrosos	1,65	0,53

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 29. Comparativo de los datos históricos de la composición física porcentual de residuos sólidos generados en el subsector Oficial de Medellín.



Fuente: Elaboración propia con información del Informe de la caracterización de residuos sólidos generados en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos 2014_2018.

El subsector oficial presentó mayor variabilidad en la generación porcentual de las diferentes tipologías de residuos. Para el año 2018 los residuos ordinarios e inertes fueron los que más aportaron a la caracterización (37,17%) comparado con el año 2014 que fue de 20,49%. Seguido de estos, se observa como los datos obtenidos para los biodegradables en el año de estudio 2014, disminuyeron frente al año 2018, pasando de un 37,9% a un 26,3%. La tendencia de generación de los plásticos para ambos años fue perceptiblemente igual; y en cuarto lugar se ubicó la corriente de papeles, para el año 2014 (13,07%) y para el año 2018 (9,255%). Esta lectura armoniza con la dinámica de grupos que maneja este subsector, debido a que los residuos resaltados, son en gran parte generados por usuarios flotantes, pero a su vez, por personal administrativo y operativo que trabaja de lleno en este tipo de instalaciones.

9 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MEDELLÍN

A nivel mundial se conoce la problemática de residuos sólido generada por las altas cantidades e incremento permanente en la generación de los mismos. Según el informe del Banco Mundial titulado What a Waste del año 2018, se proyecta que la rápida urbanización, el crecimiento de la población y el desarrollo económico harán que la cantidad de desechos a nivel mundial aumente 70 % en los próximos 30 años y llegue a un volumen asombroso de 3.400 millones de toneladas de desechos generados anualmente, se requiere entonces tomar medidas para abordar la gestión de los residuos al momento de planificar ciudades y comunidades sostenibles, sanas e inclusivas.

Esta problemática mundial también se refleja a nivel local, específicamente para Medellín frente a los cambios en cantidades y composición de los residuos generados en los últimos años, se encontró que los valores del coeficiente de Producción Per Cápita (PPC) en Medellín se han incrementado con el paso de los años, pasando de valores de PPC = 0,39 Kg/habitante*día en el año 2006, hasta 0,54 Kg/habitante*día en el año 2018, lo que quiere decir que la generación diaria por persona se ha aumentado.

Sin embargo, según el análisis realizado se encuentra que la cantidad de residuos que llegan a disposición final presenta un incremento superior al incremento de la PPC residencial; entendiendo entonces que si bien el aumento de residuos en relleno se debe en parte al aumento de la PPC residencial que ha venido creciendo con el tiempo, en mayor medida se debe al aumento de población en la ciudad, aumento de la población flotante (turismo), migración, desarrollo industrial, limpieza urbana, entre otras.

A continuación se hace una descripción de estos factores en relación a su incidencia en la generación de residuos de Medellín.

- **Dinámicas de consumo de la población:** Si bien Medellín está comprometida con fomentar hábitos sostenibles, aun no se percibe en el grueso de la población una disminución importante en la cantidad de residuos reflejo de hábitos que eviten el consumo de bienes y productos innecesarios; en este sentido llama la atención que pese al incremento en las cantidades de residuos aprovechados aún se evidencie un aumento en el porcentaje de plásticos en relleno sanitario, lo que evidencia su alto uso y que aún no se tienen resultados frente a las políticas de disminución y aprovechamiento de éstos.

Adicionalmente, los hábitos de consumo de la población también se ven reflejados en un mayor consumo y una mayor generación de residuos sólidos en determinadas épocas del año. En las festividades navideñas aumenta claramente la generación de residuos sólidos debido a los ingresos adicionales de primas y vacaciones que tienen las personas que laboran. Igualmente, se puede apreciar que, en el mes de enero, mitad de año y en las épocas vacacionales; la generación de residuos disminuye debido a la salida de los habitantes de la ciudad hacia otros lugares.

Dado que el factor de hábitos de consumo afecta directamente la generación de los residuos sólidos es evidente que el tema educativo y cultural es preponderante para prevenir su generación, posibilitar prácticas de separación en la fuente y facilitar todas aquellas estrategias adecuadas durante las etapas de la gestión de los residuos sólidos en el contexto del aprovechamiento, tratamiento y la disposición final.

- **Capacidad adquisitiva:** De acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), altas PPC se correlacionan con una capacidad adquisitiva más alta, por ende puede correlacionarse ésta como una causa del aumento de los residuos en el Distrito de Medellín.

  Es importante señalar que la clasificación de las personas en un ejercicio técnico que hace énfasis en variables monetarias y permite agrupar de acuerdo con los ingresos per cápita; en este sentido, en las diferentes sociedades, y especialmente en los países en proceso de desarrollo, existen grandes diferencias en los niveles de ingreso de los distintos miembros. La clasificación de las personas en clases sociales permite agrupar a los individuos y hogares en diferentes categorías según sus rangos de ingreso monetario, a saber: clase alta, clase media, vulnerables y pobres.

  La relación entre la clasificación social y la generación de residuos se evidencia en el análisis realizado para el Distrito de Medellín, donde se encuentra que existe una relación proporcional entre la PPC y el estrato socioeconómico, de forma tal que a mayor estrato mayor producción per cápita. La explicación más probable para esta situación es que los habitantes que se encuentran en los estratos socioeconómicos más altos tienen una mayor capacidad adquisitiva de bienes, por lo tanto generan una mayor cantidad de residuos que aquellos que pertenecen a las clases socioeconómicas bajas (Universidad de Medellín, 2011).

  Además, según datos de del Informe de Calidad de Vida ,de Medellín, 2020, en Medellín, a diferencia de lo que se registra a nivel nacional, la clase media ha

sido la de más importancia dentro de la distribución social. Medellín es la que registra la mayor proporción de clase media, es la primera ciudad con mayor población perteneciente a la clase alta (3,6%) y la segunda con menor proporción de población clasificada como pobre (32,9%) (Informe de Calidad de Vida de Medellín, 2016-2019 Pobreza y equidad), lo puede influir significativamente en la cantidad total de residuos generados.

- **Crecimiento poblacional y urbanístico:** De acuerdo con los últimos resultados del Censo de Población y Vivienda 2018 del DANE, se encuentra que la población de Medellín creció entre 2005 y 2019 en 266.103 personas, es decir un promedio anual de 19.007 personas, igualmente entre los años 2019 y 2016 se encontró un aumento de 61.486 viviendas, situación que evidencia el aumento en los generadores de residuos.

  Otro factor importante es la inmigración de personas de otras zonas nacionales debido a la violencia y a la búsqueda de una mejor calidad de vida en la ciudad, lo que genera un aumento en la población no habitual, afectando claramente el aumento de los residuos que se generan en Medellín.

  Al relacionar altos valores de PPC, con incrementos en el número de habitantes de la ciudad, se obtiene como consecuencia el incremento en la generación de residuos sólidos generados. Según las estimaciones del PGIRS Medellín 2020, y bajo un escenario inercial con incrementos de la población y la PPC, para el año 2027, el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus corregimientos estarían generando 556.410 toneladas anuales de residuos sólidos.

- **Crecimiento industrial:** De acuerdo con el Informe de Calidad de Vida de Medellín, 2020, la industria manufacturera en 2018 fue el responsable del 10,72% del PIB de Medellín ubicándose como la segunda actividad que más aportó al producto de la ciudad después de las actividades profesionales, científicas y técnicas, actividades de servicios administrativos y de apoyo. Además, este es el segundo sector que más aporta al empleo en Medellín y la región metropolitana. En este componente, si bien se evidencia durante el 2020, una caída pronunciada en la actividad manufacturera de la región, especialmente en el cuarto trimestre de 2020 se muestran cifras recuperación y se retoman niveles similares a los de años anteriores.

  Lo anterior muestra una correlación entre la operación industrial y la generación de residuos, dado que durante este año de decrecimientos en las actividades

industriales también se presentó una disminución en la cantidad de residuos generados asociado a este, y otros factores de análisis.

- **Proyección turística**: El turismo, al igual que la industria y el comercio, es uno de los principales sectores económicos de Medellín, la llegada y atracción de personas y negocios activan la economía local e incrementan la demanda de bienes y servicios, alojamientos, transporte y otras actividades.

  Desde el 2005, se ha ido aumentando la importancia relativa de este sector dentro de la economía local. Entre el 2005 y el 2018 el porcentaje del PIB municipal de Medellín que corresponde a alojamiento y servicios de comida pasó de 2,8% a 4,7%. Así mismo, se ha ido consolidando un clúster empresarial en torno este sector que se ve reflejado en un incremento significativo en el número de empresas (Informe de Calidad de Vida de Medellín, 2020).

  De acuerdo con cifras preliminares del ministerio de comercio, industria y turismo, los visitantes no residentes en 2022 aumentaron un 232,2 % respecto a 2020 siendo en términos de ciudades de destino, Bogotá recibió el mayor número de extranjeros no residentes del total, seguida de Medellín.

  Esta situación implica una población flotante importante en términos de generación de residuos, por lo cual se considera también un factor de análisis frente a la generación de residuos en la ciudad.

- **Pandemia**: las dinámicas de consumo de la población o de la modificación de los hábitos sociales; variaron los hábitos de consumo y los lugares de generación de residuos; la permanencia de las personas en sus residencias, la suspensión de clases en centros educativos públicos y privados y la interrupción de actividades lúdicas y comerciales impactaron la generación de residuos; estos cambios de vieron reflejados en la disminución del sector productivo y por tanto reflejó una disminución en las cantidades de residuos generadas, sin embargo con el levantamiento de las medidas aislamiento, muchos sectores fueron retomando los hábitos de antes de pandemia y con ellos la generación habitual de residuos sólidos.

Estos mismos factores descritos anteriormente, influyen no solo en las variaciones de las cantidades de residuos generadas sino que influyen también en la composición de residuos.

En cuanto a dinámicas de consumo de la población es sabido que los tipos de residuos generados se asocian a los hábitos culturales de consumo y alimentación de los generadores. Según lo anterior, algunas comunidades podrán generar más cantidad de residuos orgánicos cuando consumen productos alimenticios sin

procesar. Otras comunidades tienen la tendencia a consumir alimentos procesados, lo que implica que para ese segundo caso específico se reduce la cantidad de residuos orgánicos, pero se incrementa la generación de plásticos, vidrio, metales y materiales de empaque. Lo que puede ser un factor de análisis frente a la tendencia de disminución en cantidades de residuos orgánicos en Medellín, que aunque no se sabe con certeza, puede estar originada en incremento de prácticas de aprovechamiento o en cambio de costumbres hacia una menor preparación de alimentos en los hogares.

También, llama la atención que pese al incremento en los reportes de cantidades de residuos aprovechados en la ciudad, aun se evidencie un porcentaje creciente de residuos reciclables en relleno sanitario, y particularmente de plásticos lo que evidencia su alto uso y que aún no se tienen resultados frente a las políticas de disminución en el uso de plástico y su aprovechamiento.

Igualmente se evidencia que las prácticas de la población aún no se interiorizan las directrices de separación en la fuente, dado el aumento de residuos no aprovechables encontrados en las caracterizaciones en la fuente debido a una mala separación de residuos que genera pérdida de potencial de aprovechamiento.

La mala separación de residuos en la fuente se corrobora además en las caracterizaciones realizadas en el relleno sanitario donde a fracción de residuos reciclables presenta una leve tendencia al aumento.

También entra a cobrar relevancia la capacidad de los gestores y transformadores así como las facilidades y precios de comercialización. El aumento de vidrio en relleno puede deberse a las dificultades para su comercialización dadas las dificultades presentadas desde que Peldar se retiró del área Metropolitana.

Finalmente como hecho importante se tiene que en 2020 se presentó una disminución en la generación de residuos sólidos debido a la pandemia Covid 19 que implicó cierres a nivel de comercio industria e instituciones, además de cambio de hábitos en las viviendas; este cambió evidenció una disminución en las cantidades de residuos que se llevaron a disposición final, aunque no se evidenciaron mayores cambios para este año frente a la composición de los residuos en el relleno sanitario como era de esperarse, dado que las condiciones propias de la pandemia implicaban la generación de residuos de tapabocas, guantes y demás elementos de uso masivo que en la mayoría de los casos son de un solo uso y no permiten la biodegradación; sin embargo no se relacionan cambios significativos en la composición de los residuos que se dispusieron en relleno sanitario durante la pandemia.

10 CONOCER LA CANTIDAD, LA COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE PRODUCEN EN EL SECTOR RESIDENCIAL POR ESTRATO SOCIOECONÓMICO Y COMUNA

10.1 Diseño metodológico para el muestreo

En un muestro probabilístico[i1] todos los individuos del universo o la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Además de lo anterior, para la ejecución del presente proyecto se debe realizar un muestreo por conglomerados, ya que se debe garantizar ir a todas las siete zonas en las que está dividida la ciudad de Medellín, denominadas conglomerados y dentro de ellas ir a cada unidad muestral (viviendas), buscando llegar a las zonas urbanas y rurales del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus corregimientos.

10.2 Población objeto de estudio

La población o universo de referencia está constituida por todos los usuarios residenciales ubicados al interior del perímetro urbano del municipio de Medellín y sus cinco Corregimientos.

Para el presente estudio las unidades de muestreo son las viviendas, entendidas como usuarios residenciales o suscriptores del servicio de acueducto del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

La población objeto del estudio para las 16 comunas y 5 corregimientos se define de la siguiente manera:

Tabla 36. Población objeto de estudio por comuna para el año 2023

Comuna	Total
01 Popular	149.586
02 Santa Cruz	122.573
03 Manrique	179.793
04 Aranjuez	145.837

[1] http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf

Comuna	Total
05 Castilla	127.289
06 Doce De Octubre	183.889
07 Robledo	208.305
08 Villa Hermosa	171.776
09 Buenos Aires	175.014
10 La Candelaria	79.404
11 Laureles - Estadio	101.796
12 La América	88.207
13 San Javier	175.122
14 El Poblado	112.257
15 Guayabal	64.713
16 Belén	217.501
Total Comunas	**2.303.062**

Tabla 37. Población objeto de estudio por corregimiento para el año 2023

Corregimientos	Total
50 San Sebastián De Palmitas	6.485
60 San Cristóbal	151.677
70 Altavista	44.665
80 San Antonio de Prado	116.838
90 Santa Elena	31.002
Totales	**350.667**

De acuerdo con las cifras presentadas por el Departamento Administrativo de Planeación "la población oficial para Medellín en 2023 es: 2.653.729 personas; en

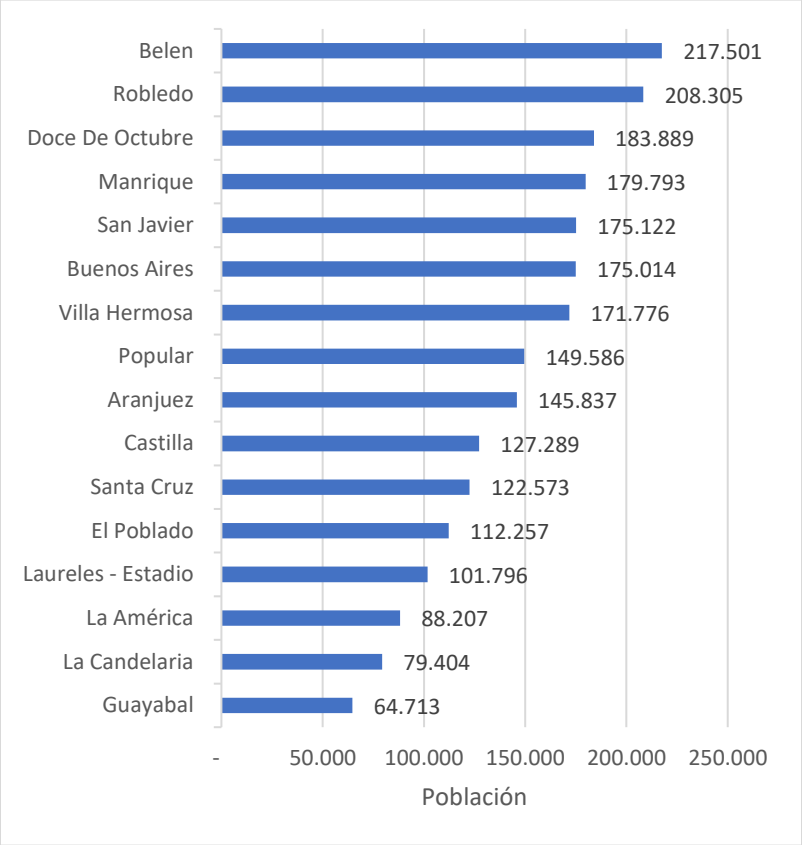
las 16 comunas habita el 86,7% de la población con 2.303.062 habitantes mientras que en los 5 corregimientos se encuentra el 13,2% de la población con 350.667 habitantes".

La comuna de la ciudad con más habitantes es la 16 (Belén) con 217.501, seguida de la comuna 7 (Robledo) con 208.805, y en tercer lugar se ubica la comuna 6 (Doce de Octubre) con 188.889 personas.

Mientras que en el sector rural el corregimiento con las población corresponde a San Cristóbal seguido por San Antonio de Prado y Altavista.

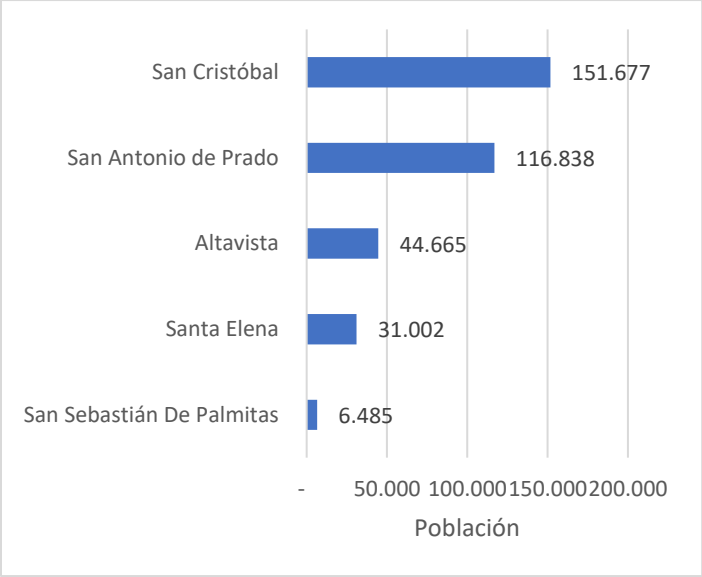
En la siguiente gráfica, se presenta la población de Medellín por comuna para el año 2023, de acuerdo con la información del Departamento Administrativo de Planeación (Alcaldía de Medellín, 2023).

Gráfica 30. Población por comuna en zona urbana de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Departamento Administrativo de Planeación

Gráfica 31. Población por Corregimiento en zona rural de Medellín



Fuente: Elaboración propia con información del Departamento Administrativo de Planeación

10.3 Unidad de análisis

Según las expectativas fijadas en los objetivos específicos del estudio y siendo ésta una investigación de carácter cuantitativo, la unidad de análisis final de análisis la constituye la vivienda de uso exclusivo residencial ubicada en el perímetro urbano y rural del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus corregimientos.

10.4 Tamaño de la muestra

Para garantizar un tamaño de muestras en la zona Urbana y Rural, se debe garantizar un margen de error en el cual se tenga el dato que se quiere medir en el universo, es decir, la probabilidad de que el coeficiente de Producción Per Cápita (PPC) para una vivienda cualquiera elegida aleatoriamente en el perímetro urbano de Medellín esté por debajo del PPC promedio para Medellín. La Producción Per Cápita calculada para Medellín en promedio fue de 0,54 kg/ Hab-día y el resultado para la Producción Per Cápita para todos los corregimientos fue de 0,34 kg/Hab-día, del estudio realizado por la Secretaria de Gestión y control territorial entre los años 2018 y 2019.

Además de esto se debe garantizar un nivel de confianza que exprese la certeza buscada dentro del margen de error, es decir, que se garantice que en un 95% de los casos se encuentre la PPC promedio para Medellín por cada vivienda.

Ya que la población de Medellín es superior a 100.000 habitantes, se comporta como una población infinita. Para lo anteriormente definido la ecuación para el tamaño de muestra[2] es:

$$n = \frac{\left(Z_{\alpha/2}\right)^2 * p * q}{\varepsilon^2}$$

n: Tamaño óptimo de la muestra

p: Probabilidad de éxito de que la PPC esté por debajo de la PPC promedio de Medellín

q: Probabilidad de fracaso de que la PPC esté por debajo de la PPC promedio de Medellín

ε : Error Muestral

Con lo definido en el punto anterior se definirá un nivel de confianza del 95% y un (ε) error máximo de muestreo no superior al 2.5% en la estimación del Coeficiente de Producción Per Cápita (PPC).

$$Z_{\alpha/2}: 1{,}96\ (valor\ definido\ en\ la\ tabla\ de\ la\ distribución\ normal)$$

$$p: 0.54\ q: 0.46\ \varepsilon: 2{,}5\%$$

Con esto definido el tamaño de la muestra mínimo para la zona urbana será:

$$n = \frac{1{,}96^2 * 0{,}54 * 0{,}46}{0{,}025^2} = 1.526$$

$$n = 1.526$$

Se concluye que se necesitan 1.526 viviendas para garantizar que se realicen como mínimo las 2.700 muestras en las siete zonas de Medellín, en sus 16 comunas y sus cinco corregimientos, que pueden obtenerse mediante las dos 2 frecuencias de recolección, garantizando lo siguiente:

- Zona Urbana (distribuidas por estrato): 2.000 unidades

[2] http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra

- Zona Rural (cabecera corregimental - distribuidas por los 5 corregimientos): 500 unidades y zona rural dispersa de 200 unidades.

Para la distribución de la muestra se tuvo en cuenta la base de datos de "Desagregación predios por comuna y estrato rec_sui_2022" de los suscriptores de aseo de la ciudad de Medellín, asociados al tipo de suscriptor residencial que será objeto de estudio mediante la "Caracterización de los residuos sólidos en los sectores residencial y no residencial de Medellín y en el área urbana y rural de los cinco corregimientos".

En la zona urbana de Medellín se visitarán 1.130 viviendas distribuidas en las 16 comunas y los 6 estratos socioeconómicos, para los corregimientos se visitarán 283 viviendas en sus centros poblados y en la ruralidad dispersa se visitarán 113 viviendas, con lo cual se cumple la muestra total de 1.526 viviendas muestreadas y también se cumplen las especificaciones técnicas respecto de la muestra mínima requerida, correspondientes a 2.000 muestras en la zona urbana, 500 muestras en los centros poblados corregimentales y 200 muestras procedentes de viviendas rurales dispersas. La distribución para la muestra en la ciudad de Medellín será la siguiente:

Tabla 38. Número de viviendas por estratos socioeconómico en la ciudad de Medellín

ESTRATOS	SUSCRIPTORES DE ASEO	TOTAL, MUESTRA POR ESTRATOS
1	54.277	107
2	148.478	291
3	178.339	350
4	89.882	176
5	64.183	126
6	40.442	79
Total	575.601	1.130

Fuente: Base de datos desagregación predios por comuna y estrato rec_sui_2022.

Para los corregimientos se tuvo en cuenta la proporción del número de suscriptores del servicio público de aseo, pero haciendo una proporción a conveniencia para cumplir con el número mínimo de 500 muestras en los centros poblados de los corregimientos y las 200 muestras en la ruralidad dispersa. A continuación se presentan los tamaños de las muestras estimadas:

Tabla 39. Número de viviendas para los centros poblados de los corregimientos

CORREGIMIENTOS	SUSCRIPTORES DE ASEO	TOTAL, MUESTRA AJUSTADA - C RURAL
SANTA ELENA	4.406	43
SAN CRISTOBAL	29.943	90
SAN ANTONIO DE PRADO	24.867	81
PALMITAS	405	30
ALTAVISTA	9.398	39
TOTAL	69.019	**283**

Fuente: Base de datos desagregación predios por comuna y estrato rec_sui_2022 y elaboración propia del tamaño de la muestra.

Tabla 40. Número de viviendas para los corregimientos rural disperso

CORREGIMIENTOS	SUSCRIPTORES DE ASEO	TOTAL, MUESTRA AJUSTADA - C DISPERSO
SANTA ELENA	4.406	16
SAN CRISTOBAL	29.943	37
SAN ANTONIO DE PRADO	24.867	33
PALMITAS	405	12
ALTAVISTA	9.398	15
TOTAL	69.019	**113**

Fuente: Base de datos desagregación predios por comuna y estrato rec_sui_2022 y elaboración propia del tamaño de la muestra.

La distribución de la muestra se hizo por conveniencia o muestreo no probabilístico. Este tipo de muestreo es una técnica no probabilística donde los sujetos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos.

Mediante 283 muestras en los centros poblados de los corregimientos, 113 muestras en la ruralidad dispersa de los corregimientos y 1.130 muestras en las 16 comunas de Medellín, se garantizó el tamaño requerido de muestra de 1.526 viviendas.

Tabla 41. Estratos socioeconómicos predominantes por comuna y zonas de la ciudad de Medellín

		ESTRATOS						
ZONA	**COMUNA**	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**TOTAL POR COMUNA**
ZONA 1	C1 POPULAR	18	29	-	-	-	-	47
	C2 SANTA CRUZ	5	34	-	-	-	-	39
	C3 MANRIQUE	15	37	12	-	-	-	64
	C4 ARANJUEZ	8	18	39	-	-	-	65
ZONA 2	C5 CASTILLA	-	8	49	-	-	-	57
	C6 DOCE DE OCTUBRE	11	38	22	-	-	-	71
	C7 ROBLEDO	8	41	35	15	-	-	99
ZONA 3	C8 VILLA HERMOSA	20	25	21	-	-	-	66
	C9 BUENOS AIRES	-	16	58	12	-	-	86
ZONA 4	C10 CANDELARIA	-	-	20	36	-	-	56
ZONA 5	C11 LAURESLES - ESTADIO	-	-	-	27	54	-	81
	C12 LA AMERICA	-	-	16	31	19	-	66
	C13 SAN JAVIER	22	26	21	6	-	-	75
ZONA 6	C14 EL POBLADO	-	-	-	-	20	79	99
ZONA 7	C15 GUAYABAL	-	6	17	11	-	-	34
	C16 BELEN	-	13	40	38	34	-	125
	TOTAL POR ESTRATO	107	291	350	176	127	79	**1.130**

Fuente: Base de datos desagregación predios por comuna y estrato rec_sui_2022 y elaboración propia del tamaño de la muestra.

11 ESTIMAR LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

11.1 Selección del método para calcular la producción de residuos en el sector residencial

La determinación de la cantidad y composición de los residuos sólidos producidos por los sectores residencial y no residencial del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, se efectúa mediante la caracterización de los residuos generados por los sectores anteriormente citados, empleando los métodos definidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2018), análisis estadísticos para el diseño metodológico del muestreo y la interpretación de resultados, además de aquellos métodos establecidos por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), lo cual posibilita la obtención de resultados como la Producción Per Cápita de residuos, la composición física porcentual, la densidad y los ensayos físico químicos y microbiológicos requeridos (CEPAL, 2016).

De acuerdo con el Título F del RAS (Sistemas de Aseo Urbano), la caracterización de los residuos se define como la "Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica".

Los resultados de la caracterización de residuos sólidos contribuyen a la actualización de la información sobre cantidades y características de los residuos sólidos generados en la zona de estudio, brindan elementos de planeación para optimizar la prestación del servicio público de aseo a corto, mediano y largo plazo y permiten obtener información veraz y actualizada para la toma de decisiones en torno a las acciones de manejo y gestión de los residuos sólidos, tales como tecnologías, sistemas de recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los mismos.

11.2 Procedimiento para el cálculo de la producción per cápita

Según el numeral F1.4.1.1 Cálculo de la Producción Per Cápita del (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012), para el cálculo de la Producción Per Cápita, se puede usar cualquier método técnicamente válido o recomendado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas -ICONTEC o por estándares internacionales, siempre y cuando tenga en cuentan al menos las siguientes variables:

- Cantidad de residuos generados por día, determinados mediante aforos.
- Número total de habitantes en el sector de estudio.
- Número de usuarios servidos y potenciales, incluyendo estrato y uso.
- Número promedio de habitantes por usuario del sistema, por estrato y uso.
- Cantidad de residuos que se transportan al sistema de disposición final, determinada mediante aforos.
- Cantidad de residuos que se incorporan efectivamente al aprovechamiento, según su naturaleza, determinada mediante aforos.

Para efectos prácticos del proyecto, cuando las muestras llegan al sitio definido para la caracterización, se procede a la separación de las muestras por estrato socioeconómico y por corregimiento, según su sitio de procedencia.

Se pesa cada muestra de forma independiente, para conocer los residuos generados en cada vivienda y esa información se relaciona con el número de habitantes por vivienda y el número de días de almacenamiento del residuo, luego de lo cual se procede al cálculo de la Producción Per Cápita.

$$Producción\ Per\ Cápita\ de\ residuos = \frac{\text{Peso de la muestra (Kg)}}{\text{Número de personas} * \text{días de almacenamiento}}$$

Todos los datos se registran de forma independiente y luego, con la ayuda de la estadística, se calcula el promedio de la Producción Per Cápita por estrato socioeconómico para el sector residencial, o por sector generador para los suscriptores de tipo no residencial.

12 CONOCER LA COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LOS RESIDUOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL

Es importante la utilización de las herramientas que proporciona la estadística, para la definición del número de muestras de los residuos generados por el sector no residencial, con la finalidad de garantizar confiabilidad de la información obtenida a través del estudio, por lo cual se deben considerar aspectos como la población objeto de estudio, la unidad de análisis de acuerdo con los sectores más representativos y el tamaño de la muestra, por lo cual se presenta a continuación la descripción detallada de dicho diseño muestral.

12.1 Diseño metodológico para el muestreo

El objetivo de la investigación cualitativa es el de proporcionar una metodología de investigación que permita comprender el complejo mundo de la experiencia vivida desde el punto de vista de las personas que la viven (Taylor y Bogdan, 1984). Las características básicas de los estudios cualitativos se pueden resumir en que son investigaciones centradas en los sujetos, que adoptan la perspectiva del interior del fenómeno a estudiar de manera integral o completa. El proceso de indagación es inductivo y el investigador interactúa con los participantes y con los datos, busca respuestas a preguntas que se centran en la experiencia social, cómo se crea y cómo da significado a la vida humana.

De acuerdo con la teoría de diseño de proyectos de investigación cualitativa de Rosa María Cifuentes Gil, uno de los enfoques más importantes que se plantean es el empírico analítico y descriptivo cualitativo.

Las investigaciones que se desarrollan desde este enfoque buscan conocer de manera objetiva, externa y fáctica de los hechos de la realidad; sus causas, efectos, síntomas, problemas, manifestaciones.

Los proyectos de investigación desde este enfoque empírico analítico dan importancia a la medición, a la muestra y a la representatividad.

Para el caso de la investigación de caracterización de la composición física y química de los residuos sólidos del no residencial, no solo se busca conocer este tipo de composiciones, además de esto se busca determinar los componentes que la conforman, la cantidad, los aspectos relacionados con el manejo de los residuos sólidos desde cada uno de los sectores no residenciales del Municipio de Medellín y los cinco corregimientos.

12.2 Población objeto de estudio

La población objeto está constituida por todos los usuarios no residenciales ubicados al interior del perímetro urbano del municipio de Medellín y sus cinco Corregimientos.

12.3 Unidad de análisis

Según las expectativas fijadas en los objetivos específicos del estudio y siendo ésta una investigación de carácter cuantitativo, la unidad de análisis final de análisis la constituye por empresas grandes, medianas pequeñas y microempresas de uso exclusivo de los servicios públicos ubicados en el perímetro urbano y rural del municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

12.4 Tamaño de la muestra

Para lo anteriormente definido la ecuación para el tamaño de muestra es:

$$n = \frac{\left(Z_{\alpha/2}\right)^2 * p * q}{\varepsilon^2}$$

n: Tamaño óptimo de la muestra

p: Probabilidad de éxito de que la PPC esté por debajo de la PPC promedio de Medellín.

q: Probabilidad de fracaso de que la PPC esté por debajo de la PPC promedio de Medellín.

ε : Error Muestral

Nivel de confianza y margen de error con el que se presentan los resultados.

Con lo definido en el punto anterior se definirá un nivel de confianza del 95% y un (ε) error máximo de muestreo no superior al 3,6% en la estimación del Coeficiente de Producción Per Cápita (PPC) para un suscriptor del sector no residencial , elegido aleatoriamente del perímetro urbano de Medellín y sus corregimientos.

$$Z_{\alpha/2}: 1{,}96\ (valor\ definido\ en\ la\ tabla\ de\ la\ distribución\ normal)$$

$$p: 0.44\ q: 0.56\ \varepsilon: 3{,}6\%$$

Con esto definido el tamaño de la muestra mínimo para la zona urbana será:

$$n = \frac{1{,}96^2 * 0{,}44 * 0{,}56}{0{,}036^2} = 730$$

$$n = 730$$

Se concluye que se necesitan 730 muestras para garantizar la caracterización de residuos sólidos generados por los suscriptores del sector no residencial.

12.5 Procedimiento para el cálculo de la densidad

Una vez llegan las muestras de residuos sólidos, se procede al pesaje de las bolsas que los contienen, se aplica el método del cuarteo y finalmente se toman las muestras que serán enviadas al laboratorio, con un peso aproximado de dos kilogramos cada una y bajo unas condiciones de transporte y marcación (procedencia y fecha), que garanticen el análisis de los parámetros físico químicos requeridos.

A continuación, se presenta el procedimiento para el cálculo de la densidad de las muestras tomadas mediante el presente estudio de caracterización de residuos sólidos:

- Se determina el volumen de los recipientes que serán usados para calcular el volumen ocupado por los residuos de la muestra seleccionada.
- Se abren las bolsas en donde vienen contenidas las muestras, luego se procede a llenar los recipientes de aforo de los residuos, los cuales se agitan para que los residuos se acomoden sin necesidad de realizar presión sobre ellos.
- Se registra el volumen ocupado efectivamente por la muestra de residuos y se procede a su pesaje, descontando el peso del recipiente que contiene la muestra.

El valor de la densidad estima la relación entre el peso y el volumen que ocupan los residuos en un determinado contenedor (CEPAL, 2016).

$$Densidad = \frac{\text{Peso de la muestra (Kg)}}{\text{Volumen de la muestra en el recipiente (m3)}}$$

12.6 Estimación de la composición física porcentual

Como describe el numeral F1.4.2.5 del título F del RAS, debe determinarse el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos o componentes a clasificar. El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes debe ser como mínimo el 95% del peso total de la muestra. En caso contrario, debe repetirse la determinación. A continuación, se presenta el procedimiento para la estimación de la composición física porcentual:

Después de haber estimado la densidad de la muestra, se vacían y dispersan las muestras en el plástico puesto en el suelo (para asegurar que las muestras no se alteren con polvo del piso), para su posterior mezcla con ayuda de palas y su separación.

Los residuos no aprovechables se homogenizan con el fin de garantizar una concentración igual de los componentes en todos los puntos de la muestra.

Se debe aclarar que los componentes reciclables que estaban previamente separados por los usuarios dentro de la bolsa que se recolectó, no se mezclan con los residuos no aprovechables, para identificar el porcentaje de residuos separados en la fuente en cada vivienda.

Se procede a realizar la separación por tipología de residuo, teniendo en cuenta como mínimo los componentes que propone el Título F del RAS, en su numeral F1.4.2 denominado "Composición de los Residuos", se colocan en bolsas cada uno de los componentes o tipos de residuos, se pesan en la balanza y su registra su peso.

Para lo cual se elaboró la siguiente planilla de consolidación de los valores en peso encontrados para cada una de las tipologías de residuos a evaluar, a partir de la cual se determinará la composición porcentual como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 42. Planilla de consolidación de los valores en peso encontrados para cada una de las tipologías de residuos a evaluar

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS SECTORES RESIDENCIAL Y NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN Y EN EL ÁREA URBANA Y RURAL DE LOS CINCO CORREGIMIENTOS.	
DIAS DE ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS:	
FECHA CARACTERIZACIÓN:	
NOMBRE GENERADOR:	
VOLUMEN MUESTRA (m3):	
PESO MUESTRA (kg):	
PESO TOTAL (kg):	
VOLUMEN TOTAL DE LOS RESIDUOS (m3):	
COMPONENTE	**PESO (Kg/d)**
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	
PAPEL	
Archivo	
Kraft	
Periódico	
Revista	
CARTÓN	
Corrugado	
Plegadizo	
Tubos de cartón	
CANASTAS DE HUEVOS	
Canastas de huevos	
PLÁSTICO	
PET (1) Transparente	
PET (1) Verde	
PET (1) Ambar	
PET (1) Aceite	
PEAD (2) Flexible	
PEAD (2) Rígido	
PVC (3)	
PEBD (4) Flexible	
PEBD (4) Rígido	
PP (5) Flexible	
PP (5) Rígido	
PS (6)	
PS (6) Expandido (Icopor)	

Otros (7)	
Plásticos aluminizados	
ABS	
Policarbonato	
VIDRIO	
Blanco	
Verde	
Café - Ámbar	
Plano	
METALES	
Chatarra	
Aluminio	
Hierro gris	
Latón	
Cobre (Amarillo)	
Cobre (Rojo)	
Karla	
CUERO	
Cuero	
CAUCHO	
Caucho	
TETRAPACK	
Tetrapack	
TEXTILES	
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	
MATERIA ORGÁNICA	
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	
Follaje y residuos de zonas verdes	
MADERA	
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerados, enchapes, entre otras)	
RESIDUOS NO APROVECHABLES	
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.	
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax.	
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	

Calzado	
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	
OTROS RESIDUOS	
RESIDUOS ESPECIALES	
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	
Muebles y enseres	
PELIGROSOS	
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	
Filtros contaminados con aceites lubricantes	
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos.	
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Dec. 4741)	
Fibra de vidrio	
RESIDUOS POSCONSUMO	
Llantas usadas	
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	
Fármacos o medicamentos vencidos	
Pilas y/o acumuladores	
Baterías usadas plomo ácido	
Bombillas	
Plaguicidas y envases	
OBSERVACIONES:	

Fuente: elaboración propia

Tabla 43. Formato para determinación de densidad libre de residuos sólidos

CONSORCIO CIDOR GEOSIGMA	"CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS SECTORES RESIDENCIAL Y NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN Y EN EL ÁREA URBANA Y RURAL DE LOS CINCO CORREGIMIENTOS" CONTRATO 4600098235 de 2023	Alcaldía de Medellín Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación

FORMATO DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SECTOR RESIDENCIAL					
FECHA	ESTRATO	PESO (Kg)	ALTURA (m)	OBSERVACIÓN	RESPONSABLE

Ya teniendo todos los componentes pesados se dividen por la sumatoria del peso real de las muestras y se multiplica por 100 para determinar el porcentaje de cada residuo por tipología.

$$Porcentaje\ en\ peso\ de\ cada\ componente\ de\ la\ muestra\ (\%) = \frac{\mathrm{W\iota\ (Kg)}}{\mathrm{Peso\ total\ (Kg)}} * 100$$

Donde

Wι = peso de cada componente de los residuos sólidos

Peso total (Kg) = sumatoria del peso total de las muestras

12.7 Procedimiento para realizar el método del cuarteo

Este método se usó para la toma de muestras a enviar a laboratorio, aplicando el mismo procedimiento para los sectores residencial y no residencial.

Inicialmente se esparcieron las muestras sobre un plástico acondicionado en el suelo, con la finalidad de evitar la contaminación de las muestras con las impurezas presentes en el suelo.

Se mezclan las muestras sobre el plástico y se realiza la homogenización de los residuos de modo que queden bien mezclados, luego de lo cual se realiza el método del cuarteo, para lo cual se procede a dividir las muestras previamente mezcladas en cuatro partes iguales, como se observa en la Ilustración 3 , tomando los dos cuartos de la muestra que se encuentren opuestos o en diagonal y los residuos sobrantes se gestionan para su descarte.

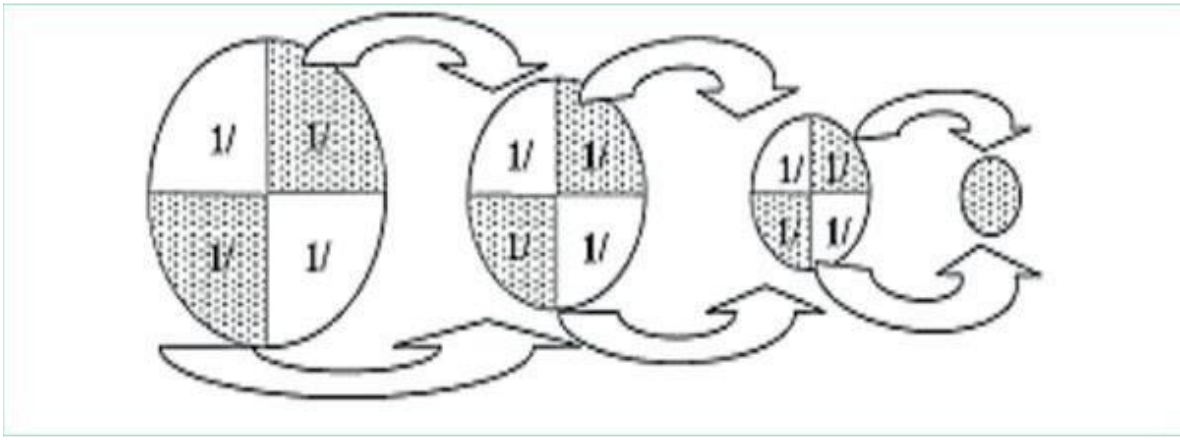
A estas dos muestras extraídas, se les realiza una nueva mezcla para su homogenización y posterior división en cuatro partes iguales. Nuevamente se toman los dos cuartos opuestos, mientras que los otros dos cuartos restantes son recogidos para su descarte.

En resumen, durante todos los ejercicios de cuarteo, se toman los dos cuartos opuestos o en diagonal, para la composición de la muestra definitiva, mientras que los cuartos sobrantes son depositados en bolsas o recipientes para su descarte.

La muestra definitiva debe pesar aproximadamente 2 kilogramos y debe ser representativa de los residuos que se pretenden analizar. Dicha muestra se empaca en una bolsa marcada, indicando el nombre del proyecto, la fecha y la identificación del suscriptor residencial o no residencial generador, luego de lo cual se colocan las muestras dentro en una nevera de poliestireno expandido, para preservar sus propiedades físicas y químicas, y permitir así su transporte hasta el laboratorio donde se realizarán los análisis.

Los residuos que se generan como descarte, son presentados al servicio público de aseo para su disposición final respectiva.

Ilustración 3. Método del cuarteo



Fuente: Contrato No. 4600077223 de 2018

En la

Ilustración 4 se registran las actividades realizadas en el sitio designado para la caracterización, desde el descargue de las muestras hasta el pesaje de las bolsas para el cálculo de la Producción Per Cápita y el cuarteo para sacar la muestra objeto de análisis en el laboratorio.

Ilustración 4. Diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos



Fuente: Contrato No. 4600077223 de 2018

12.8 Determinación de parámetros físico químicos y microbiológicos

Los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotoxicos permiten conocer propiedades de los residuos orgánicos para su uso potencial como productos agrícolas o como potenciales combustibles derivados de residuos por su poder calorífico.

De acuerdo con lo anterior, se analizan y comparan con respecto a dos normas, la norma NTC 5167 y los parámetros designados en la RAS.

La NTC 5167 no permitirá el uso de residuos sólidos orgánicos si no están separados en la fuente, con la finalidad de minimizar los riesgos de contaminación por metales pesados y microorganismos patógenos. Por lo anterior, para el aprovechamiento de la fracción orgánica, se recomienda su separación en la fuente y la implementación de procesos de estabilización de la materia orgánica. A continuación se presentan los análisis físicos y químicos que deben ser realizados a las muestras de residuos sólidos objeto de estudio por parte del presente proyecto:

Análisis Fisicoquímicos: Nitrógeno Orgánico, Porcentajes de Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn) y Sodio (Na), Porcentaje de humedad, Carbono Orgánico, Relación Carbono Nitrógeno (C/N), pH, Conductividad, Cenizas, densidad, Capacidad de retención de agua (CRA), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Tamaño de partícula y Poder Calorífico Superior.

Análisis Microbiológicos: Recuento de mesoaerobios, termófilos, mohos, levaduras, enterobacterias, salmonella, protozoos y nemátodos (presencia - ausencia).

Análisis fitotóxicos: Pruebas de germinación y actividad respirométrica.

Metales pesados: Cr, Cd, Pb, Ni, Hg y As.

De acuerdo con el Título F del RAS, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para tener en cuenta son aquellos que permiten tener un conocimiento más completo de las características de los residuos, con el fin de reconocer los procesos de tratamiento y aprovechamiento adecuados para los residuos según su naturaleza. Por ejemplo, los residuos orgánicos separados en la fuente pueden ser gestionados mediante compostaje o digestión anaerobia, mientras que los residuos

aprovechables reciclables pueden reincorporarse a los ciclos productivos empresariales.

A continuación, se presenta una breve explicación de los parámetros más importantes y su significado, lo que servirá de insumo para proponer los posibles aprovechamientos principalmente de los residuos orgánicos, teniendo como base comparativa la NTC 5167.

Contenido de Carbono Orgánico: El contenido de carbono orgánico oxidable es considerado un parámetro importante ya que define el aporte potencial de materia orgánica degradable que presenta una fuente natural orgánica. El principio del método es la oxidación a CO_2. De ahí su importancia para evaluar las emisiones de CO_2 de estas fuentes.

Contenido de Nitrógeno: Dado que el nitrógeno es un macronutriente para los seres vivos, es trascendental definir las cantidades presentes. El procedimiento utilizado para la determinación de nitrógeno orgánico total es el Método de Kjeldhal.

Contenido de Fósforo: El Fósforo interviene en funciones vitales de los seres vivos y las plantas lo utilizan para crecer y desarrollar su potencial genético. Las fracciones de Fósforo en las muestras se cuantifican por espectrofotometría. Es el elemento menos móvil y participa en la transmisión de información genética. En los suelos con pH bajos, el fósforo es fijado rápidamente y asimilado por las plantas en forma iónica.

Contenido de Humedad (%): Esta variable se utiliza para el control de calidad del producto debido a que cuando hay contenidos apreciables de humedad se reactiva la colonización microbial, cuya actividad provoca cambios considerables en el contenido de micro y macronutrientes en las muestras. El principio del método es la gravimetría. La humedad en las muestras de residuos que pasarán por un proceso bioxidativo para degradar la materia orgánica, permite el transporte de enzimas bacterianas para la formación de los abonos.

Cuando los porcentajes de humedad son pequeños, el proceso fermentativo es lento, y cuando es alto se asocia a la putrefacción o procesos de degradación.

La NTC 5167 presenta el porcentaje de humedad requerido dependiendo del tipo de material de origen a utilizarse para realizar abonos orgánicos; para residuos de origen animal, el máximo es 20% y para residuos vegetales el máximo es 35%.

Contenido de cenizas: Determina la cantidad de material no volátil presente en las muestras. Está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica. El principio del método es la gravimetría.

Capacidad de retención de agua (CRA): Permite regular el balance hídrico y favorece la retención de nutrientes.

Conductividad eléctrica: Indica el nivel de iones en el compost. De acuerdo con este parámetro puede utilizarse para corrección de suelos de explotación intensiva.

Tamaño de partícula: El tamaño de una partícula de materia orgánica define la disponibilidad de degradación microbiana de cualquier materia orgánica. El principio del método es filtración y gravimetría.

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C): Es el conjunto de procesos reversibles por medio de los cuales las partículas sólidas retienen y liberan iones de la fase acuosa y simultáneamente intercambian cationes hasta equilibrar las dos fases. Esto se atribuye a la materia orgánica que funciona como intercambiador.

Para una buena fertilidad del suelo debe haber una alta CIC que pueda retener cationes procedentes de la mineralización, meteorización o fertilización, y así evitar su perdida por lixiviación. En un suelo productivo, por lo general el orden de iones intercambiables según la abundancia es el siguiente: $Ca2+ > Mg2+ > K+ \sim NH4+ \sim Na+$.

Relación Carbono Nitrógeno (C/N): Este factor se relaciona con los nutrientes y es elemento limitante en el crecimiento y reproducción de los microorganismos. El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1

La descomposición de materiales con alto contenido de carbono, superior a 35:1, ocurre más lentamente, porque la multiplicación y desarrollo de bacterias es bajo, por la falta de nitrógeno, pero el período de producción de biogás es más prolongado. En cambio, con una relación C/N menor de 8:1 se inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de un excesivo contenido de amonio, el cual en grandes cantidades es tóxico e inhibe el proceso.

En términos generales, se considera que una relación C/N óptima que debe tener el material "fresco o crudo" que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, es de 30 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir, C/N = 30/1. Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptima (PNUD, FAO, & Gobierno Chile, 2011).

Metales pesados: Son elementos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a 5,0 g/cm3, por ejemplo, plomo (Pb), plata (Ag), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y zinc (Zn).

Análisis Microbiológicos: permite definir si el producto final es ambientalmente aceptable, agronómicamente seguro e inocuo. La población de patógenos debe desaparecer por la acción de la temperatura controlada. En general, se realiza un recuento total de meso aerobios, termófilos, mohos, levaduras, entero bacterias y salmonella, para cuantificar el grado de contaminación de una muestra con respecto a otra desde el punto de vista fitosanitario.

Pruebas fitosanitarias en campo (% de germinación): Consiste en sembrar en un semillero, algunas especies de crecimiento rápido como rábano, fríjol o gramíneas para evaluar el porcentaje de germinación y la coloración. Si la germinación es inferior a 50% no se recomienda utilizar en aplicaciones al suelo, es necesario reprocesar para poder utilizarlo en actividades agrícolas u otras que impliquen su aplicación al suelo. Igualmente, si en el desarrollo de las pruebas se observa marchitez, amarillamiento o pudrición en alguna de las partes de los individuos vegetales de la prueba, es un indicador de que el proceso no alcanzó la temperatura adecuada para controlar patógenos. Así mismo, si se presenta crecimiento de malezas en el producto obtenido a partir de semillas fértiles que persistieron al proceso de compostaje, indica que el proceso no alcanzó la temperatura adecuada.

Actividad Respirométrica: Proporciona una medición directa del oxígeno consumido por los microorganismos del aire o un ambiente enriquecido con oxígeno en un recipiente cerrado bajo condiciones de temperatura y agitación constantes.

12.9 Valores de referencia para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras

De acuerdo con Título F del RAS, las características fisicoquímicas, microbiológicas y contenidos de metales pesados se deben comparar con normas como la NORMA TECNICA COLOMBIANA 5167 del 2011, normas ICONTEC o aquellas que las complemente o modifiquen. De acuerdo con esto, los resultados de laboratorio deben ser comparados con la NTC5167 para abonos y enmiendas orgánicas.

En la Tabla 44 se presentan las convenciones usadas para referirse a la técnica empleada, parámetro analizado y unidad de medida utilizada para la realización de los ensayos de laboratorio de caracterización fisicoquímica de las muestras objeto de estudio.

Tabla 44. Convenciones usadas en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetros	CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, C/N: carbono/nitrógeno, u.f.c / g: Unidades formadoras de colonia /gramo
Unidades	g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimens, cm: centímetros, cm3: centímetro cúbico, ppm: partes por millón, P/V: Peso/Volumen y V/V: Volumen/Volumen.
Técnicas	A.A. Absorción Atómica, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte Nº42, Versión 2.0, 1992.
Otras	Mta: muestra, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Oficial Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization.
Bs	Los cálculos se realizan en base seca.

Fuente: elaboración propia

Es importante recordar que la NTC5167 de 2011 no recomienda el tratamiento de residuos orgánicos que carezcan de separación en la fuente, para prevenir que los productos obtenidos mediante compostaje, digestión anaerobia, o cualquier otro método, resulten contaminados con patógenos o metales pesados, lo que impide su utilización como producto agrícola.

Tabla 45. Límites máximos permisibles para metales pesados según normatividad colombiana

Parámetro	**Máximo permisible para sólidos urbanos separados en la fuente (mg/kg Base Seca) Tabla F5.6 Categoría A. Título F del RAS 2000**	**Valor máximo Permisible en abonos o fertilizantes orgánicos sólidos (ppm) NTC 5167**
Arsénico (As)	15	41
Cadmio (Cd)	0,70	39
Cromo (Cr)	70	1.200
Mercurio (Hg)	0,4	17
Níquel (Ni)	25	420
Plomo (Pb)	140	300
Zinc (Zn)	2.000	-

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

Tabla 46. Parámetros fisicoquímicos para productos agrícolas obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos separados en la fuente

Parámetro	**Tabla F5.6 Categoría A. Título F del RAS 2000 Categoría A**	**NTC 5167**
Cenizas (%)	< 60%	Máximo 60%
Capacidad de Intercambio Catiónico CIC (meq/100g)	> 30,0	Mínimo 30 (meq/100g)
Carbono orgánico oxidable (%)	>15%	Mínimo 15%
Densidad (g/cm3) en base seca	< 0,6	Mínimo 0,6
P2O5 total (%)	Reportar si es mayor al 1%	Reportar si es mayor al 1%
K2O total (%)	Reportar si es mayor al 1%	Reportar si es mayor al 1%
Humedad (%)	45-50%	Para materiales de origen vegetal máximo 30%. Para mezclas el contenido deberá ponderarse en proporción a la mezcla
N Total (%)	Reportar si es mayor al 1%	Reportar si es mayor al 1%
pH	Entre 5 y 7	Mayor de 4 y menor de 9
Relación C/N	20:1 – 25:1	Reportar
CRA	>100,0	Mínimo su propio peso

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

Tabla 47. Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos según normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos

Parámetros microbiológicos	**Tabla F5.6 Categoría A. Título F del RAS 2000 Categoría A y NTC 5167**
Salmonella sp.	Ausente en 25 gramos de muestra de producto final (en base seca)
Entero bacterias totales (Coliformes totales)	< 1,00 E (+3) NMP/g de producto final (En base seca)
Huevos de helmintos	< 1 Huevo de helminto viable/4 g de muestra de producto final (en base seca)

Fitopatógenos	Ausentes

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

Según la NTC 5167, los productos orgánicos sólidos empleados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores del suelo, deben cumplir con los requisitos establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 48. Porcentajes para macro contaminantes en muestras según NTC 5167

Macro contaminantes	**Límite (% en masa seca)**
Plástico, metal, caucho > 2mm	< 0,2
Vidrio > 2mm	< 0,02
Piedras > 5mm	< 2
Vidrio > 16 mm detección (si/no)	no

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

13 Bibliografía

Alcaldía de Medellín. (2023). *Proyecciones de población 2018 - 2030.* Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

CEPAL. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios.* Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.

Departamento Nacional de Planeación; Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Bogotá.

Emvarias SA ESP. (19 de 07 de 2023). *Horarios y frecuencias de recolección de residuos no aprovechables*. Obtenido de https://emvarias.maps.arcgis.com/apps/Styler/index.html?appid=773d0aa132ca430ea02af1f6285345a1

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077.* Bogotá.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2018). *RAS Título F - Sistemas de Aseo Urbano.* Bogotá D.C.

PNUD, FAO, & Gobierno Chile. (2011). *Manual de biogás.* Santiago de Chile.

Universidad de Medellín. (2011). *Estudio de producción y caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial y por estrato socioeconómico de la ciudad de medellín y sus cinco corregimientos.* Medellín.