



ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR LA GESTIÓN INTEGRAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS DEPARTAMENTOS DE CALDAS,
QUINDÍO Y RISARALDA, EN EL CONTEXTO DE SALUD AMBIENTAL

PAOLA CECILIA GIRALDO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
MANIZALES

2020

ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR LA GESTIÓN INTEGRAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS DEPARTAMENTOS DE CALDAS,
QUINDÍO Y RISARALDA, EN EL CONTEXTO DE SALUD AMBIENTAL

Autor

PAOLA CECILIA GIRALDO RAMÍREZ

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA

Tutores

PhD OLGA LUCÍA OCAMPO LÓPEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: *LÍNEA DE INVESTIGACIÓN*
DISEÑO MECÁNICO Y DESARROLLO INDUSTRIAL: *INGENIERÍA Y SOCIEDAD*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MANIZALES

2020

RESUMEN

Este trabajo estableció estrategias de intervención para mejorar la gestión integral de residuos sólidos urbanos en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. Esta intervención es necesaria no sólo para promover la Gestión Ambiental sino también para la Salud Ambiental. Para su realización se plantearon objetivos que incluyeron la caracterización de la gestión de residuos sólidos urbanos en los departamentos objeto de análisis; la identificación de tecnologías para el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos por vigilancia tecnológica; la estimación y análisis de la generación de residuos sólidos urbanos en un caso de estudio y la determinación de las oportunidades de mejora para la gestión integral de los residuos sólidos. La caracterización fue desarrollada mediante el análisis de información secundaria con diversas fuentes del nivel municipal, regional, y nacional. Los estudios de vigilancia tecnológica incluyeron la revisión de artículos científicos y literatura especializada internacional y el análisis de las mejores tecnologías disponibles de la Unión Europea (BAT). Para el análisis de caso se realizó la caracterización física de los residuos con una muestra de 398 suscriptores en el municipio de Manizales, de acuerdo con la información recolectada por la Universidad Católica de Manizales para el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad de Manizales. Las estrategias se enfocan en productores, proveedores, consumidores, actores de los sistemas productivos, institucionales y gubernamentales e incentivan al desarrollo de nuevos modelos de negocio donde se incorpore la gestión de los residuos y la Economía Circular.

Palabras clave: *Residuo sólido; Plan de gestión integral de residuos; Gestión integral de residuos sólidos; Disposición final; Aprovechamiento; Economía circular; Economía lineal; Salud ambiental*

ABSTRACT

This research established intervention strategies to improve the integrated management of urban solid waste in the departments of Caldas, Quindío and Risaralda. This intervention is necessary not only to promote Environmental Management, also, for Environmental Health. For its creation, objectives were raised including the characterization of urban solid waste management in the departments under analysis; the identification of technologies for the use of urban solid waste by technological surveillance; the estimate of the generation of urban solid waste in a study case and the determination of improvement opportunities for the integral management of solid waste. The characterization was developed by analyzing secondary information through several sources at the municipal, regional, and national level. Technological surveillance studies included the review of scientific articles and international specialized literature, besides, the analysis of the best available technologies of the European Union (BAT). For the case of analysis, this physical characterization of the waste was carried out with a sample of 400 users in the municipality of Manizales, according to the information collected by the Universidad Católica de Manizales for the Integrated Solid Waste Management Plan of the City of Manizales. The strategies are focused on producers, suppliers, consumers, several actors of the productive, institutional and governmental systems and encourage the development of new business models where waste management and the Circular Economy can be incorporated.

Key words: *Solid waste; Comprehensive Waste Management Plan; Integral Management of Solid Waste; Final Disposition; Exploitation; Circular Economy; Linear Economy; Environmental Health*

CONTENIDO

Pág.

1 INTRODUCCIÓN.....	15
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.....	17
2.1 Descripción del área problemática.....	17
2.2 Formulación del problema.....	22
3 JUSTIFICACIÓN.....	23
4 OBJETIVOS	26
4.1 Objetivo general.....	26
4.2 Objetivos específicos.....	26
5 ANTECEDENTES	27
5.1 Antecedentes gestión integral de residuos sólidos.....	27
5.2 Antecedentes de tecnologías para la gestión integral de residuos sólidos	38
6 REFERENTE CONCEPTUAL.....	43
6.1 Contexto de Residuos Sólidos	43
6.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos	46
7 REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	57
8 REFERENTE CONTEXTUAL	66
8.1 Contexto Internacional de los Residuos Sólidos.....	66
8.2 Contexto Latinoamericano de los Residuos Sólidos.....	69
8.3 Contexto Colombiano de los Residuos Sólidos	71
8.4 Contexto Internacional, Latinoamericano y Colombiano de los Residuos Peligrosos	78
9 METODOLOGÍA.....	85
10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	91
10.1 Caracterización de la gestión de residuos sólidos en Caldas	91
10.1.1 Cobertura Del Servicio De Aseo En Caldas.....	91
10.1.2 Frecuencia De Recolección De Residuos Sólidos Domiciliarios En Caldas	92
10.1.3 Generación De Residuos No Peligrosos En Caldas	92
10.1.4 Generación De Residuos Peligrosos En Caldas	100
10.1.5 Producción Per Cápita De Residuos En Caldas	102
10.1.6 Caracterización Física De Los Residuos Ordinarios En Caldas	103
10.1.7 Aprovechamiento De Residuos Ordinarios En Caldas	103
10.2 Caracterización de la gestión de residuos sólidos en Risaralda.....	105
10.2.1 Cobertura Del Servicio De Aseo En Risaralda	105

10.2.2 Frecuencia De Recolección De Residuos En Risaralda	106
10.2.3 Generación De Residuos No Peligrosos En Risaralda	107
10.2.4 Generación De Residuos Peligrosos En Risaralda	110
10.2.5 Producción Per Cápita De Residuos En Risaralda	111
10.2.6 Caracterización Física De Los Residuos Ordinarios En Risaralda	112
10.2.7 Aprovechamiento De Residuos Ordinarios En Risaralda	113
10.3 Caracterización de la gestión de residuos sólidos en Quindío	113
10.3.1 Cobertura Del Servicio De Aseo En Quindío	113
10.3.2 Frecuencia De Recolección De Residuos En Quindío	114
10.3.3 Generación De Residuos No Peligrosos En Quindío	115
10.3.4 Generación De Residuos Peligrosos En Quindío	118
10.3.5 Producción Per Cápita De Residuos En Quindío	119
10.3.6 Caracterización Física De Los Residuos Ordinarios En Quindío	120
10.3.7 Aprovechamiento De Residuos Ordinarios En Quindío	120
10.4 Estudio de caso - Generación de residuos en Manizales	121
10.4.1 Generación Total De Residuos Sólidos Domiciliarios	125
10.4.2 Generación De Residuos Sólidos Sanitarios	129
10.4.3 Generación De Residuos Sólidos Orgánicos	132
10.4.4 Generación De Residuos Sólidos Inorgánicos	135
10.4.5 Papel Y Cartón	138
10.4.6 Plásticos	143
10.4.7 Tetra Pack	147
10.4.8 Madera	149
10.4.9 Vidrio	149
10.4.10 Chatarra	150
10.4.11 Textiles	151
10.4.12 Barrido	151
10.4.13 Peligrosos	152
10.5 Identificación de tecnologías	153
10.5.1 MTD En La Combustión De Biomasa	154
10.5.2 MTD En El Tratamiento De Residuos Sólidos Municipales	159
10.5.3 MTD En La Valorización O Eliminación De Residuos (Incineración De Residuos Sólidos Municipales)	190
10.6 Oportunidades de Mejora	194
10.6.1 Análisis DOFA	194
10.6.2 Estrategias De Intervención Para Mejorar La Gestión Integral De Residuos Sólidos En El Área De Estudio	202
10.6.3 Estrategia 1: Conformación De Un Sistema De Información Geográfica, Que Articule La Información Sobre La Gestión De Residuos En Los Municipios	203
10.6.4 Estrategia 2: Regionalización En Temas De Aprovechamiento	204
10.6.5 Estrategia 3: Educación Ambiental Para Gestión Integral De Residuos Sólidos	205
10.6.6 Estrategia 4: Políticas Regionales Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos	207
10.7 Discusión de resultados	208

11	CONCLUSIONES	217
12	RECOMENDACIONES	220
13	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	224

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Brechas en reciclaje y reutilización de materiales	32
Figura 2. Línea de tiempo en la gestión integral de residuos sólidos en Colombia	37
Figura 3. Clasificación de los residuos	44
Figura 4. Clasificación de los residuos peligrosos	45
Figura 5. Descripción de los Residuos o desechos con Riesgo Biológico o Infeccioso.....	46
Figura 6. Escala jerárquica de la gestión integral de residuos	47
Figura 7. Producción de residuos per cápita a nivel mundial	66
Figura 8. Cantidades relativas de desechos de diferentes fuentes	68
Figura 9. Variación en la composición de RSU de acuerdo al nivel de ingreso del país	68
Figura 10. Producción de residuos per cápita en América Latina y el Caribe	69
Figura 11. Variación en la composición de los RSU (promedio aritmético) en función del nivel de ingreso en LAC	70
Figura 12. Proyección de la generación de RSU en países de la región LAC	71
Figura 13. Perspectiva del servicio público de aseo – Cuarto periodo regulatorio	74
Figura 14. Participación por corrientes de residuos 2012 a 2016 y su relación con algunas Divisiones Manufactureras	76
Figura 15. Cantidad de residuos no peligrosos generada por periodo	77
Figura 16. Generación de residuos peligrosos en Colombia 2012 – 2017 (toneladas/año)..	80
Figura 17. RESPEL generados en Colombia por departamento	81
Figura 18. Municipios de mayor generación de residuos peligrosos 2017 (Toneladas)	82
Figura 19. Corrientes de residuos peligrosos más generadas en el 2017	83
Figura 20. Generación de Residuos Peligrosos	84
Figura 21. Esquema metodológico	85
Figura 22. Cobertura promedio del servicio público de aseo en Caldas de 2009 a 2016.....	91
Figura 23. Frecuencia de recolección de residuos ordinarios en Caldas en el 2009	92
Figura 24. Generación promedio de residuos no peligrosos	97
Figura 25. Generación de las principales corrientes de residuos en Caldas, RUA 2016.....	98
Figura 26. Residuos no peligrosos aprovechados, tratados o dispuestos	98

Figura 27. Generación de RESPEL por corriente de residuos en Caldas,	101
Figura 28. Producción per cápita de residuos en Caldas 2015	103
Figura 29. Gestión de residuos ordinarios en Caldas, reportados en RUA	105
Figura 30. Cobertura promedio del servicio público de aseo	106
Figura 31. Frecuencia de recolección de residuos ordinarios en Risaralda en el 2008	107
Figura 32. Generación de residuos no peligrosos en Risaralda	109
Figura 33. Generación de RESPEL por corriente de residuos en Risaralda,.....	110
Figura 34. Producción per cápita de residuos en Risaralda	112
Figura 35. Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Pereira, Risaralda	112
Figura 36. Cobertura promedio del servicio público de aseo en Quindío en el 2016	114
Figura 37. Frecuencia de recolección de residuos ordinarios en Quindío en el 2008	115
Figura 38. Generación de residuos domiciliarios peligrosos en Quindío	117
Figura 39. Generación de RESPEL en Quindío	119
Figura 40. Producción per cápita de residuos en Quindío	119
Figura 41. Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Armenia, Quindío.	120
Figura 42. Gráfica de composición física de los residuos domiciliarios	123
Figura 43. Generación total de residuos sólidos domiciliarios en Manizales por estrato ..	126
Figura 44. Generación total de residuos sólidos domiciliarios en Manizales por día	127
Figura 45. Generación de residuos sanitarios por estrato en Manizales.....	131
Figura 46. Generación de residuos sanitarios por estrato en Manizales.....	132
Figura 47. Generación de residuos orgánicos por estrato en Manizales	134
Figura 48. Porcentaje de residuos orgánicos por estrato en Manizales	134
Figura 49. Generación de residuos inorgánicos por estrato en Manizales	138
Figura 50. Porcentaje de generación de residuos inorgánicos por estrato en Manizales....	138
Figura 51. Generación de papel por estrato en Manizales.....	139
Figura 52. Porcentaje de generación de papel por estrato en Manizales	140
Figura 53. Generación de cartón por estrato en Manizales	141
Figura 54. Porcentaje de generación de cartón por estrato en Manizales.....	142
Figura 55. Porcentaje de generación de PET por estrato en Manizales	143
Figura 56. Porcentaje de generación de polietileno por estrato en Manizales	145

Figura 57. Generación de polipropileno y poliestireno por estrato en Manizales	146
Figura 58. Generación de Tetra pack por estrato en Manizales	148
Figura 59. Generación de madera por estrato en Manizales.....	149
Figura 60. Generación de vidrio por estrato en Manizales.....	150
Figura 61. Generación de chatarra por estrato en Manizales	150
Figura 62. Generación de textiles por estrato en Manizales.....	151
Figura 63. Generación de barrido por estrato en Manizales.....	152
Figura 64. Generación de residuos peligrosos por estrato en Manizales.....	153
Figura 65. Cobertura urbana del servicio público de aseo en las ciudades capitales	209
Figura 66. Cobertura rural del servicio público de aseo en las ciudades capitales de la zona de estudio, de 2009 a 2016	209
Figura 67. Participación de la disposición final por municipio.....	211
Figura 68. Residuos llevados disposición final en Manizales, Armenia y Pereira.....	212
Figura 69. Producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios en Manizales, Armenia y Pereira.....	213
Figura 70. Producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios en Manizales	214

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías disponibles para la gestión integral.....	40
Tabla 2. Corrientes de residuos no peligrosos en Colombia	48
Tabla 3. Descripción de las corrientes de residuos peligrosos en Colombia.....	49
Tabla 4. Equivalencias de los residuos peligrosos	54
Tabla 5. Valores Indicativos de la producción per cápita para municipios colombianos	63
Tabla 6. Generación de residuos peligrosos en algunos países del mundo 2015 – 2016 (Toneladas).....	79
Tabla 7. Matriz de variables para residuos	86
Tabla 8. Tipo de disposición final de residuos domiciliarios en Caldas	93
Tabla 9. Generación de residuos domiciliarios en Caldas.....	94
Tabla 10. Generación de Residuos no peligrosos en empresas	95
Tabla 11. Establecimientos que reportan residuos no peligrosos en Caldas	96
Tabla 12. Toneladas de residuos sólidos urbanos con.....	99
Tabla 13. Toneladas de residuos peligrosos generados en Caldas,	102
Tabla 14. Toneladas de residuos aprovechadas en los municipios de Caldas.....	104
Tabla 15. Tipo de disposición final de residuos domiciliarios en Risaralda	108
Tabla 16. Generación de residuos domiciliarios en Risaralda.....	108
Tabla 17. Toneladas de residuos sólidos urbanos con.....	109
Tabla 18. Toneladas de residuos peligrosos generados en Risaralda,	111
Tabla 19. Toneladas de residuos aprovechadas en los municipios de Risaralda.....	113
Tabla 20. Tipo de disposición final de residuos domiciliarios en Quindío	115
Tabla 21. Generación de residuos domiciliarios en Quindío en 2017.....	116
Tabla 22. Toneladas de residuos sólidos urbanos con.....	117
Tabla 23. Toneladas de residuos peligrosos generados en Quindío, reportados	118
Tabla 24. Muestras para la caracterización de los residuos sólidos	121
Tabla 25. Fracción de residuos sólidos en Manzales para los usuarios domiciliarios y comercial, de acuerdo a la caracterización física	122
Tabla 26. Producción per cápita para los usuarios domiciliarios en Manzales	124

Tabla 27. Potencial de Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en Manizales..	124
Tabla 28. Generación total de residuos sólidos domiciliarios	125
Tabla 29. Generación de residuos- análisis de varianza ANOVA	128
Tabla 30. Generación de residuos por día- Prueba no paramétrica	129
Tabla 31. Generación de residuos sanitarios estadísticas por estrato en Manizales	130
Tabla 32. Generación de residuos sanitarios- ANOVA con prueba post hoc de Duncan .	131
Tabla 33. Generación de residuos orgánicos estadísticas por estrato en Manizales.....	133
Tabla 34. Generación de residuos orgánicos- ANOVA con prueba post hoc de Duncan .	135
Tabla 35. Generación de residuos inorgánicos estadísticas por estrato en Manizales	136
Tabla 36. Generación de residuos inorgánicos- ANOVA	137
Tabla 37. Generación de residuos de papel por estrato- Prueba.....	140
Tabla 38. Generación de residuos de cartón por estrato- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.....	143
Tabla 39. Generación de residuos de PET- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis	145
Tabla 40. Generación de residuos de polietileno- Prueba no paramétrica	146
Tabla 41. Generación de residuos de polipropileno y poliestireno- Prueba.....	147
Tabla 42. Generación de residuos de Tetra pack- Prueba de Kruskal Wallis	148
Tabla 43. Mejores Técnicas Disponibles para el manejo	154
Tabla 44. Mejores Técnicas Disponibles del comportamiento ambiental global	161
Tabla 45. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Mecánico de Residuos	164
Tabla 46. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento de Residuos Peligrosos	180
Tabla 47. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Biológico de Residuos	182
Tabla 48. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Aerobio de Residuos.....	183
Tabla 49. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Anaerobio de Residuos	185
Tabla 50. Mejores Técnicas Disponibles para.....	185
Tabla 51. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Físico – Químico de los residuos pastosos	186
Tabla 52. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Físico – Químico de los residuos con poder calorífico.....	187
Tabla 53. Emisiones canalizadas a la atmósfera.....	187

Tabla 54. Parámetros a monitorear en procesos de incineración de residuos 194

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviaturas

Abreviatura	Término
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
BAT	Best Available Techniques
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CARDER	Corporación Autónoma Regional de Risaralda
Corpocaldas	Corporación Autónoma Regional de Caldas
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CRQ	Corporación Autónoma Regional de Quindío
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MTD	Mejores Técnicas Disponibles
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OMS	Organización Mundial de la Salud
RESPEL	Registro de Generadores de Residuos Peligrosos
RUA	Registro Único Ambiental
RUA – MF	Registro Único Ambiental del Sector Manufacturero
SIAC	Sistema de Información Ambiental de Colombia
SIUR	Subsistema de Información sobre el Uso de los Recursos Naturales Renovables
SUI	Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios

1 INTRODUCCIÓN

Aunque la gestión de residuos sólidos en Colombia ha presentado importantes avances, al pasar de botaderos de cielo abierto a rellenos sanitarios, aún obedece a modelos lineales de producción y consumo, donde los bienes producidos a partir de materias primas son vendidos, utilizados y finalmente, desechados. La aplicación de modelos de economía circular promueve un nuevo marco para la gestión de residuos, considerando las prácticas y tecnologías para producción y el consumo sostenible que tengan en cuenta la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, tal como lo propone la Estrategia Nacional de Economía Circular Colombiana.

Los residuos generados en el país presentan un alto porcentaje de composición orgánica, que al ser depositados en rellenos sanitarios se convierten en una importante fuente de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y, por lo tanto, la gestión integral de residuos sólidos es una medida de mitigación al cambio climático

El manejo deficiente de los residuos sólidos urbanos impacta negativamente el ambiente no sólo al generar GEI, sino también por las afectaciones directas en agua, suelo, aire y el deterioro paisajístico. Por otra parte, es uno de los factores o determinantes que influyen en la salud pública, pues la inadecuada disposición genera proliferación de vectores y transmisión de enfermedades.

La Universidad Autónoma de Manizales con el apoyo de Colciencias viene adelantando el estudio “*Salud Ambiental en 5 Departamentos de la Región Central de Colombia: Carga de Enfermedad y Costos de la Atención en Salud*”, que busca caracterizar la gestión en salud ambiental y establecer estrategias de intervención. Este proyecto hace parte del estudio, en el componente de Gestión de Residuos sólidos y tiene por objeto establecer estrategias para mejorar la gestión integral de residuos sólidos urbanos en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, teniendo en cuenta el contexto de salud ambiental.

Para su realización se incluye la caracterización de la gestión por información secundaria, la identificación de tecnologías para el aprovechamiento de residuos sólidos

urbanos por vigilancia tecnológica, la estimación de la generación de residuos sólidos urbanos en un caso de estudio en la ciudad de Manizales y la determinación de las oportunidades de mejora para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

Los resultados de este estudio permitirán a las Corporaciones Autónomas Regionales, las Gobernaciones departamentales, las Alcaldías municipales y las entidades prestadoras de servicios públicos, priorizar las acciones clave para la intervención, considerando no sólo los determinantes ambientales sino también los de salud pública.

La aplicación de técnicas de análisis de datos de ingeniería y los estudios de vigilancia tecnológica permitirán un mejor análisis de la información para la toma de resultados por parte de las autoridades ambientales y territoriales.

El trabajo permitió analizar la estructura de la gestión integral de los residuos sólidos en cada uno de los municipios objeto del estudio. No obstante, es necesario resaltar que a través de este ejercicio se evidenció la problemática frente a la gestión de información, lo cual afecta los procesos de formulación de estrategias para la gestión integral de residuos sólidos.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA

Las diferentes actividades humanas han generado y acumulado gran cantidad de residuos dadas las condiciones de los modelos lineales de producción basados en “extraer, fabricar, consumir y desechar”. En una ciudad de ingresos medios o bajos, por ejemplo, los costos para la sociedad y la economía son quizás de 5 a 10 veces más de lo que costaría la gestión de residuos sólidos (UNEP & ISWA, 2015); es decir, es más económico gestionar los residuos ahora de una manera ambientalmente racional que limpiar en los próximos años los “pecados del pasado”. Para ello, es fundamental pasar del concepto de “eliminación de residuos” a “gestión de residuos”, como lo plantean las perspectivas mundiales sobre producción y consumo sostenible (UNEP & ISWA, 2015).

El estudio *Flujos de Materiales y Productividad de los Recursos a Escala Mundial* (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2016), muestra que la cantidad de materias primas extraídas de la Tierra pasó de 22.000 millones de toneladas en 1970 a 70.000 millones de toneladas en 2010; esta extracción provoca daños a los recursos suelo, agua y aire, aumentando la erosión del suelo y produciendo mayores cantidades de residuos, contaminación y afectación a la salud humana. El PNUMA revela que anualmente en el mundo se producen entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos provenientes de los hogares, el comercio, la industria y la construcción (Wilson & Velis, 2015).

En el 2016 se generaron 2 mil millones de toneladas de residuos sólidos municipales y se espera que aumenten a 3.4 mil millones de toneladas para el 2050 (Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, 2018). Para América Latina y el Caribe se calcula una generación total de residuos de 541.000 ton/día para el 2016 y se estiman aumentos por lo menos en un 25% (671.000 ton/día) para el 2050 (ONU, 2018).

Según el volumen de residuos generados, su composición y la forma en que se gestionan, estos generan gases de efecto invernadero, contribuyendo con el calentamiento

global y el cambio climático. Se estima que en 2016 se generaron 1.600 millones de toneladas de emisiones equivalentes de dióxido de carbono (CO₂), a partir del tratamiento y la eliminación de residuos sólidos, principalmente por vertederos a cielo abierto y disposición en rellenos sanitarios sin sistemas de captura de gas eficientes. Esta emisión representa alrededor del 5% de las emisiones mundiales; se prevé que las emisiones relacionadas con los desechos sólidos aumenten a 2.600 millones de toneladas de CO₂ equivalente, para el año 2050, si no se realizan mejoras en el sector (Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, 2018).

La perspectiva global de gestión de residuos (GWMO – por sus siglas en inglés) está considerada como uno de los compromisos internacionales para mantener el calentamiento global a menos de 2°C. Si bien la gestión de residuos, junto con la provisión de agua potable, vivienda, alimentos, energía, transporte y comunicaciones, es esencial para la sociedad y la economía en general, el perfil público y político de la gestión de residuos suele ser inferior al de otros servicios públicos (UNEP & ISWA, 2015).

A nivel mundial se estima una generación promedio de 0,74 kilogramos de desechos per cápita por día; no obstante, las variaciones en las tasas nacionales de generación de desechos fluctúan ampliamente entre 0,11 kg y 4,54 kg per cápita por día; esta variación está directamente relacionada con los niveles de ingresos y las tasas de urbanización. Para América Latina y el Caribe se estima que la generación per cápita promedio es de un (1) kg por habitante – día (ONU Medio Ambiente, 2018).

En Colombia, por su parte, las ciudades se han convertido en la fuente principal de crecimiento, pues reúnen no sólo la población sino también los sectores más productivos de la economía. Siete ciudades principales del país concentran el 45% de la población urbana y generan alrededor del 65% del PIB (Sánchez-, Kulsum, & Awe, 2006). En este sentido, el país ha planteado el CONPES 3819, documento de Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia (DNP, 2014). Este documento plantea que para el 2035, Colombia tendrá 64 ciudades con más de 100.000, en las que habitarán el 83% de la población y 5,1 millones de nuevos hogares, para los cuales será necesario garantizar servicios públicos con calidad y continuidad.

La generación de residuos sólidos urbanos y rurales se estima en 13,8 millones de toneladas anuales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD], 2015). La gestión de estos residuos provenientes del consumo se ha enfocado en la disposición final en rellenos sanitarios, sin considerar la posibilidad de una nueva utilización (Departamento Nacional de Planeación, 2016). De acuerdo con el informe (Domiciliarios, 2018), Colombia hizo una disposición final de residuos sólidos de 30.973 Ton/día, en promedio; en 308 sitios de disposición final, divididos en autorizados y no autorizados, frente a los sitios autorizados, se poseen 174 rellenos sanitarios, 15 celdas de contingencia y 3 plantas de tratamiento, mientras que para los sistemas no autorizados, Colombia presenta 101 botaderos a cielo abierto y 15 celdas transitorias. Aunque la mayoría de los sitios del país son disposiciones finales autorizadas, esto no constituye una operación adecuada per se, ya que se requiere del cumplimiento estricto de los parámetros ambientales para mitigar los impactos negativos que estos ocasionan a la salud y el ambiente local. Por otro lado, la vida útil de los sitios de disposición final es uno de los mayores convenientes que se posee en Colombia, ya que de los 192 sitios autorizados en el país, 22 (11,5%) cuentan con vida útil vencida (Domiciliarios, 2018), comprometiendo no solo la prestación del servicio de disposición final en sí, sino también las capacidades de los sitios de contingencia cercanos y la oferta ambiental y la salud ambiental local cuando se piensa en la solicitud de celdas transitorias; mientras que 33 (17,2%) tiene una vida de los 0 a los 3 años, 62 (32,3%) de 3 a 6 años y 66 (34,4%) más de 10 años, es importante mencionar 9 no reportan información al sistema de información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Domiciliarios, 2018).

No obstante, el CONPES 3874, Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (DNP, 2016), busca aportar en la transición del modelo lineal hacia un nuevo modelo de economía circular haciendo uso de la jerarquía en la gestión de los residuos es decir, que primero se prevenga la generación de residuos y se optimice el uso de los recursos, para que los productos permanezcan el mayor tiempo posible en el ciclo económico y se aproveche al máximo su materia prima y potencial energético.

De acuerdo con el (CONPES 3874, 2016), maximizar el aprovechamiento de los residuos sólidos logra reducir sustancialmente la cantidad que se dispone en rellenos sanitarios u otro tipo de sitio de disposición final; a su vez, previene graves problemas ambientales relacionados principalmente con la contaminación hídrica (lixiviados en aguas superficiales y subterráneas) y la contaminación atmosférica (generación de gases de efecto invernadero).

Otro aspecto que se interviene desde la gestión de residuos sólidos está relacionado con la salud ambiental. Una inadecuada gestión de los residuos, especialmente cuando son dispuestos en botaderos a cielo abierto, puede redundar en serios impactos en la salud de la población, en especial debido a enfermedades entéricas, como tífus, cólera, hepatitis, cisticercosis, triquinosis, leptospirosis, toxoplasmosis, sarnas, micosis, rabia, salmonelosis y otras, dependiendo de las condiciones locales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2010). La población más vulnerable son los “recicladores” que viven y/o trabajan cerca de estos sitios (Sánchez- et al., 2006); sin embargo, la población aledaña a los sitios de disposición final de residuos sólidos también se ve afectada por los olores ofensivos, la presencia de vectores como moscas y roedores y las enfermedades que éstos puedan transmitir (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

El marco normativo para la gestión de residuos ha sido reglamentado desde la prestación del servicio de aseo. Desde la ley 142 de 1994 se estableció el marco nacional en servicios públicos y a partir de la normatividad en la prestación del servicio de aseo se ha venido evolucionando para mejorar las condiciones en la gestión de residuos, pasando por el decreto 1713 de 2002, con base en la cual se desarrollaron los primeros Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS); posteriormente, el Ministerio de Vivienda actualizó la reglamentación para la prestación del servicio público de aseo con el decreto 2981 de 2013 y seguidamente, expidieron la metodología dispuesta en la Resolución 754 de 2015, para la formulación, actualización y seguimiento a dichos Planes. Sin embargo, el país tiene grandes retos en esta materia como lo indica la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), quien recomienda analizar de manera exhaustiva los residuos producidos en el territorio nacional, tanto a nivel regional como municipal,

incluyendo el uso y la disposición final que se les da, con el objetivo de determinar el impacto de la gestión de residuos en la salud humana y el ambiente y establecer correctivos para llevar el país a un mayor desarrollo en esta materia. De acuerdo con (Universidad Nacional de Colombia, 2016), las afectaciones más significativas asociadas a la disposición final de los residuos son los tratamientos médicos de personas expuestas a residuos, el deterioro de las fuentes hídricas, los costos de oportunidad asociados con el uso de suelos productivos para la construcción de rellenos sanitarios y el deterioro de la calidad del aire por emisiones de gases y olores ofensivos.

A la fecha no existe información sobre la relación de la prestación del servicio de aseo o la generación de residuos con la afectación de la salud pública en los municipios que pertenecen al Eje Cafetero.

Aunque la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), es la encargada de emitir la metodología para el cálculo tarifario del servicio de aseo, incluyendo el cobro por el componente de disposición final, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios, entre otros; la metodología tarifaria de la Resolución CRA 720 de 2015, para poblaciones con más de 5.000 suscriptores, no es conocida por todos los municipios y por ende no generan y entregan incentivos vía tarifa para proyectos de aprovechamiento local y regional.

Con respecto a los residuos peligrosos, la panorámica está dada por Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia de 2017 (IDEAM, 2017), el cual está basado en los compromisos que adquirió el país con el Convenio de Basilea; sin embargo, durante la décima reunión de la Conferencia de las partes llevada a cabo en Cartagena de Indias - Colombia en octubre de 2011, se estableció que el objetivo del tratado internacional debía focalizarse más en la minimización que en el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. Este acuerdo global sobre el control transfronterizo y la eliminación de los desechos peligrosos fue ratificado por 175 países con la obligación de reporte, pero sólo 50 de ellos reportaron su generación de residuos peligrosos del año 2016 (IDEAM, 2017). De acuerdo con el Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia de 2017 (IDEAM, 2017), la generación anual fue de más de 489 mil

toneladas, de los cuales solo el 18% son objeto de aprovechamiento; datos que provienen del Registro de Generadores de Residuos Peligrosos (Registro RESPEL), que consolida también lo reportado por 2.488 establecimientos del Registro Único Ambiental (RUA) Manufacturero. De acuerdo con este reporte y a la generación por corriente, la generación de mezclas y emulsiones con hidrocarburos representan el 51% de los residuos, seguidos de los residuos de desechos clínicos con el 9% del total, los cuales el 50% (aproximadamente 23.266 toneladas) son tratados por terceros y el 7% es tratado por el mismo generador (3.051 toneladas).

En este sentido, se hace necesario avanzar hacia la economía circular donde los materiales y productos se mantengan el mayor tiempo posible en el ciclo productivo, reto primordial de la gestión integral de los residuos sólidos y el Crecimiento Verde (CONPES 3934, 2018) , situación que parece estar bien identificada a nivel nacional e internacional, pero no a nivel regional y local, donde aún no existe claridad sobre las características de la gestión integral de los residuos sólidos y no se cuentan con estrategias de intervención que permitan tomar decisiones asertivas para la gestión integral de los residuos sólidos, decisiones que consideren los determinantes ambientales y las afectaciones a salud ambiental en cada población.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles estrategias permiten mejorar la gestión integral de residuos sólidos urbanos en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda en el contexto de salud ambiental?

3 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo el CONPES 3874 (DNP, 2016) es importante avanzar en la gestión integral de residuos para mejorar la gestión ambiental y prevenir la contaminación del suelo, la contaminación hídrica y la contaminación atmosférica. Es por ello que se vienen adelantando procesos para la actualización de los PGIRS, de acuerdo con el Decreto 2981 del 2013 y la Resolución 754 del 2014. Aunque cada municipio tiene el PGIRS en un grado de implementación diferente, hay aspectos comunes que pueden fortalecer alternativas locales y regionales en la gestión integral de los residuos sólidos municipales, de tal manera que se fortalezca la región en este tema y, por ello, los resultados de este proyecto son aplicables en los PGIRS municipales de la región en estudio.

Caldas, Quindío y Risaralda no solo tienen en común la cultura cafetera, sino también la *Región Administrativa de Planificación (RAP)*, con la cual se pretende fortalecer la sostenibilidad ambiental, el ordenamiento territorial armónico y la competitividad, entre otros; procesos que fortalecen no solo a los planes municipales sino también los regionales.

En la gestión integral de residuos sólidos, la inclusión de tecnologías es clave y la inclusión del enfoque del ciclo de vida permitiría una reducción del 10 al 15% en las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, mediante el reciclaje y otros tipos de gestión mejorada de los desechos sólidos; la inclusión de la prevención de residuos podría aumentar potencialmente esta contribución del 15 al 20% (UNEP & ISWA, 2015). Los estudios de vigilancia tecnológica permiten un mejor análisis de las tecnologías disponibles que podrían ser incluidas en los PGIRS.

Por otra parte, el análisis de vigilancia tecnológica brinda elementos para avanzar en la implementación de modelos de Economía Circular que es una de las prioridades del Gobierno Nacional, pues se plantea como una estrategia pionera que busca la transformación de las cadenas de producción y consumo, a través del cierre de ciclos de materiales, agua y energía, en nuevos modelos de negocio y tiene como objetivo *“Maximizar el valor agregado de los sistemas de producción y consumo en términos*

económicos (rentabilidad), ambientales (cambio climático) y sociales (empleo), a partir de la circularidad en flujos de materiales, energía y agua” (Gobierno de Colombia, 2019). La Estrategia Nacional de Economía Circular (Gobierno de Colombia, 2019) se enmarca en el Plan de Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, Pacto Por la Equidad, particularmente, en el capítulo de sostenibilidad, donde se define el objetivo de fomentar la reducción e incrementar el reciclaje y la reutilización de los residuos y materiales.

Desde el enfoque de Salud Ambiental, el Plan Decenal de Salud Pública, 2012-2021 (Ministerio de Salud, 2013) considera la Gestión Integrada de los Residuos Sólidos como una gestión intersectorial, con participación comunitaria, que busca la minimización de la generación de residuos en las viviendas, empresas y espacios comunitarios, y la maximización del aprovechamiento de los residuos que puedan ser reincorporados a las cadenas productivas, el tratamiento adecuado de los residuos antes de su disposición final y una disposición técnica y segura de los no aprovechables, considerando los que representan riesgos para la salud pública y de los ecosistemas. Incluye además la gestión racional de los productos y los desechos químicos, como un elemento fundamental para la protección de la salud humana y el medio ambiente.

En este sentido, el CONPES 3550 (DNP, 2008), lineamientos para la formulación de la Política Integral de Salud Ambiental, en su Plan de Acción tiene como uno de sus objetivos “Fortalecer las acciones de la política de salud ambiental bajo el enfoque poblacional, de riesgo y de determinantes sociales”, en algunos de sus numerales propone la gestión de integral de residuos sólidos, además de protocolos específicos para el manejo adecuado de los residuos hospitalarios, radioquímicos, farmacéuticos y de ingeniería genética, como elemento clave de la gestión hospitalaria y como una prioridad en salud pública.

Este estudio es clave para el proyecto de Salud Ambiental en Departamentos de la Región Central de Colombia: Carga de Enfermedad y Costos de la Atención en Salud, Colombia 2010 - 2016, que desarrolla la Universidad Autónoma de Manizales por medio de la Convocatoria COLCIENCIAS 777-2017 Modalidad I, pues brinda no sólo la

caracterización del componente ambiental en la gestión de residuos sólidos, sino también las estrategias de intervención.

Por otra parte, para la maestría en Ingeniería, en su línea de gestión tecnológica, el abordaje de estas problemáticas territoriales es fundamental para brindar soluciones técnicas con criterios de ingeniería e intervenciones factibles a los territorios, de tal forma que se vean como factores competitivos y diferenciadores ante el país y las demás regiones de este. En este sentido el CONPES 3934 de 2018, Política de Crecimiento Verde, propone llevar al país en una transición hacia un modelo más sostenible, competitivo e inclusivo, lo cual se encuentra alineado con los compromisos internacionales relacionados con desarrollo sostenible como la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la implementación del Acuerdo de París sobre cambio climático y las recomendaciones e instrumentos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Este estudio busca impactar la gestión integral de los residuos sólidos, tanto de manera local como regional, potencializando las fortalezas que se encuentren desde la generación de los residuos urbanos hasta las diferentes las alternativas de tratamiento, aprovechamiento, valorización y disposición final de residuos sólidos. La innovación de la propuesta está en la mirada integral de la gestión de residuos sólidos, en donde se pretende fortalecer como aspecto competitivo, aprovechando las directrices nacionales al respecto, conjugadas con los compromisos ambientales internacionales.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer estrategias para mejorar la gestión integral de residuos sólidos urbanos en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, en el contexto de salud ambiental.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar la gestión de residuos sólidos urbanos en los municipios de Caldas, Quindío y Risaralda.
2. Identificar tecnologías para el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos por vigilancia tecnológica
3. Estimar la generación de residuos sólidos urbanos en un caso de estudio en la ciudad de Manizales.
4. Determinar las oportunidades de mejora para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

5 ANTECEDENTES

En los antecedentes se revisaron diferentes estudios en relación con la gestión integral de residuos sólidos y sus tecnologías.

5.1 ANTECEDENTES GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

La Revolución Industrial concentró a las personas en las ciudades, aumentando las cantidades de desechos e interfiriendo con los ciclos naturales de regreso al suelo. Un gran número de personas se ganaba la vida como "compradores callejeros" informales de materiales reciclables y reutilizables. Los materiales limpios producidos dentro de procesos industriales, condujeron a la cadena de valor industrial, que ha operado continuamente desde el siglo XIX (UNEP & ISWA, 2015).

Desde finales del siglo XIX hasta la década del 60 del siglo XX, la mayor preocupación se centró en cómo hacer desaparecer los residuos de la vista de los ciudadanos y aparecieron los servicios de aseo y limpieza urbana, a esa fecha las prácticas más comunes eran la disposición no controlada a cielo abierto y la quema de residuos. Esta situación llamó la atención de los grupos ambientalistas que se hicieron evidentes en los años setentas, quienes se preocuparon por que el crecimiento económico descontrolado estaba impactando los recursos ambientales receptores y por tanto comenzaron los controles legislativos de los países desarrollados, principalmente (ONU, 2018).

Los impactos ambientales locales, a través de la contaminación del aire, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y la contaminación terrestre y marina a menudo fueron graves, lo que condujo a numerosos escándalos causados, en particular, por los vertederos abandonados que habían recibido desechos peligrosos. El enfoque inicial normativo que se desarrolló a partir de que se pusieran en evidencia los diferentes impactos al medio ambiente fue la eliminación gradual de la disposición incontrolada, tanto en tierra como mediante la quema; las normas ambientales se ajustaron gradualmente para controlar la contaminación local por lixiviados de vertederos, gases de

vertederos, emisiones a la atmósfera de incineradores y los impactos ambientales de otras instalaciones de tratamiento y eliminación (UNEP & ISWA, 2015).

Posteriormente, se introdujeron a los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los desechos comerciales e industriales (C&I) y de construcción y demolición (C&D), centrándose en los controles específicos de los residuos peligrosos, debido a sus mayores riesgos (UNEP & ISWA, 2015).

Tanto el aumento de los costos de eliminación desde la década de 1980 como la mayor oposición pública a los nuevos sitios de disposición final, han llevado a los países desarrollados a 'redescubrir' el reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU,) impulsados no tanto por el valor de los productos inherentes a los materiales, sino más bien por los mercados de reciclaje. A estos dos impulsores de recursos se les ha unido recientemente una tercera preocupación creciente sobre el agotamiento de las materias primas vírgenes y la escasez de recursos naturales, lo que lleva a un enfoque en la prevención de desechos y la eficiencia de los recursos, lo cual se describe actualmente como el paso de la "gestión de residuos" a "gestión de recursos", con iniciativas políticas complementarias como Consumo y Producción Sostenibles (CPS), la "economía circular" y la "economía verde" (UNEP & ISWA, 2015). La conciencia ciudadana y los responsables de la toma de decisiones con respecto a la contaminación ambiental por la inadecuada gestión de los residuos sólidos urbanos, ha logrado que se adquiriera relevancia de este tema dentro de las agendas políticas locales (Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, 2017).

La gestión municipal de residuos sólidos (MSWM – por sus siglas en inglés), tal como se conoce hoy, tiene su origen en las epidemias de cólera que afectaron a los países recientemente industrializados de Europa y América del Norte desde la década de los años 1830, donde se estableció un vínculo causal con los desechos orgánicos en descomposición (UNEP & ISWA, 2015). Estas situaciones ha generado preocupación en la ciudadanía en general, con respecto a los impactos sobre la salud y el medio ambiente (Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, 2017). Es por ello que la gestión integral de residuos sólidos es un proceso multisectorial e interdisciplinario, que congrega la participación de diversos

actores entre los cuales se encuentran los gobiernos nacionales, regionales y locales; el sector privado; los trabajadores, incluidos los del sector informal; la comunidad y sus líderes, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y los grupos de investigación, entre otros (PNUMA OMS, 2013).

Un impulsor actual de la Gestión de Residuos (SWM – por sus siglas en inglés) son los impactos sobre el medio ambiente mundial, especialmente el cambio climático antropogénico, dado que la contribución potencial de los desechos y la gestión de recursos a la mitigación climática es muy superior a la contribución directa de la reducción de la generación de metano a partir de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en los rellenos sanitarios o vertederos y la eliminación de la generación de carbono negro por la quema incontrolada de desechos. Por esta razón, el cambio climático es un impulsor adicional para eliminar el vertido y la quema a cielo abierto, para desviar los desechos del vertedero y para el reciclaje y la prevención de desechos, todo lo cual reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en varios sectores económicos (UNEP & ISWA, 2015).

Durante la Convención de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático, se determinó que la contribución del sector de gestión de residuos es un impulsor en términos de adaptación y mitigación, en la lucha contra el cambio climático (ONU, 2018). Es por ello que en 2013, la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en la decisión GC 27/12 sobre Productos Químicos y Gestión de Residuos, solicitó el *Informe de Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos* (GWMO, por sus siglas en inglés) que se publicó en el año 2015 (UNEP & ISWA, 2015) y cuya estructura y alcance representan el punto de partida para los informes regionales, como el *Informe de Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*, publicado en 2018 (ONU, 2018). En respuesta a este mandato, el Director Ejecutivo del PNUMA nombró al Centro Internacional de Tecnología Ambiental (IETC), en colaboración con la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), para desarrollar esta Perspectiva Global de Gestión de Residuos (UNEP & ISWA, 2015).

Para cumplir con lo anterior, la GWMO presenta la gestión de residuos como algo esencial para garantizar la salud pública y la protección del medio ambiente, una vez que se han generado residuos; y también, en el contexto más amplio de “gestión de residuos y recursos”, destacando la necesidad de considerar todo el ciclo de vida de materiales y productos para prevenir y minimizar el desperdicio. Este informe tiene como objetivo proporcionar las herramientas para adoptar un enfoque holístico hacia la gestión de residuos y reconocer la gestión de residuos y recursos como un contribuyente significativo para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático (UNEP & ISWA, 2015).

El *Informe de Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos* (GWMO) tiene como objetivos principales posicionar la gestión de residuos como un área que requiere una acción urgente, y hacer un llamado a los responsables políticos y de toma de decisiones para que tomen dichas medidas, Ampliar el concepto de "gestión de residuos" para convertirse en "gestión de residuos y recursos" y demostrar la relación de la gestión de residuos y recursos con otros desafíos globales. El GWMO es el primero de una serie de perspectivas, el cual es complementado por las Perspectivas regionales de gestión de residuos que actualmente están planificadas para Asia Central, Asia, África, América Latina y el Caribe (ALC), regiones montañosas y pequeños Estados Insulares en desarrollo (UNEP & ISWA, 2015).

En este sentido, la Economía Circular surge como una respuesta a la creciente demanda de materias primas y recursos naturales para abastecer la creciente población en el mundo, la dependencia entre países para abastecerse y la relación con la eficiencia en el uso de recursos y el cambio climático, el gran desperdicio de materiales como basura y la contaminación que estos producen en los ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , Ministerio de Comercio, 2019). Existen varias definiciones sobre el concepto de economía Circular, sin embargo, en Colombia la “*Estrategia Nacional de Economía Circular*” ha adoptado el enfoque que publicó la Fundación Ellen MacArthur en el 2014, la cual la define como: “*Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a*

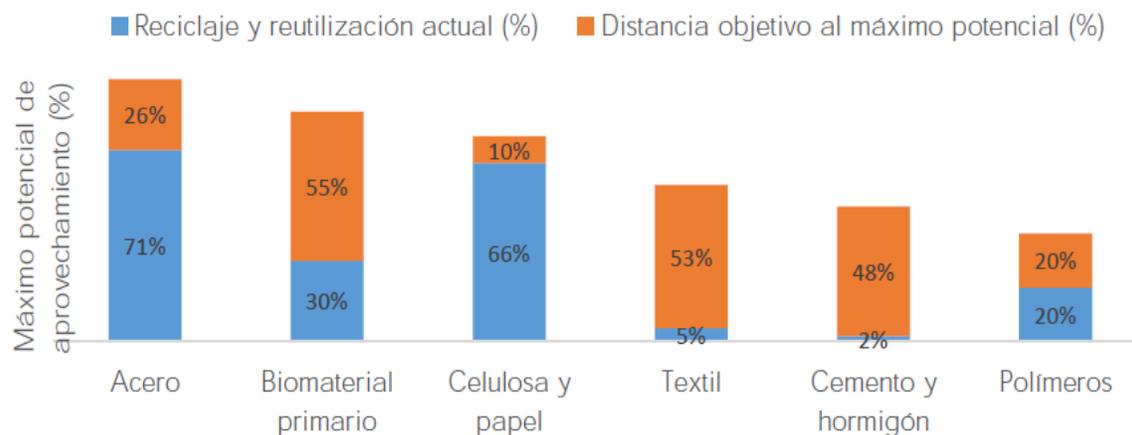
través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible” (Ellen MacArthur, 2014).

La Política de Producción y Consumo Sostenible y el Documento CONPES 3874 que da los lineamientos sobre la Gestión Integral de Residuos en Colombia, asentaron las bases para que el país iniciara una transición hacia la economía circular; sin embargo, la demanda de materiales en el país ha crecido rápidamente, impulsada por el consumo ascendente de la biomasa y minerales para la construcción (TECNALIA, 2017).

El estudio de Potencial de Crecimiento Verde para Colombia (DNP, Fedesarrollo, & Instituto Global de Crecimiento Verde Colombia, 2017), destaca que Colombia utilizó en el año 2012, 2,28 kg de materiales para producir un dólar de PIB, lo cual es 2,8 veces mayor que el promedio de la OCDE. Estas cifras revelan la necesidad de avanzar y fortalecer el reúso de materiales en los ciclos productivos, así como la reducción de consumo de materias primas y en la generación de residuos (DNP et al., 2017).

De acuerdo con el informe de (TECNALIA, 2017), para la elaboración del CONPES 3934 que da los lineamientos para el Crecimiento Verde en el país, se encontró que en Colombia hay insuficiente recuperación y retorno de materiales desde la etapa de posconsumo a los procesos manufactureros, con tasas totales de reciclaje de 2% para materiales de construcción, 20% para poliméricos (plásticos), 30% para biomaterial primario, 66% para celulósicos (papel y cartón) y 71% para acero, frente a unos potenciales de tasa máxima de reciclaje del 50%, 40%, 85 %, 76% y 98%, respectivamente; como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1. Brechas en reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales



Fuente: DNP, 2018 a partir de Tecnalía, 2018

De acuerdo con la gráfica anterior, el bajo desempeño en el uso de los materiales se debe principalmente a barreras institucionales, financieras y técnicas, que fueron analizadas por el informe de (TECNALIA, 2017), para la elaboración del CONPES 3934 de Crecimiento Verde.

El *Informe de Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos* (GWMO) presenta algunas iniciativas locales para el desarrollo de la gestión de residuos que se resumen a continuación:

- En prevención se tiene el caso de Estados Unidos, en donde han incorporado el concepto de “desmantelamiento” en lugar de demolición, como parte del programa central del Finger Lakes ReUse Center en Ithaca, NY. El Centro ReUse se estableció como parte del Plan de Manejo de Residuos Sólidos de 20 años del Condado de Tompkins de 1995. Se estima que anualmente se generan más de 250 millones de toneladas de materiales de desecho a partir de la construcción, renovación y demolición de edificios en los Estados Unidos; más de la mitad de esta cantidad termina en vertederos. En todo el país, el desmontaje sistemático de edificios a mano para rescatar los materiales, está emergiendo como una alternativa económicamente

viable a la demolición, ahorra recursos naturales, reduce la eliminación de residuos y crea oportunidades de trabajo (UNEP & ISWA, 2015).

- La isla de Santa Cruz es la segunda más grande del archipiélago de Galápagos, Ecuador; con una superficie de 986 km² y una población de 12,000 habitantes, ha estado implementando la separación en la fuente y la recolección diferenciada de desechos desde 2006. Los ciudadanos segregan sus desechos en materiales reciclables, no reciclables y orgánicos, y los colocan en contenedores codificados por colores, que se encuentran en las vías públicas, para ser recolectados a las horas especificadas por el municipio. Los residuos orgánicos y los reciclables se envían al Centro de Reciclaje Fabricio Valverde, siendo compostados los residuos orgánicos que posteriormente el municipio vende y utiliza el producto como fertilizante en las zonas verdes municipales; los reciclables se clasifican, compactan y/o trituran manualmente para enviarlos a las empresas en el continente, mientras que los no aprovechables son llevados al relleno sanitario. En 2012, aproximadamente el 50% de los desechos totales generados en la Isla Santa Cruz fueron reciclados (Castillo M. and Hardter, 2014).
- En la República de Kiribati, el SIDS¹ (Small Island Developing States) más grande en términos de territorio oceánico, un sistema de depósito de contenedores de bebidas ha operado desde 2004. Bajo este sistema, las botellas de polietileno tereftalato (PET - polyethylene terephthalate por sus siglas en inglés) y las latas de aluminio tienen un impuesto de AUD² 0.05 (5 centavos) pagado en la importación y es recolectado por el Ministerio de Hacienda y Desarrollo Económico (MFED). Este costo se transfiere a través del sistema comercial al consumidor, quien, al devolver el contenedor de bebidas vacío en un punto de recolección, recibe AUD 0,04 (4 centavos), un centavo como "tarifa de manejo" es para que el operador de reciclaje haga viable la operación.

¹ Los pequeños Estados insulares en desarrollo (SAIDS por sus siglas en inglés) son un grupo distinto de países en desarrollo frente a vulnerabilidades sociales, económicas y ambientales específicas. Los SAIDS fueron reconocidos como un caso especial tanto por su entorno como por su desarrollo en los Estados Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD).

² Dolares Australianos

De esta manera, estos elementos fácilmente reciclables se eliminan del flujo de residuos mediante el uso de una herramienta económica simple y se reduce la carga para el vertedero. El sistema de depósito se creó como parte del proyecto Kaoki Maange - lo que significa "Devolver la basura" - un esquema innovador para reciclar diferentes materiales recuperables administrados por la Fundación para los Pueblos del Pacífico Sur Kiribati (FSPK). El sistema de depósito de contenedores fue apoyado por la Ley de Fondos Especiales (Recuperación de Materiales Residuales) de 2004 aprobada por el gobierno de Kiribati. Un esquema de Green Bag para la segregación y recolección, comenzó a principios de 2000, motivando a las personas a separar sus desechos y usar los Green Bag para desechos no compostables y no reciclables, los cuales son enviados al relleno sanitario de Nanikai. En dos años, los resultados mostraron una disminución de aproximadamente el 60% de la cantidad de desechos domésticos depositados en el vertedero. El esquema de Green Bag se suspendió y en 2012 se reintrodujo como un sistema de pago por el usuario en el que las personas compran las Green Bag (20¢ por bolsa) y obtenga una recolección semanal “gratis” (el costo de la recolección está incluido en el precio de la bolsa). La recolección es realizada por contratistas privados y fomenta la reducción de desperdicios y parece justo, ya que quienes generan más desperdicios deben pagar más (ADB, 2014).

- En Versalles, un pequeño pueblo de Colombia, el vertedero a cielo abierto era algo común hasta 1997. A través del apoyo técnico de Suna Hisca, una organización colombiana sin fines de lucro y el apoyo financiero de la Corporación Autónoma Regional del Valle (CVC), se llevó a cabo el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el municipio. La implementación de este plan permitió a Versalles detener la contaminación de sus recursos hídricos y evitar posibles impactos en la salud de esta práctica, por medio de a) una recolección, transporte y disposición adecuados de los residuos sólidos municipales; (b) comprometer la participación activa de los interesados (usuarios, la empresa de servicios públicos, la administración municipal, los recicladores); (c) lograr que la comunidad practique la separación de fuentes en tres fracciones: orgánicos (desperdicio de alimentos),

reciclables (plástico, cartón, metal, etc.) y residuos sanitarios (artículos contaminados con sangre, orina o excretas como toallas sanitarias, heridas apósitos, pañales o almohadillas para la incontinencia); (d) construir una planta integrada de desechos sólidos para procesar los desechos sólidos; (e) crear una utilidad pública; (f) generar empleo; y (g) mejorar el saneamiento ambiental municipal. Una empresa de servicios públicos llamada Cooperativa Campo Verde fue responsable de implementar el plan y es la responsable de la recolección y transporte de los desechos, así como de la operación de la planta. Como resultado de la implementación exitosa del plan, la tasa de separación en la fuente en 2015 fue superior al 80%, con materiales recuperables comercializados y materia orgánica transformada en compost para la venta. De las 42 toneladas de desechos generados por la comunidad por mes, se recuperan y transforman 27 toneladas de materia orgánica y 7 toneladas de materiales reciclados (UNEP & ISWA, 2015).

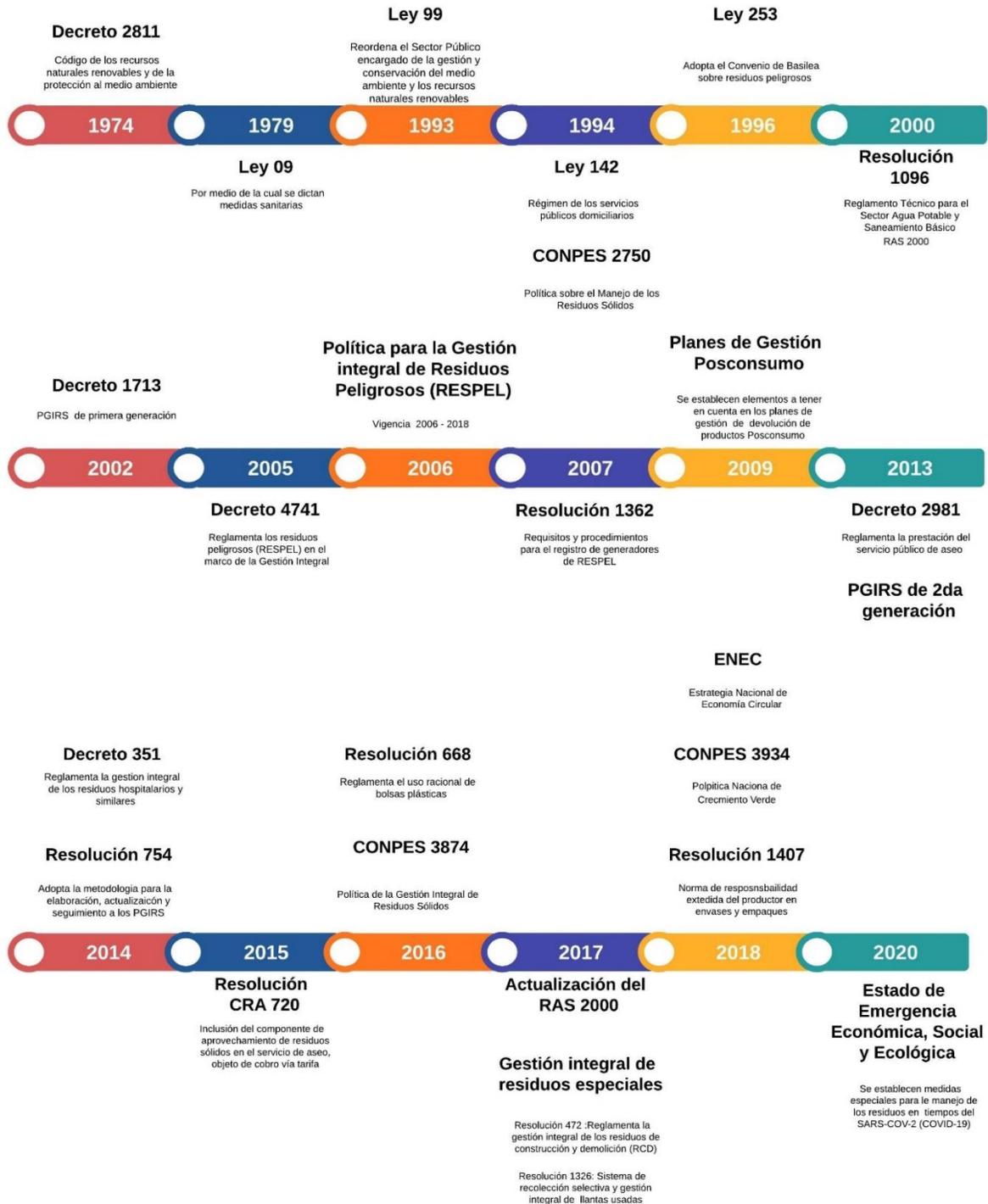
El Informe de Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe tiene como objetivo proponer una visión holística, un marco conceptual y las herramientas necesarias para que el sistema integrado de gestión de residuos de la región, con sus distintas particularidades, contribuya con el logro de un desarrollo sostenible para la región (ONU, 2018). Este informe presenta algunas iniciativas de la región para el desarrollo de la gestión de residuos que se resumen a continuación:

- En Costa Rica, la Contraloría General de la República, reportó en 2016, que 39 de las 81 municipalidades del país llevan a cabo recolección selectiva, ya sea mediante el sistema tradicional de recogerlos individualmente o mediante la recolección en puntos comunes definidos por los ciudadanos de cada municipalidad. Como un ejemplo de esta práctica, la municipalidad de Alvarado, con una población aproximada de 14.312 habitantes (2011), inició en el año 2007 un ambicioso plan para recuperar los residuos potencialmente valorizables. Estos se comenzaron a recolectar y comercializar como parte del programa de reciclaje (ONU, 2018).

- Ciudad de México cuenta con un programa de separación en la fuente y recolecta separada residuos orgánicos e inorgánicos, este se acompaña de un número de unidades recolectoras con doble compartimento, que en 2014 contaba con 281 vehículos, equivalentes a cerca del 12% del total de unidades recolectoras (2.460 unidades). Adicionalmente, la ciudad cuenta con dos plantas de selección semi-mecánica que reciben 3.758 toneladas de RSU diariamente, en donde se recuperan más de 20 tipos de materiales reciclables como metales, vidrio, papel y cartón, plásticos, entre otros; en donde se recupera el 7% de los RSU recibidos en cada una de ellas. Para el aprovechamiento de los residuos orgánicos cuenta con siete plantas pequeñas de compost y una de gran capacidad; en conjunto, reciben cerca de 870 t/día de materia orgánica (una sola de ellas, la de mayor capacidad, recibe cerca del 98% del total, equivalente a 850 t/día) (ONU, 2018).

- En Colombia la gestión integral de residuos sólidos ha tenido un gran avance, comenzado por insipientes normas en cuanto a un manejo básico de residuos pasando por la política de gestión integral de residuos sólidos hasta llegar a normas de responsabilidad extendida del generador de envases y empaques hasta la política nacional de Crecimiento Verde, como se muestra la Figura 2.

Figura 2. Línea de tiempo en la gestión integral de residuos sólidos en Colombia



Fuente: Elaboración propia para este estudio

5.2 ANTECEDENTES DE TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

En cuanto a las tecnologías disponibles y de acuerdo con (UNEP & ISWA, 2015) existen Instalaciones de Recuperación de Material a partir de los Residuos (Material Recovery Facilities -MRFs -) que se pueden clasificar en tres tipos:

- MRF "limpios". Las instalaciones de recuperación de material "limpio" separan aún más los materiales secos limpios, segregados en origen para reciclar y/o producir un combustible preparado. Pueden usar sistemas de clasificación manuales o automatizados, o alguna combinación de los dos. Se usan ampliamente en los países desarrollados junto con la separación de fuentes de reciclables mixtos.
- MRF "sucios". Las instalaciones de recuperación de materiales "sucios" aceptan residuos mixtos (RSU o de otras fuentes), de los cuales los materiales reciclables secos se separan de la fracción orgánica. Estos pueden ser similares a la parte mecánica de una planta MBT (mechanical biological treatment facilities). La contaminación cruzada produce resultados de menor calidad. Estos son más comunes que los MRF limpios en los países en desarrollo.
- MRF de propósito específico. Las instalaciones especializadas de recuperación de materiales se centran en flujos de residuos específicos, como residuos electrónicos, residuos de construcción y demolición (C&D), o residuos plásticos.

En el tema de separación de residuos, están los Centros de Clasificación de Residuos, los cuales y de acuerdo al informe de (UNEP & ISWA, 2015), se usan principalmente en los países en desarrollo, ya que involucran al sector informal pero usan una combinación de clasificación manual y mecánica. Para Colombia se llaman ECAs (Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento de acuerdo con el decreto 1077 de 2015, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

En cuanto a las Instalaciones de Tratamiento Biológico mecánico (MBT), estas utilizan un grupo de tecnologías y aceptan RSU después de la separación de las corrientes de residuos reciclables, emplean ampliamente y particularmente en Europa. Los MBT utilizan una gama de procesos combinados mecánicos y biológicos para tratar y separar aún más los desechos en fracciones reciclables, ricas en materia orgánica y ricas en combustible. Cada instalación está diseñada con un propósito particular, utilizando un flujo de residuos de entrada específico para preparar salidas para cumplir con ciertas especificaciones. Todos pueden separar residuos reciclables secos y/o combustible derivado de desechos (refuse-derived fuel - RDF).

Los procesos de la unidad biológica aeróbica se pueden usar para "estabilizar" la fracción orgánica para reducir su biodegradabilidad y, por lo tanto, su capacidad para generar metano, como tratamiento previo antes del vertedero (la "bioestabilización" es la opción más simple). Similar, pero más complicado, es la producción de producción del compost para aplicaciones en tierra de bajo valor. Los procesos de digestión anaeróbica (AD) pueden producir biogás a partir de la fracción orgánica, la cual es separada mecánicamente de RSU (UNEP & ISWA, 2015).

El compostaje es una de las tecnologías más usadas para la fracción orgánica de los residuos, en los RSU se desarrolla siempre y cuando existan proceso de separación en la fuente. El compost es el resultado de un proceso biológico que convierte los desechos biodegradables en un material similar al humus. El uso principal es mejorar la calidad del suelo, ya que el compost mejora sus propiedades biológicas y físicas, por ejemplo, mejorando la retención de agua y la resistencia a la erosión, lo cual es particularmente valioso en climas áridos, también tiene cierto valor como fertilizante. Este requiere un buen control del proceso, para garantizar suficiente temperatura y tiempo de retención para eliminar los patógenos y destruir las semillas de malezas. Abrir montones o hileras es el método más simple y económico. El compostaje utiliza una variedad de tecnologías patentadas, que demandan tiempos de procesamiento más rápidos y deben usarse (incluso según las regulaciones de la Unión Europea) si la materia prima contiene subproductos animales (UNEP & ISWA, 2015).

La digestión anaerobia (Anaerobic digestion -AD-) también conocida como biometanización, se considera una fuente confiable de energía en forma de biogás. La AD funciona mejor para los desechos húmedos, por lo que es más utilizado para lodos de planta de tratamiento y desechos de ganado. En 2013, la mayoría de las 13.800 plantas de AD en Europa y las 2.200 plantas de AD en los EE.UU. trataron esos dos tipos de desechos (UNEP & ISWA, 2015).

La revisión de antecedentes permite identificar que las tecnologías aplicadas para la valorización y el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos deben ir acompañadas de procesos educativos de separación en la fuente para lograr una gestión efectiva de los residuos sólidos.

A continuación, se presenta un cuadro con las principales tecnologías existentes para la gestión integral de residuos sólidos urbanos/domiciliarios.

Tabla 1. Tecnologías disponibles para la gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios

Cuadro comparativo sobre tecnologías disponibles para la gestión integral de residuos sólidos municipales		
Tecnología	Principales características	Observaciones
Instalaciones de Recuperación de Material a partir de los Residuos	sistemas de clasificación manuales o automatizados. Existen de 3 tipos: MRF Limpios MRF sucios MRF de propósito específico <i>*MRF: Material Recovery Facilities</i>	Los MRF Limpios son empleados en países en desarrollados principalmente, mientras que los MRF sucio en países en vía de desarrollo. Los MRF de propósito específico suelen ser para residuos de construcción y demolición, al igual que de aparatos eléctricos y electrónicos
Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento de residuos sólidos ECAs	Son instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería y eficiencia económica, dedicadas al pesaje y clasificación de los residuos sólidos aprovechables, mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos y que cuenten con las autorizaciones	Sitios para optimizar los procesos de pesaje, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos. Puede ser implementado por las entidades territoriales que desean contribuir con el proceso de formalización de los recicladores de oficio dentro de su municipio

Cuadro comparativo sobre tecnologías disponibles para la gestión integral de residuos sólidos municipales		
Tecnología	Principales características	Observaciones
	ambientales a que haya lugar (Decreto 1077 de 2015).	bajo el esquema presentado en el Decreto 596 de 2016 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
Instalaciones de tratamiento biológico mecánico (MBT)	Los MBT utilizan una gama de procesos combinados mecánicos y biológicos para tratar y separar aún más los desechos en fracciones reciclables, ricas en materia orgánica y ricas en combustible	Combina la clasificación y proceso mecánico, con el tratamiento biológico. La meta principal es reducir la cantidad de residuos que se disponen en el Relleno Sanitario, por medio de la recuperación de materiales reciclables y la estabilización de los biodegradables.
Unidad biológica aeróbica	Proceso que lleva a cabo un grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que, en presencia de Oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos.	Se emplea para "estabilizar" la fracción orgánica para reducir su biodegradabilidad y, por lo tanto, su capacidad para generar metano, como tratamiento previo antes de la disposición final
Compostaje	Proceso biológico que convierte los desechos biodegradables en un material similar al humus. El uso principal es mejorar la calidad del suelo, ya que el compost mejora sus propiedades biológicas y físicas. También puede ser empleado como fertilizante cuando existen procesos de separación en la fuente.	Los procesos de digestión anaeróbica (AD) pueden producir biogás a partir de la fracción orgánica.
La digestión anaerobia (Anaerobic digestion -AD-) o Biometanización	Es un proceso en el que una selección natural de microorganismos descompone la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, en biogás y un residuo	Se considera una fuente confiable de energía en forma de biogás Método empleado ampliamente para lodos de planta de tratamiento y desechos de ganado

Cuadro comparativo sobre tecnologías disponibles para la gestión integral de residuos sólidos municipales		
Tecnología	Principales características	Observaciones
	sólido estabilizado (aproximadamente, la mitad en peso que el residuo de partida).	El biogás obtenido, que es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros gases minoritarios, puede ser utilizado como combustible puesto que, si bien su composición depende de la materia orgánica digerida, la riqueza en metano suele estar entorno al 60%.

Fuente: Elaboración propia para el estudio, basado en el documento (UNEP & ISWA, 2015).

6 REFERENTE CONCEPTUAL

En Colombia, el desarrollo de la gestión de los residuos sólidos, articula la visión ambiental con el componente de la prestación del servicio público de aseo; para mejorar las condiciones del sector, se propone avanzar hacia una economía circular, la cual busca que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo. Los residuos sólidos han sido gestionados bajo un modelo lineal, en el cual la materia prima se extrae, se utiliza para fabricar bienes y finalmente se dispone; es decir, las empresas extraen los materiales, les aplican energía para la fabricación de un producto y venden dicho producto al consumidor final, quien luego lo descarta cuando ya no sirve al propósito del usuario (CONPES 3874, 2016).

6.1 CONTEXTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Un residuo sólido es *“cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios...”*; de acuerdo con el Decreto 2981 de 2013.

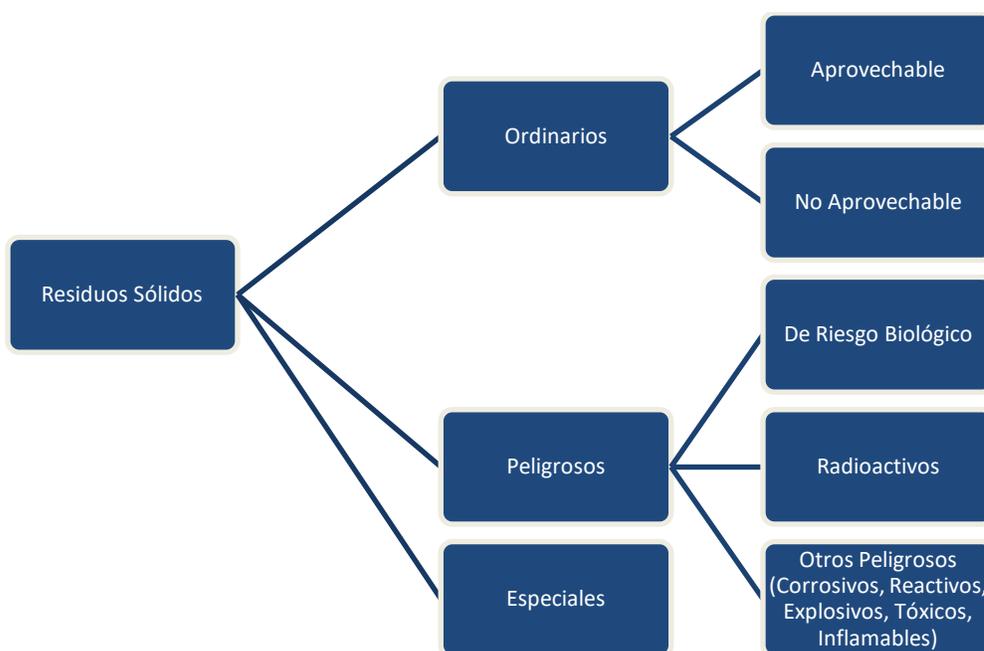
De acuerdo con el (CONPES 3874, 2016) *“los residuos no peligrosos son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad que no representan un peligro para la salud humana y el medio ambiente”*, entre los cuales están los residuos sólidos urbanos o municipales, los residuos inertes (escombros derivados de obras, mobiliario de jardín tipo rocas, maquinaria en desuso) y los residuos especiales no peligrosos, incluyendo llantas usadas. La clasificación de las diferentes corrientes de residuos no peligrosos depende de su generador y considera los materiales que los componen. Los impactos que producen las diferentes corrientes de residuos al medio ambiente y a la salud; determinan la gestión que se realiza (CONPES 3874, 2016).

Mientras que un residuo peligroso *“es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se*

considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos” (Decreto 4741 de 2005). Estos pueden ser de riesgo biológico, radioactivos, corrosivos, reactivos, inflamables, tóxicos y explosivos.

Clasificación de los Residuos Sólidos. Los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a las corrientes o flujos de generación, por su peligrosidad o de acuerdo a las características de valorización y/o aprovechamiento. Para los efectos de este trabajo, se puede decir que los residuos sólidos se clasifican como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Clasificación de los residuos

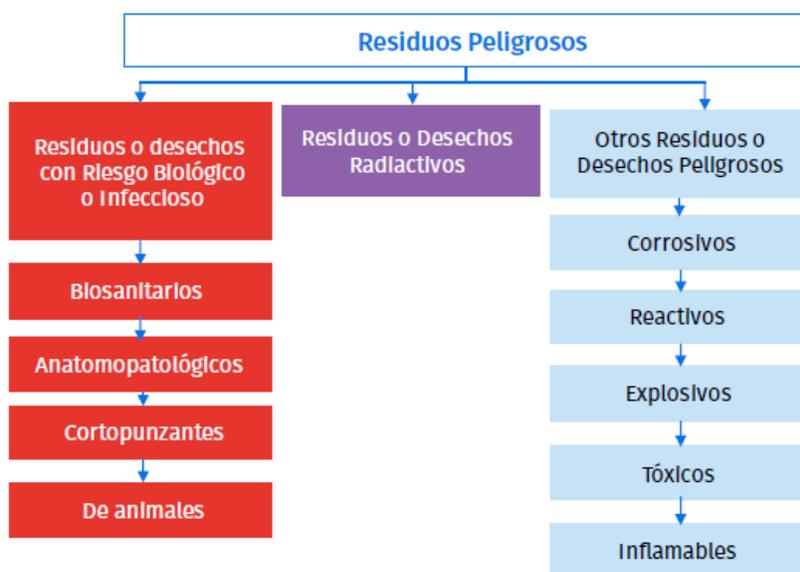


Fuente: Adaptado de la Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017

- **Residuo Sólido Ordinario.** Es todo residuo sólido de características no peligrosas que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso es recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo (Decreto 2981 de 2013). Estos se clasifican en:

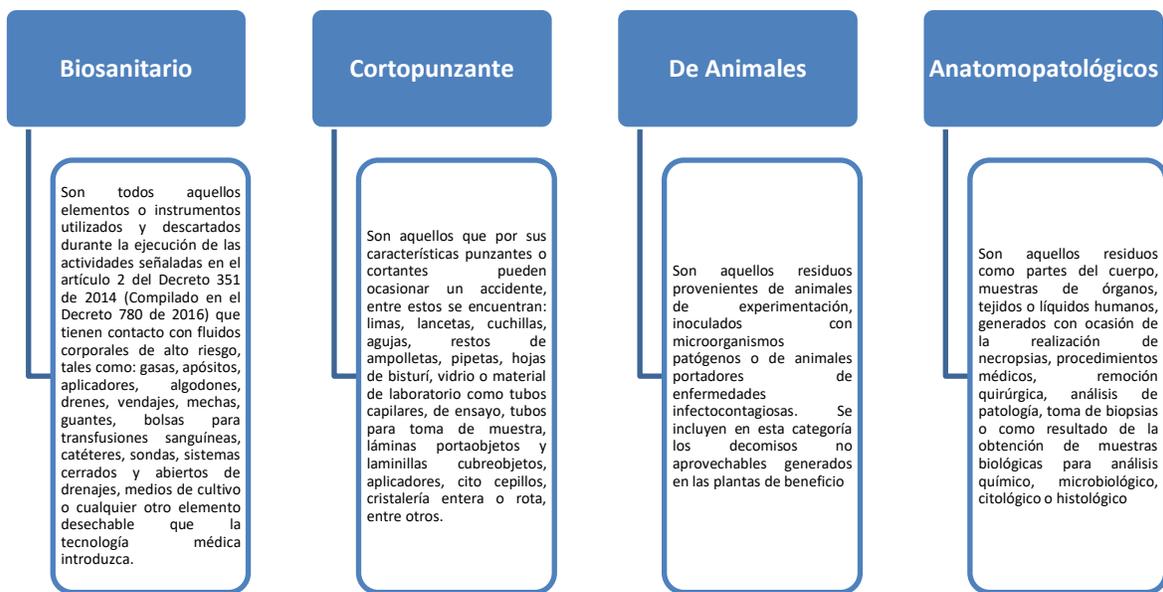
- **Residuo sólido aprovechable.** Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo (Decreto 1713 de 2002).
- **Residuo sólido no aprovechable.** Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. No tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición (Decreto 1713 de 2002).
- **Residuo Sólido Peligroso.** Es aquel que por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana (Decreto 1713 de 2002). Estos se clasifican como se muestra la siguiente Figura 4.

Figura 4. Clasificación de los residuos peligrosos



Fuente: Adaptado del informe RESPEL (IDEAM, 2017)

Figura 5. Descripción de los Residuos o desechos con Riesgo Biológico o Infeccioso



Fuente: Informe Respel (IDEAM, 2017)

- **Residuo Sólido Especial.** Es todo residuo sólido que, por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje y compactación, no puede ser recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo. El precio del servicio de recolección, transporte y disposición de los mismos será pactado libremente entre la persona prestadora y el usuario, sin perjuicio de los que sean objeto de regulación del Sistema de Gestión Pos consumo (Decreto 2981 de 2013).

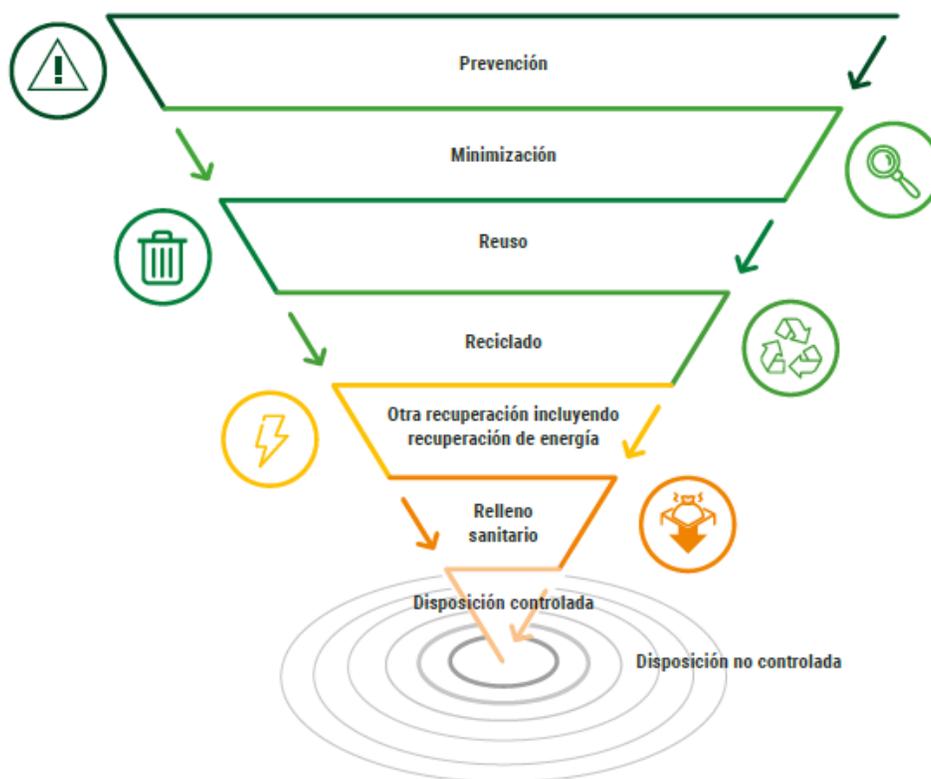
6.2 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

La gestión de residuos sólidos se ha vuelto una prioridad en las agendas mundiales, dadas las actuales tendencias en el incremento poblacional, mayor extracción de recursos y los patrones de consumo basados en una economía lineal (ONU, 2018).

De acuerdo con el decreto 2981 de 2013, la Gestión Integral de Residuos Sólidos GIRS, “es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia,

costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables”. Para ello es necesaria la interacción dinámica entre diferentes actores de los planos institucional, sectorial y regional, con el objeto de una solución eficiente para el manejo adecuado de los residuos sólidos (Pacheco & Contreras, 2016). El manejo integral implica actividades de planeación y cobertura relacionadas con los residuos sólidos, desde la generación hasta la disposición final (Macdonald, 2017), como sugiere la Figura 6.

Figura 6. Escala jerárquica de la gestión integral de residuos



Fuente: (ONU, 2018)

La jerarquía de residuos se presenta como una pirámide invertida, porque el propósito primordial de la Gestión Integral de Residuos es la prevención y minimización de los residuos en la fuente, intención que comparte con la economía circular.

La gestión integral de los residuos sólidos en Colombia está direccionada por los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Estos son Instrumentos de planeación

municipal o regional que buscan garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo, bajo los principios de calidad, eficiencia, solidaridad y sostenibilidad (Marín López, Maldonado, & Castrodelrío Ceballos, 2015).

Cuando se habla de residuos industriales en el sector manufacturero, se debe citar el Manual de diligenciamiento para el RUA – MF (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2013) , donde se exponen las diferentes corrientes de residuos no peligrosos, como se muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Corrientes de residuos no peligrosos en Colombia

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
10000	Orgánicos de origen vegetal y animal
20100	Textiles
20200	Vidrio con excepción del vidrio de los tubos rayos catódicos y otros vidrios activados
20308	Escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición, y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación
20400	Cuero curtido que no contenga compuestos de cromo hexavalente ni biosidas ni sustancias infecciosas
20500	Papel y cartón
20600	Caucho
20700	Plástico
20800	Madera
20900	Escorias y cenizas que no contengan metales, excluidas las de la lista RESPEL
29900	No metálicos no clasificados previamente, excluidos los de la lista RESPEL
30100	Metálicos en forma dispersable (p. ej. polvos, virutas, escamas, excepto las cenizas), excluidos los de la lista RESPEL
30200	Escorias y cenizas que contengan metales, excluidos los de la lista RESPEL
30500	Acumuladores y baterías, con exclusión de los fabricados con plomo cadmio o mercurio
30600	Metálicos en forma masiva o no dispersable, incluso los montajes de generación eléctrica (... y chatarra...), excluidos los de la lista RESPEL
39900	Demás residuos o desechos metálicos o que contengan metales, excluidos los metales de forma masiva y los de la lista RESPEL
40300	Roca estéril
49900	Minerales no clasificados previamente
60300	Demás residuos o desechos provenientes o que estén constituidos principalmente de sustancias orgánicas, excluidos los de la lista RESPEL
60800	Demás residuos o desechos provenientes o que estén constituidos principalmente de productos químicos inorgánicos, excluidos los de la lista RESPEL
70300	Lodos de tratamiento de aguas residuales industriales, excluidos los de la lista RESPEL
79900	Lodos no clasificados previamente, excluidos los de la lista RESPEL
99900	Demás residuos o desechos no clasificados previamente, excluidos los de la lista RESPEL

Fuente: Manual de Diligenciamiento aplicativo vía web del RUA - MF

En Colombia un residuo o desecho peligroso (RESPEL) *es aquel que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas y radiactivas pueden causar riesgos, daños o efectos no deseados, directos e indirectos a la salud humana y el ambiente. Así mismo se considerará residuo peligroso envases, empaques y embalajes que estuvieron en contacto con ellos*³. Igualmente se considera residuo peligroso, aquél que se encuentre incluido en el listado de los anexos I y II establecidos en el Artículo 2.2.6.2.3.6 del Decreto 1076 de 2015; El anexo I corresponde a los RESPEL clasificados por procesos o actividades en corrientes de la Y1 a Y45. Y en el anexo II corresponde a la lista A de 60 corrientes de residuos.

Este listado es el establecido en el Convenio de Basilea y es el mismo que se reporta en el Registro de Generadores de Residuos peligrosos del IDEAM. En la Tabla 3 se muestran las diferentes corrientes de residuos peligrosos que las empresas reportan en el aplicativo RESPEL.

Tabla 3. Descripción de las corrientes de residuos peligrosos en Colombia

Código	Descripción
Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en Hospitales, centros médicos y clínicas
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biosidas y productos Fito farmacéuticos.
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.
Y7	Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.

³ Artículo 2.2.6.1.1.3 del Decreto 1076 de 26 de mayo de 2015 y Artículo 3 de la Ley 1252 del 27 de noviembre de 2008

Código	Descripción
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.
Y19	Desechos que tengan como constituyentes: Metales carbonilos.
Y20	Desecho que tengan como constituyentes: Berilio, compuestos de berilio
Y21	Desechos que tengan como constituyentes: Compuestos de cromo hexavalente.
Y22	Desechos que tengan como constituyentes: Compuestos de cobre.
Y23	Desechos que tengan como constituyentes: Compuestos de zinc.
Y24	Desechos que tengan como constituyentes: Arsénico, compuestos de arsénico
Y25	Desechos que tengan como constituyentes: Selenio, compuestos de selenio
Y26	Desechos que tengan como constituyentes: Cadmio, compuestos de cadmio.
Y27	Desechos que tengan como constituyentes: Antimonio, compuestos de antimonio
Y28	Desechos que tengan como constituyentes: Telurio, compuestos de telurio
Y29	Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio.
Y30	Desechos que tengan como constituyentes: Talio, compuestos de talio
Y31	Desechos que tengan como constituyentes: Plomo, compuestos de plomo.
Y32	Desechos que tengan como constituyentes compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Y33	Desechos que tengan como constituyentes: Cianuros inorgánicos.
Y34	Desechos que tengan como constituyentes: Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
Y35	Desechos que tengan como constituyentes: Soluciones básicas o bases en forma sólida.
Y36	Desechos que tengan como constituyente Asbesto (polvo y fibras).
Y37	Desechos que tengan como constituyente compuestos orgánicos de Fósforo
Y38	Desechos que tengan como constituyentes: Cianuros orgánicos
Y39	Desechos que tengan como constituyentes: Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.
Y40	Desechos que tengan como constituyentes: Éteres
Y41	Desechos que tengan como constituyentes: Solventes orgánicos halogenados.
Y42	Desechos que tengan como constituyentes: Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.
Y43	Desechos que tengan como constituyentes: cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Y44	Desechos que tengan como constituyentes: cualquier sustancia del grupo de los dibenzoparadioxinas policloradas
Y45	Desechos que tengan como constituyentes: Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).
A1010	Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: Antimonio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Plomo, Mercurio, Selenio, Telurio, Talio, pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.
A1020	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes:

Código	Descripción
	- Antimonio, compuestos de Antimonio - Berilio, compuestos de Berilio, - Cadmio, compuestos de Cadmio, - Plomo, compuestos de Plomo, - Selenio, compuestos de Selenio, - Telurio, compuestos de Telurio,
A1030	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: - Arsénico, compuestos de Arsénico - Mercurio, Compuestos de Mercurio - Talio, Compuestos de Talio
A1040	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: - Carbonilos de metal - Compuestos de cromo hexavalente
A1050	Lodos galvánicos.
A1060	Líquidos de desecho del decapaje de metales.
A1070	Residuos de lixiviación de tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc.
A1080	Residuos de desechos de zinc no incluidos en la lista B, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del Anexo III.
A1090	Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos
A1100	Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre
A1110	Soluciones electrolíticas usadas de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre
A1120	Lodos residuales, excluidos de los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre
A1130	Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto.
A1140	Desechos de catalizadores de cloruro cúpico y cianuro de cobre
A1150	Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la lista B
A1160	Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados.
A1170	Acumuladores de desecho sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores sólo de la lista B. Los acumuladores de desecho no incluidos en la lista B que contengan constituyentes del Anexo I en tal grado que los conviertan en peligrosos.
A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110).
A2010	Desechos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.
A2020	Desechos de compuestos orgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos de los desechos de este tipo especificados en la lista B
A2030	Desechos de catalizadores, pero excluidos los desechos de este tipo especificados en la lista B.
A2040	Yeso de desecho procedente de la industria química, si contiene constituyentes del anexo I en tal grado que presenten una característica peligrosa del anexo III (Véase B2080)
A2050	Desechos de amianto (polvo y fibras)

Código	Descripción
A2060	Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias del Anexo I en concentraciones tales que presenten características del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050).
A3010	Desechos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto
A3020	Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados.
A3030	Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes como plomo
A3040	Desechos de líquidos térmicos (transferencia de calor).
A3050	Desechos resultantes de la producción, preparación, y utilización de resinas, látex, plastificantes, colas/adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020)
A3050	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (Véase B4020)
A3060	Nitrocelulosa de desecho
A3070	Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma líquida o de lodo
A3080	Desechos de éteres excepto los especificados en la lista B
A3090	Desechos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de plomo hexavalente o biosidas (véase B3100)
A3100	Raeduras y otros desechos de cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero que contengan compuestos de cromo hexavalente o biosidas (véase B3090)
A3110	Desecho de curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biosidas o sustancias infecciosas (véase B3110)
A3120	Pelusas – fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento.
A3130	Desechos de compuestos de fósforo orgánico
A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.
A3150	Desechos de solventes orgánicos halogenados
A3160	Desechos resultantes de residuos no acuosos, de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos
A3170	Desechos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina)
A3180	Desechos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB) o cualquier otro compuesto polibromado análogo con una concentración igual o superior a 50 mg/kg
A3190	Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos
A3200	Material bituminoso (desechos de asfalto) con contenido de alquitrán resultantes de la construcción y el mantenimiento de carreteras (obsérvese el artículo correspondiente B2130 de la lista B).
A4010	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con excepción de los desechos especificados en la lista B
A4020	Desechos clínicos y afines
A4030	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biosidas y productos Fito farmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, en desuso o no aptos para el uso previsto originalmente.
A4040	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera

Código	Descripción
A4050	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los siguientes productos: cianuros inorgánicos con excepción de residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos; cianuros inorgánicos
A4060	Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
A4070	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010).
A4080	Desechos de carácter explosivo (con exclusión de los desechos especificados en la lista B
A4090	Desechos de soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el apartado correspondiente de la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B2120).
A4100	Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.
A4110	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados o de dibenzodioxinas policloradas
A4120	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos
A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el Anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del Anexo III.
A4140	Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados correspondientes a las categorías del anexo I, y que muestran las características peligrosas del Anexo III.
A4150	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
A4160	Carbono activado consumido no incluido en la lista B (véase el correspondiente apartado de la lista B B2060)

Fuente: Manual de Diligenciamiento aplicativo vía web del RUA - MF

Para efectos del análisis e interpretación de los datos de generación y manejo de residuos peligrosos a nivel nacional, se tuvieron en cuenta algunas equivalencias por tener descripciones iguales o similares, entre las corrientes Y A, establecidas en el Registro de generadores, estas equivalencias fueron tomadas del Informe RESPEL 2016 del IDEAM, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Equivalencias de los residuos peligrosos en Colombia entre corrientes Y y A

Equivalencia de residuos peligrosos entre corrientes Y y A			
Listado de Residuos Y		Equivalencia con residuos A	
Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en Hospitales, centros médicos y clínicas	A4020	Desechos clínicos y afines
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.	A4010	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con excepción de los desechos especificados en la lista B
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biosidas y productos Fito farmacéuticos.	A4030	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biosidas y productos Fito farmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, en desuso o no aptos para el uso previsto originalmente.
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera	A4040	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.	A3020	Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados.
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.	A4060	Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico	A3190	Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.	A4070	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010).
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.	A3050	Desechos resultantes de la producción, preparación, y utilización de resinas, látex, plastificantes, colas/adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020)

Equivalencia de residuos peligrosos entre corrientes Y y A			
Listado de Residuos Y		Equivalencia con residuos A	
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.	A4150	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente	A4080	Desechos de carácter explosivo (con exclusión de los desechos especificados en la lista B)
Y23	Desechos que tengan como constituyentes: Compuestos de zinc.	A1070	Residuos de lixiviación de tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc.
Y24	Desechos que tengan como constituyentes: Arsénico, compuestos de arsénico	A1030	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: - Arsénico, compuestos de Arsénico - Mercurio, Compuestos de Mercurio - Talio, Compuestos de Talio
Y27	Desechos que tengan como constituyentes: Antimonio, compuestos de antimonio	A1020	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes: - Antimonio, compuestos de Antimonio, - Berilio, compuestos de Berilio, - Cadmio, compuestos de Cadmio, - Plomo, compuestos de Plomo, - Selenio, compuestos de Selenio, - Telurio, compuestos de Telurio,
Y31	Desechos que tengan como constituyentes: Plomo, compuestos de plomo.	A3030	Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes como plomo
Y32	Desechos que tengan como constituyentes compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico	A2020	Desechos de compuestos orgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos de los desechos de este tipo especificados en la lista B
Y36	Desechos que tengan como constituyente Asbesto (polvo y fibras).	A2050	Desechos de amianto (polvo y fibras)
Y37	Desechos que tengan como constituyente compuestos orgánicos de Fósforo	A3130	Desechos de compuestos de fósforo orgánico
Y39	Desechos que tengan como constituyentes: Fenoles,	A3070	Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma líquida o de lodo

Equivalencia de residuos peligrosos entre corrientes Y y A			
Listado de Residuos Y		Equivalencia con residuos A	
	compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.		
Y40	Desechos que tengan como constituyentes: Éteres	A3080	Desechos de éteres excepto los especificados en la lista B
Y42	Desechos que tengan como constituyentes: Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.	A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.
Y43	Desechos que tengan como constituyentes: cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados	A4110	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados o de dibenzodixinas policloradas

Fuente: Manual de Diligenciamiento aplicativo vía web del RUA - MF

7 REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL

La inadecuada gestión de los residuos puede tener un gran impacto en la salud humana, y especialmente en la de las personas que viven cerca de los sitios de disposición final. De hecho, el motivo principal por el cual las ciudades y municipios recogen los residuos sólidos urbanos (RSU) es para proteger la salud humana. Los RSU también producen una serie de impactos ambientales en el aire, en el agua y en la tierra. Las Naciones Unidas mencionan que la descomposición de los residuos orgánicos produce el 5% de los gases de efecto invernadero a nivel mundial (PNUMA OMS, 2013).

Los residuos acarrear consigo varios rubros económicos, según (PNUMA OMS, 2013), estos pueden elevarse el 50% del presupuesto de una ciudad o municipio por el uso ineficiente de los recursos y cuando estos son objeto de procesos de transformación y/o tratamiento, los costos de dichos procesos recaen sobre la sociedad en general. Desde un punto de vista social, el impacto de los residuos se concentra de manera substancialmente sobre las personas de más escasos recursos económicos de un territorio.

De acuerdo con la bibliografía consultada, las estrategias para la gestión integral de residuos deben asegurar que los municipios cumplan con las expectativas mundiales, incluidas las obligaciones derivadas de los tratados internacionales, los cuales se centran en los residuos peligrosos. A continuación, se hablan de algunos de estos compromisos internacionales:

El Convenio de Basilea sobre los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. El Convenio trata el tema de desechos peligrosos, pero se extiende también a “otros desechos”, tales como los residuos domésticos y las cenizas que provienen de la combustión de los RSU. El Convenio contiene obligaciones generales y específicas: las obligaciones específicas tienen que ver con el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros, pero también hay obligaciones generales, algunas de las cuales están relacionadas con las actividades nacionales y se encuentran en el artículo 4 así (El, La, & Basilea, 2000):

- Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos (Artículo 4.2 (a))
- Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para los desechos peligrosos y otros desechos (Artículo 4.2 (b))
- Prevenir la contaminación producida por las instalaciones de eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos (Artículo 4.2 (c))
- Asegurar que todas las personas que tratan o transportan desechos peligrosos y otros desechos están autorizadas o habilitadas para realizar ese tipo de operaciones (Artículo 4.7 (a)).

Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. El objetivo del Convenio de Estocolmo es reducir o eliminar en lo posible las emisiones de las sustancias que figuran en los anexos del Convenio. Las obligaciones de las Partes en el Convenio se pueden resumir de la siguiente manera (SCE, 2011):

- Identificar los residuos que contengan o estén contaminados con alguno de los Contaminantes orgánicos persistentes (COP) enumerados, y los productos y artículos que contengan algún COP y se vayan a convertir en desechos.
- Gestionar estas existencias y los desechos (“desechos COP”) de manera segura, eficiente y ambientalmente racional.
- Controlar, recolectar, transportar y almacenar los desechos COP de manera ambientalmente racional.
- Eliminar los desechos COP de manera que el contenido del COP se destruya o se transforme de forma irreversible (salvo que esta opción no sea ambientalmente preferible, o el nivel de contaminación sea bajo).
- Evitar cualquier valorización o reutilización del contenido de COP.
- Permitir que los desechos COP sólo se transporten internacionalmente de acuerdo con las normas que rigen estos movimientos

Otros Acuerdos Multilaterales Sobre Medio Ambiente.

En el tema de residuos sólidos, cada país debe cerciorarse de no incumplir con los acuerdos multilaterales, tales como:

- ***El Protocolo de Montreal*** relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono obliga a las Partes a controlar la importación, la exportación y el uso de las sustancias que agotan el ozono (SAO) que figuran en el Convenio.
- ***Convenio de Minamata*** sobre el Mercurio, cuyo texto fue aprobado formalmente en una reunión especial convocada en Kumamoto y Minamata en octubre de 2013. El acuerdo final incluye un importante Artículo sobre almacenamiento, desechos y lugares contaminados.

Otros Acuerdos Internacionales. Existen otros acuerdos de nivel internacional que pueden influir en las estrategia o políticas que un país tenga en materia de gestión de RSU. Los principales acuerdos son:

- ***Agenda 21***, aprobado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro en junio de 1992. Son especialmente importantes el Capítulo 20 sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos y el Capítulo 21 sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos sólidos. También destacan el Capítulo 3 sobre la lucha contra la pobreza, el Capítulo 4 sobre las pautas de consumo y el Capítulo 7 sobre la sostenibilidad de los asentamientos humanos (SCE, 2011).
- **Plan de Implementación de Johannesburgo**, adoptado por la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo en mayo de 2002 - La Sección III se centra en la producción y el consumo sostenibles. Son especialmente relevantes el párrafo 16 sobre producción más limpia y ecoeficiencia y el párrafo 22 sobre gestión de residuos.

Conferencia de la ONU sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en junio de 2012. Los párrafos 213 a 223 se ocupan de los productos y desechos

químicos, mientras que los párrafos 215 a 219 son de especial relevancia para la gestión de residuos. El documento respalda las asociaciones público-privadas en la gestión de residuos, la adopción de un enfoque de ciclo de vida y de políticas para la eficiencia de los recursos y una gestión de residuos ambientalmente racional, el uso de enfoques que reconozcan las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar), que aumenten el aprovechamiento energético a partir de residuos y que traten los residuos como recurso, que se evite la gestión no racional y el vertido ilegal de residuos peligrosos, hacer frente específicamente a los problemas relacionados con los residuos electrónicos y de plástico, entre otros.

Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS 19). Se centró en la producción y el consumo sostenibles. En la Sección C, párrafos 30 a 44, se trata la gestión de residuos, y se ofrece orientación muy detallada, que se extiende a flujos de residuos específicos tales como la basura electrónica. El párrafo 38 identifica el objetivo central de la gestión de residuos como la adopción de políticas integradas que promuevan la prevención y la minimización de residuos, apoyen una gestión ambientalmente racional y eficiente centrada en las 3R y la valorización de materiales y energía útil y que aseguren la eliminación de los desechos residuales de forma ambientalmente racional.

En Colombia el Departamento Nacional de Planeación (DNP) expidió, en el año 2008, el Documento CONPES 3530 *Lineamientos y Estrategias para Fortalecer el Servicio Público de Aseo en el Marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Con este documento se quiso mejorar la prestación del servicio público de aseo, no solo en sus componentes técnicos sino también en los administrativos y financieros. La revisión ex post del CONPES 3530 determinó que la prestación del servicio de aseo seguía rezagada en los municipios menores y que, aunque existían experiencias en aprovechamiento, estas eran inconstantes y se desconocían las cifras de formalización de recicladores.

En el año 1997 el Ministerio del Medio Ambiente (actualmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) formuló la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, convirtiéndose en el principal orientador de acciones ambientales en materia de

residuos sólidos, con estrategias de minimización de residuos en el origen, modificación de patrones de consumo, fortalecimiento de cadenas de reciclaje, entre otras.

En cuanto a los avances en aspectos ambientales de 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, el cual pretende el mejoramiento ambiental enlazado con la transformación productiva empresarial, un factor determinante en la competitividad actual.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para la gestión integral de los residuos sólidos. Desde la ley 142 de 1994, donde se estableció el marco nacional en servicios públicos, la normatividad en la prestación del servicio de aseo ha venido evolucionando, pasando por el decreto 1713 de 2002, a partir del cual se desarrollaron los primeros PGIRS; posteriormente el Ministerio de Vivienda actualizó la reglamentación para la prestación del servicio público de aseo con el decreto 2981 de 2013 y posteriormente reglamentaron la base en la metodología dispuesta en la Resolución 754 de 2014, para la elaboración de los Planes. Dado que la información de los PGIRS, debía contener la línea base de la gestión de residuos en los municipios, fueron unos de los primeros documentos que se tuvieron en cuenta para este estudio. Actualmente, el Decreto 596 de 2016 reglamenta el esquema de operación de la actividad de aprovechamiento en el marco del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio.

Los PGIRS se centran en los residuos no peligrosos aprovechables, no aprovechables y especiales, los cuales deben tener en cuenta 3 horizontes de tiempo para la planificación: corto plazo (4 años), mediano plazo (8 años) y largo plazo (12 años) (Marín López et al., 2015). De acuerdo con la metodología para la elaboración del PGIRS (resolución 754 de 2014), se deben conformar dos grupos de trabajo multidisciplinarios: Grupo Coordinador y Grupo Técnico; este último es el encargado de la formulación del PGIRS, al igual que liderar la construcción de la línea base del Plan. La línea base del

PGIRS contempla aspectos de la prestación del servicio público de aseo, en términos de eficiencia, calidad y cobertura, al igual que componentes de este servicio público, incluidos los componentes de aprovechamiento, corte de césped y poda de árboles, limpieza de áreas públicas y la recolección y transporte en el área rural; adicionalmente debe contener información sobre los recicladores que existen en el municipio, las estaciones de clasificación y aprovechamiento, la gestión de los residuos especiales al igual de los residuos de construcción y demolición, entre otros aspectos. Es por esto que el documento técnico del PGIRS de los municipios en estudio son fundamentales para el análisis del presente estudio, ya que contienen no solo la información sobre la prestación del servicio, sino que son el mapa de navegación de las administraciones municipales para la gestión de integral de los residuos sólidos en el territorio local.

De acuerdo con el (Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012), la caracterización de los residuos sólidos, es la *“Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de un residuo sólido, identificando contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica”*; esta debe incluir la determinación de la composición física y química, frecuencias y tasas de generación por tipo de generador y de acuerdo a la estratificación socioeconómica.

Si el objetivo de la caracterización de residuos sólidos domiciliarios es determinar la generación de residuos sólidos en la fuente, la toma de muestras debe realizarse mediante aforo de los residuos presentados por los usuarios para recolección y transporte, identificando estrato y uso en la microrruta o sector de evaluación antes de que se realice la clasificación en fracciones potencialmente aprovechables o corrientes de residuos. La unidad de expresión de la generación de residuos sólidos en la producción diaria per cápita es kilogramos por habitante al día (Kg./hab-día), aunque pueden utilizarse unidades equivalentes (Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012).

Para el cálculo de la producción per cápita (PPC), puede utilizarse cualquier método técnicamente válido, ya sea recomendado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas

– ICONTEC o por estándares internacionales, para determinarla. Sea cual fuere el método escogido, éste debe considerar al menos las siguientes variables (Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012):

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

Cuando un municipio no cuenta un estudio de caracterización, se puede tomar como referencia los datos de Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), el cual en su título F está actualizado a 2012, como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5. Valores Indicativos de la producción per cápita para municipios colombianos

Valores Indicativos de la producción per cápita para municipios colombianos en kg/hab-día			
Nivel de complejidad del municipio	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Bajo	0,30	0,75	0,45
Medio	0,30	0,95	0,45
Medio Alto	0,30	1,00	0,53
Alto	0,44	1,10	0,79

Fuente: RAS 2000, título F: Sistemas De Aseo Urbano actualización 2012

La generación per cápita dimensiona la cantidad de residuos generados en un municipio, a partir de esta información determina la generación de estos en el corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a la población del año base y su respectiva proyección en el tiempo. Es un dato que surge de la caracterización física de los residuos sólidos

municipales y es la base para la formulación de proyectos de aprovechamiento y valorización de estos en un territorio.

Existen varias metodologías para la caracterización de residuos sólidos y de esa manera determinar el PPC, algunos la realizan en la fuente y otros en los sitios de disposición final.

Los residuos sólidos urbanos están compuestos por materiales con potencial de aprovechamiento como papel, cartón, metal, vidrio, textiles o plástico, entre otros. El manejo inadecuado que actualmente se les da a estos residuos y a los productos que contienen estos elementos durante todo el ciclo de vida, causa presión sobre la capacidad de los rellenos sanitarios, al igual que desperdicio de materia prima y energía (CONPES 3874, 2016).

De acuerdo con el documento *Política Nacional de Gestión Integral de Residuos, 2016*; existen pocas investigaciones relacionadas con producción y consumo sostenible y, en particular, en gestión de residuos y el potencial de aprovechamiento y tratamiento de los mismos; a pesar de que existen 408 programas de educación superior que incluyen la temática de residuos, tanto a nivel de pregrado como posgrado.

Estimar el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios, resultado de un estudio de caracterización física, implica conocer las características de estos con relación a la generación, composición y densidad, según el tipo de tratamiento/aprovechamiento que se pretenda dar a estos. El estudio de caracterización de residuos sólidos se debe llevar a cabo determinado el número de viviendas, las cuales deberán ser representativas del universo de la población. La metodología estadística que se aplica en los estudios de caracterización en los países de la Región de América Latina y el Caribe es la diseñada por el doctor Kunitoshi Sakurai en 1982 (CEPIS, 2005).

Por otro lado, otra fuente de información importante fue creada por la ley 142 de 1994, quien le asignó a la Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD) la responsabilidad de establecer los mecanismos de información que permitan organizar y mantener actualizados los datos de las empresas de servicios públicos, entre ellas las del servicio de aseo; de ahí, se desprende la ley 689 de 200, donde nace el Sistema Único de

Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI), el cual solicita a alcaldías y empresa de servicios públicos, un reporte periódico con los principales indicadores en la prestación del servicio en cuestión.

En el marco del Sistema de Información Ambiental, se ha creado el Subsistema de información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables SIUR y se ha adoptado el Registro Único Ambiental – RUA –, como instrumento de captura de este subsistema; el RUA es el instrumento de captura para los Sistemas de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables, donde de acuerdo a la resolución 1023 de 2010, algunas actividades económicas manufactureras, deben hacer un auto reporte sobre el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables empleados en su proceso productivo. Aunque el aplicativo es del IDEAM, son las Corporaciones Autónomas Regionales, las encargadas de que las empresas del sector manufacturero lleven a cabo su reporte anual, de una manera honesta y eficiente; para luego ser cargadas al sistema nacional.

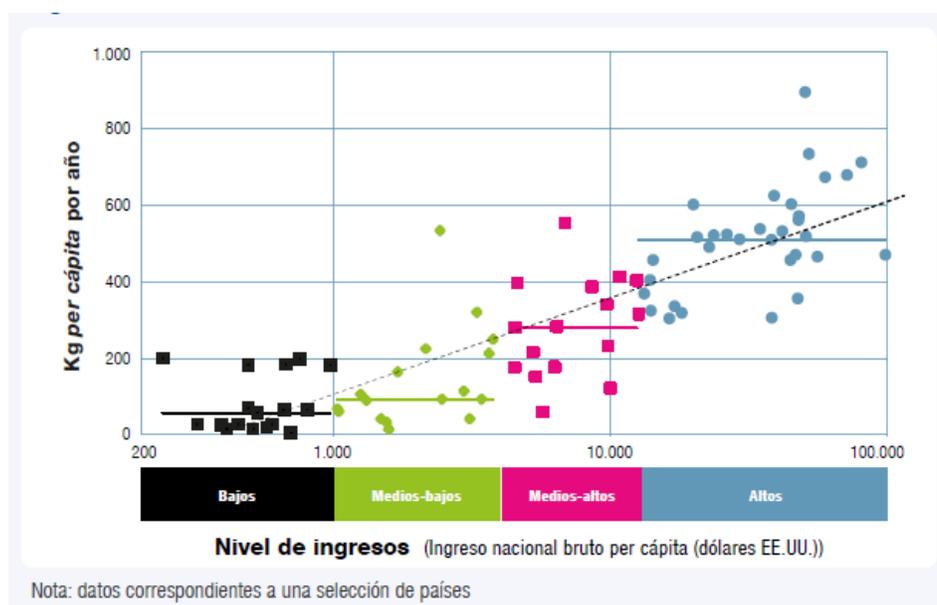
Con respecto a los residuos peligrosos (RESPEL), es a partir del decreto 4741 de 2005 donde se establecen claramente los lineamientos de la prevención y manejo adecuado de los RESPEL y mediante la resolución 1362 de 2007, se establecieron los requisitos y procedimientos para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos. Al igual que el Registro RUA, el registro RESPEL es un aplicativo que pertenece al IDEAM, pero son las Corporaciones Autónomas Regionales, las encargadas de que las empresas del sector manufacturero lleven a cabo su reporte anual, de una manera honesta y eficiente; para luego ser cargadas al sistema nacional.

8 REFERENTE CONTEXTUAL

8.1 CONTEXTO INTERNACIONAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

De acuerdo con el PNUMA (Wilson & Velis, 2015) anualmente en el mundo se producen entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de residuos urbanos provenientes de los hogares, el comercio, la industria y la construcción. Así mismo, la producción de residuos *per cápita* aumenta con el nivel de ingresos, como lo muestra en la Figura 7.

Figura 7. Producción de residuos per cápita a nivel mundial



Fuente: (PNUMA, 2015)

El informe de *Perspectiva mundial de la gestión de residuos* (Wilson & Velis, 2015) concluye, entre otros puntos, que los países desarrollados produjeron el 50% del total mundial de residuos en 2012, mientras que la producción *per cápita* de residuos se incrementa a medida que la economía de países emergentes se desarrollan.

Es importante resaltar a qué nivel mundial, los costos de la inadecuada gestión de residuos impacta directamente la salud pública tanto en infecciones gastrointestinales como respiratorias, generalmente en niños, dado que la obstrucción del sistema de

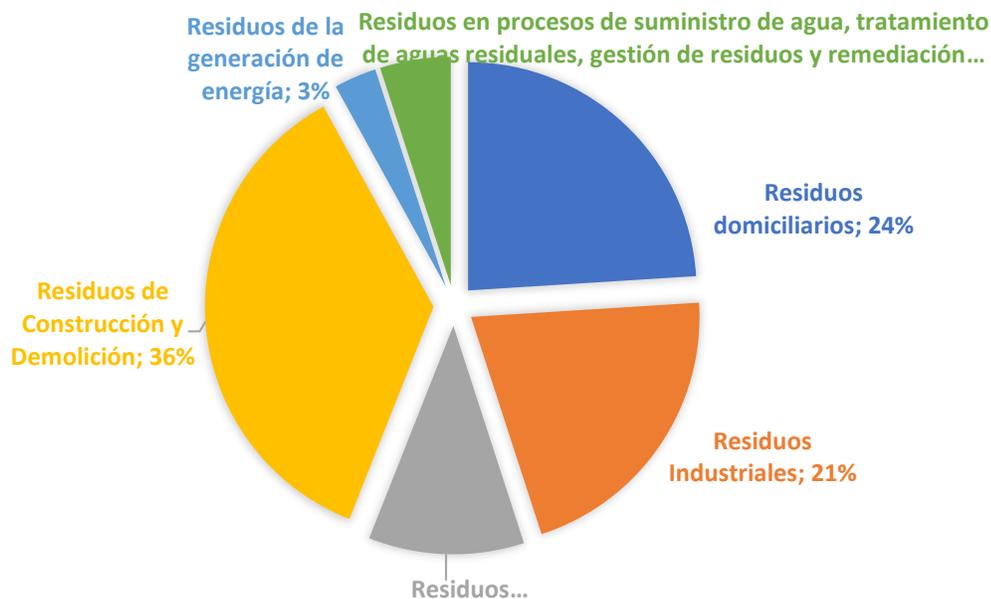
alcantarillado favorece la propagación de vectores y por ende de enfermedades infecciosas. Todo ello genera un costo entre 5 y 10 veces mayor al costo financiero per cápita que representa la adecuada gestión de los residuos, asociados a atención sanitaria, pérdida de la productividad, daños causados por las inundaciones, perjuicios para las empresas y el turismo, entre otros (Wilson & Velis, 2015). Por lo tanto, reducir, reutilizar y reciclar reducen las necesidades de inversión destinadas a tratamientos e instalaciones adecuadas para disposición final de residuos, al igual que los costos de atención médica.

De acuerdo con el PNUMA (Wilson & Velis, 2015), cada año se producen 1.300 millones de toneladas de residuos de alimentos, es decir el doble de la cantidad necesaria para alimentar a todas las personas desnutridas del mundo; si se impidiera esa situación, se podría evitar el 9% del total mundial de emisiones de gases de efecto invernadero.

La figura 6 muestra las tres (3) corrientes principales de residuos a nivel mundial, los desechos de construcción y demolición (C&D) con el 36% en primer lugar, le siguen los residuos urbanos (MSW) con el 24% en segundo lugar y en tercer lugar los residuos industriales con el 21%.

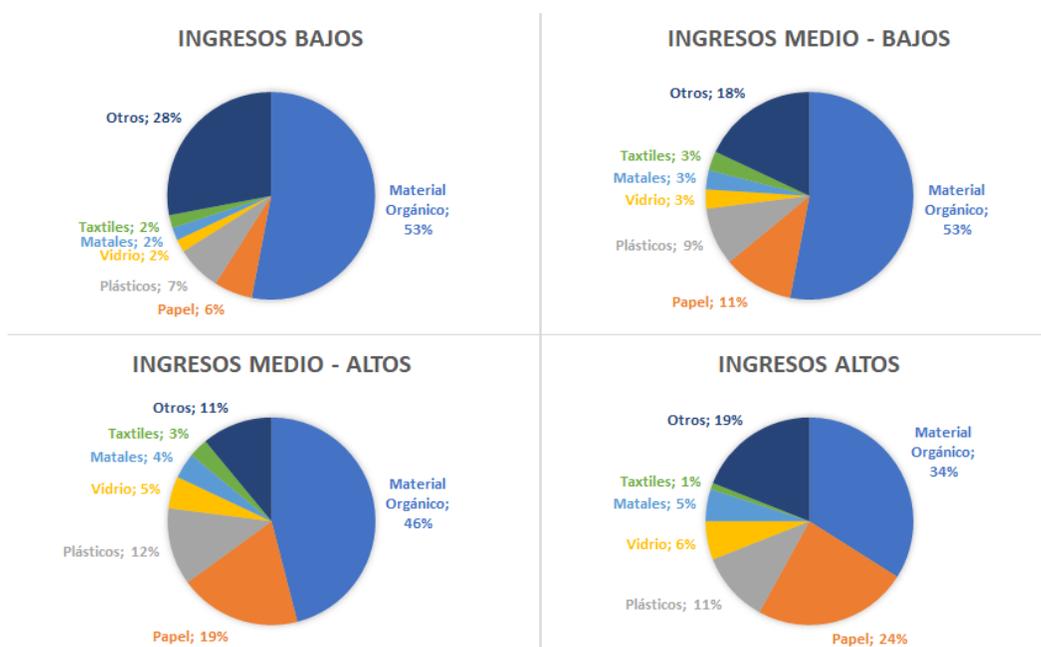
Hablando de la composición física de los residuos sólidos urbanos (RSU) y de acuerdo con el PNUMA (Wilson & Velis, 2015), La Figura 7 muestra una diferencia importante se observa en las fracciones orgánicas, que son significativamente más altas en los países de ingresos medios y bajos (con un promedio entre 46% y 53%), que en los países de ingresos altos (con un promedio de 34%). Es importante mencionar que los residuos urbanos contienen cada vez más cantidades de residuos peligrosos; de acuerdo con el PNUMA (2015), el porcentaje aproximado está entre el 1% y el 5% incluyendo los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Figura 8. Cantidades relativas de desechos de diferentes fuentes



Fuente: (PNUMA, 2015)

Figura 9. Variación en la composición de RSU de acuerdo al nivel de ingreso del país

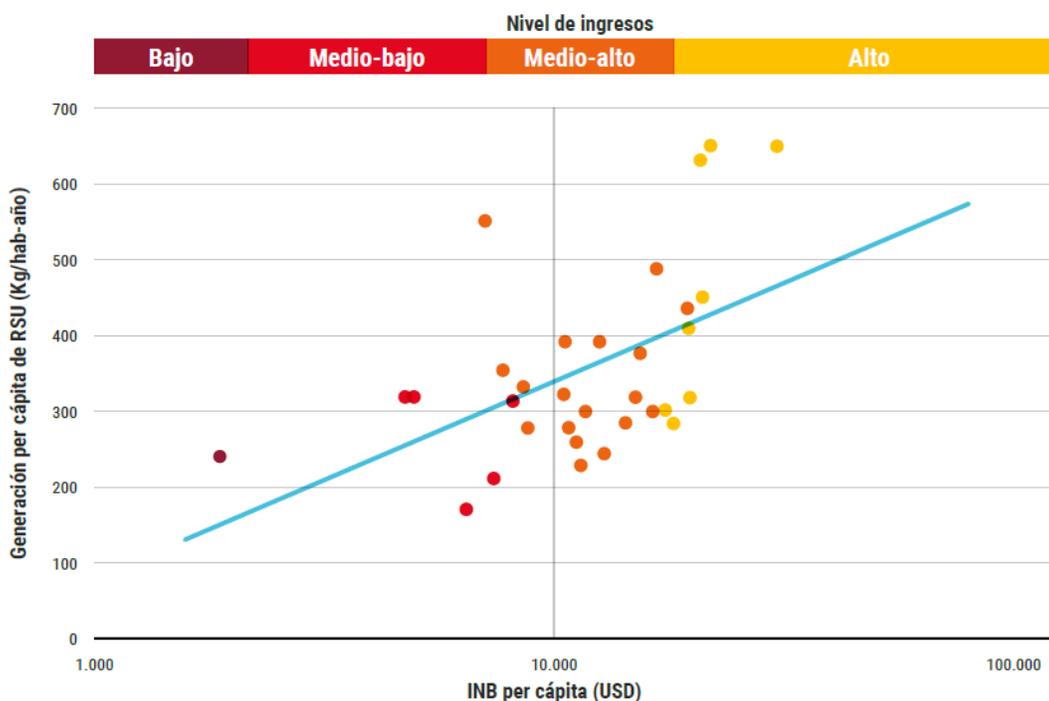


Fuente: (PNUMA, 2015)

8.2 CONTEXTO LATINOAMERICANO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El estudio de (ONU, 2018) para la Región de América Latina y el Caribe, ha estimado que para el año 2014 la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en los 33 países evaluados llegó a una cifra cercana a las 541.000 toneladas diarias, valor superior en cerca de 25% a las 436.000 toneladas reportadas por el estudio elaborado en la región por BID-AIDIS-OPS en 2010 (estudio comúnmente referido como *EVAL 2010*) (BID-AIDIS-OPS, 2011). Así mismo se muestra una relación directa entre la generación de residuos y el nivel de ingresos del país en Latinoamérica y el Caribe (LAC), como se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Producción de residuos per cápita en América Latina y el Caribe

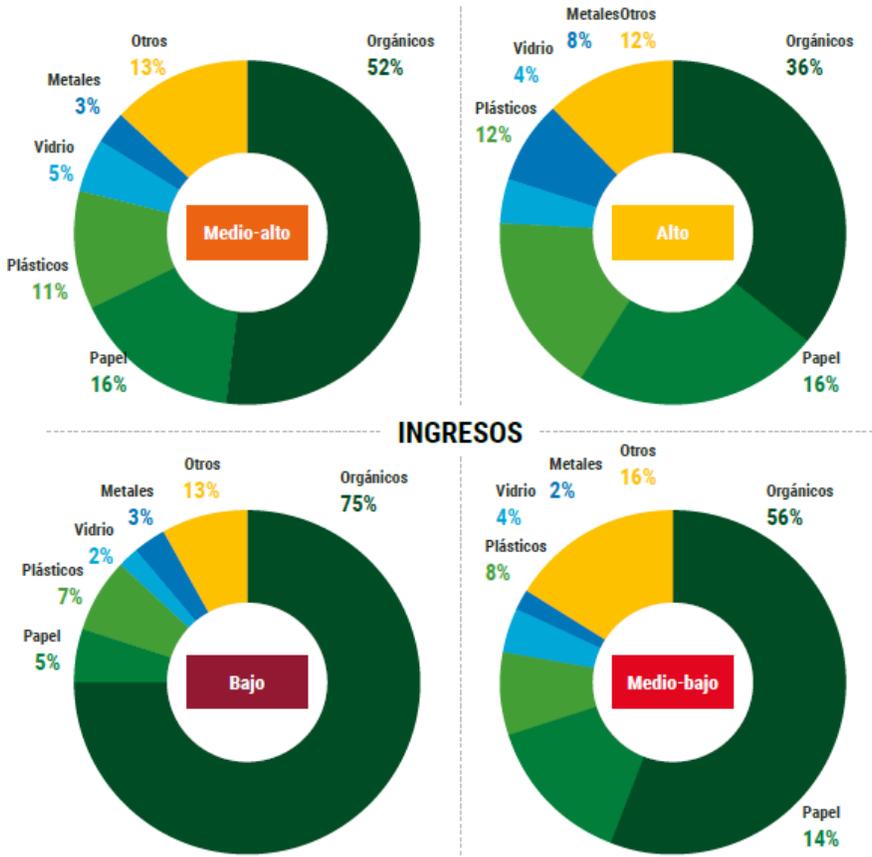


Fuente: (ONU, 2018)

La relación entre composición y nivel de ingresos en los países en LAC, permanece, de acuerdo a (ONU, 2018), como se muestra en la figura 9, donde se puede observar que la fracción orgánica es mayor porcentualmente, en los países de menos ingresos. Así mismo sucede con el papel, donde los países de alto ingreso reportan un mayor contenido de este

material en sus residuos, es decir un porcentaje de 5% en el nivel de ingreso más bajo y hasta un contenido de 23% para los países de alto ingreso, pasando por un 15 y 16% para los países con nivel de ingresos medio-bajo y medio-alto respectivamente, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Variación en la composición de los RSU (promedio aritmético) en función del nivel de ingreso en LAC

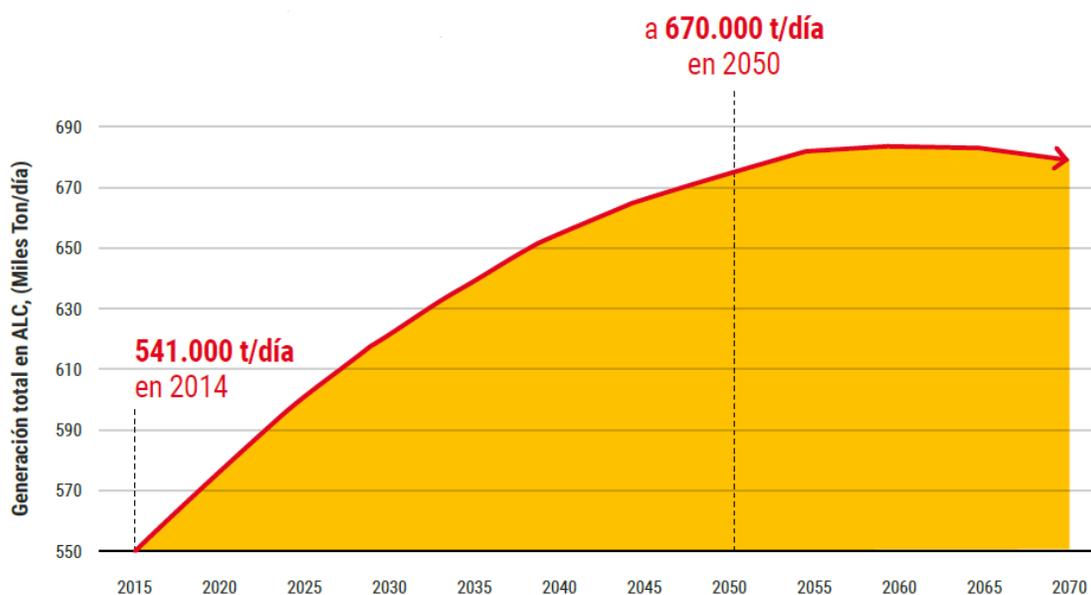


Fuente: (ONU, 2018)

De acuerdo a (ONU, 2018), en LAC del año 2010 al 2015 la población urbana se incrementó en 35 millones de personas, y se estima que para el año 2025 esta cifra puede llegar a 567 millones, repercutiendo en el volumen de generación de residuos en la región.

La población más alta se presenta en América del Sur, con un total de 346 millones de personas (83% de la población) que se estima viven en zonas urbanas en 2015, mientras que la región Caribe, registra la tasa de urbanización más elevada de la región, pues el porcentaje de la población que vivía en zonas urbanas al inicio del presente siglo era de 62%, llegó a 70% en 2015 y se espera que en el 2025 alcance la cifra de 75% (UNEP, 2016). Teniendo en cuenta el crecimiento de la población en LAC, se obtiene la proyección de la generación de RSU para la región hasta el año 2070, lo cual pasaría de 541.000 t/día en 2014 a 670.000 t/día en el 2050 (ONU, 2018), como se representa en la Figura 12.

Figura 12. Proyección de la generación de RSU en países de la región LAC



Fuente: (ONU, 2018)

8.3 CONTEXTO COLOMBIANO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En nuestro país, los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS son “*el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo integral de los residuos sólidos, fundamentado en la política de gestión integral de los mismos (CONPES 3874 DE 2016), el cual se ejecutará*

durante un período de 12 años, basándose una línea base, la proyección de los residuos y la población y en un plan financiero viable que permitan garantizar el mejoramiento continuo del manejo integral de residuos sólidos y la prestación del servicio de aseo, evaluado a través de la medición permanente de resultados”. (Decreto 1077 de 2015 expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio).

La formulación, seguimiento, adopción, evaluación y actualización de los PGIRS está a cargo de los municipios, de acuerdo a la metodología dispuesta en la Resolución 754 de 2015 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, basada en la metodología de Marco Lógico para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos establecida por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2005).

Los PGIRS de nueva generación tienen en cuenta el tamaño del municipio; así, para los pequeños se simplifica la formulación, de manera que puedan enfocarse en el diseño de programas y proyectos acordes con sus capacidades administrativas y de esta forma ser más efectivos en el momento de su implementación, con alternativas que se ajusten a las condiciones operativas y logísticas de cada uno. Con esto se busca que los proyectos tengan una viabilidad financiera e institucional, y que permita a las entidades territoriales incluir dentro de sus planes de desarrollo, las acciones y presupuestos requeridos para lograr los objetivos de calidad, continuidad y sostenibilidad de la prestación del servicio público de aseo, al igual que la gestión integral de los residuos sólidos, en un territorio determinado; con lo cual se busca avanzar en el desarrollo social, ambiental y económico del país. Los PGIRS deben incorporar el aprovechamiento de residuos sólidos en los municipios, distritos y regiones a través del programas de inclusión de recicladores de oficio, estrategias de educación a la población en temas como la separación en la fuente y la responsabilidad en el manejo de residuos en vías y áreas públicas, el sistema de recolección selectiva, la ubicación de los centros de clasificación y aprovechamiento y demás elementos necesarios para avanzar en la implementación de una política de desarrollo sostenible (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

La construcción de la línea base de los PGIRS se basa en la recopilación de información primaria obtenida a través de mediciones en campo; así como en información secundaria obtenida de documentos oficiales relativos a autorizaciones ambientales, reportes al Sistema Único de Información (SUI), informes de auditoría externa de gestión y resultados, reportes de las empresas prestadoras de los diferentes servicios públicos, estudios nacionales, regionales o locales sobre aprovechamiento, entre otros.

El estudio de caracterización de residuos sólidos en la fuente, hace parte de la línea base de los PGIRS y es fundamental para el desarrollo e implementación de proyectos de aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos, ya que estos deben basarse en el estudio en cuestión (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015). La caracterización física de los residuos debe contemplar la separación de los residuos en diferentes corrientes de residuos aprovechables y no aprovechables, para reportar peso por cada tipo y densidad.

Del estudio de caracterización de residuos sólidos en la fuente se obtiene el Potencial de Aprovechamiento, el cual se refiere a la porción de residuos que son susceptibles de valorización para ser reincorporados en cadenas productivas. De acuerdo al (CONPES 3874, 2016), cuando el Potencial de Aprovechamiento está por encima del 30%, la ciudad puede incorporar el Incentivo al Aprovechamiento vía tarifa, lo cual viabiliza financieramente los proyectos de valorización que puedan estar planteados en el PGIRS.

Por lo anterior, es importante conocer que la resolución CRA 720 definió el nuevo marco tarifario para el servicio público de aseo para municipios que con más de 5.000 suscriptores, con la cual se busca que el cuarto periodo tarifario contribuya en el cambio de paradigmas y se permita avanzar hacia una gestión integrada y sostenible del servicio público de aseo, en donde las tecnologías limpias y eficientes permitan prestar un servicio con mayores estándares de calidad a los usuarios y los municipios (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2020), de tal manera los proyectos de aprovechamiento y tratamiento de residuos sean viables tanto técnica como financieramente, como se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Perspectiva del servicio público de aseo – Cuarto periodo regulatorio



Fuente: (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2020)

Por tanto, la CRA busca con el cuarto periodo tarifario cumplir con los siguientes objetivos, los cuales complementan y dan viabilidad a la gestión de los residuos sólidos en los municipios con más de 5.000 suscriptores (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2015):

- Mejorar continua y permanentemente los estándares del servicio.
- Alcanzar cobertura del 100% en las áreas urbanas.
- Proteger las fuentes hídricas mediante el tratamiento de lixiviados.
- Remunerar la actividad de aprovechamiento a partir de la normatividad vigente, atendiendo los exhortos del Auto 275 de 2011 de la Honorable Corte Constitucional y siguiendo los lineamientos establecidos en el Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

- Fomentar y aprovechar economías de escala en los componentes de recolección y transporte, aprovechamiento y disposición final; que a su vez facilitan el impulso de proyectos regionales eficientes.
- Definir estándares de productividad, y establecer que las ganancias de este parámetro se distribuyan entre los prestadores de aseo y sus suscriptores, de acuerdo con lo establecido en la Ley 142 de 1994.

Dado lo anterior, los documentos de los PGIRS fueron en una herramienta estratégica para este estudio, dado que son la guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales, desde una mirada multisectorial e interdisciplinaria.

Por otro lado y teniendo en cuenta que los residuos no solo se producen a partir de las actividades domiciliarias, sino también comerciales e industriales; el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) es la herramienta que ha venido implementando el IDEAM para dar cumplimiento a los compromisos propuestos para ser parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), siendo uno de los principales propósitos, el subsistema de Información sobre el Uso de los Recursos Naturales Renovables (SIUR), que tiene como función gestionar la información ambiental relacionada con la demanda y uso de los recursos naturales renovables, las emisiones y transferencias de contaminantes y sus potenciales impactos al aire, al suelo, al agua, a los ecosistemas y a los asentamientos humanos.

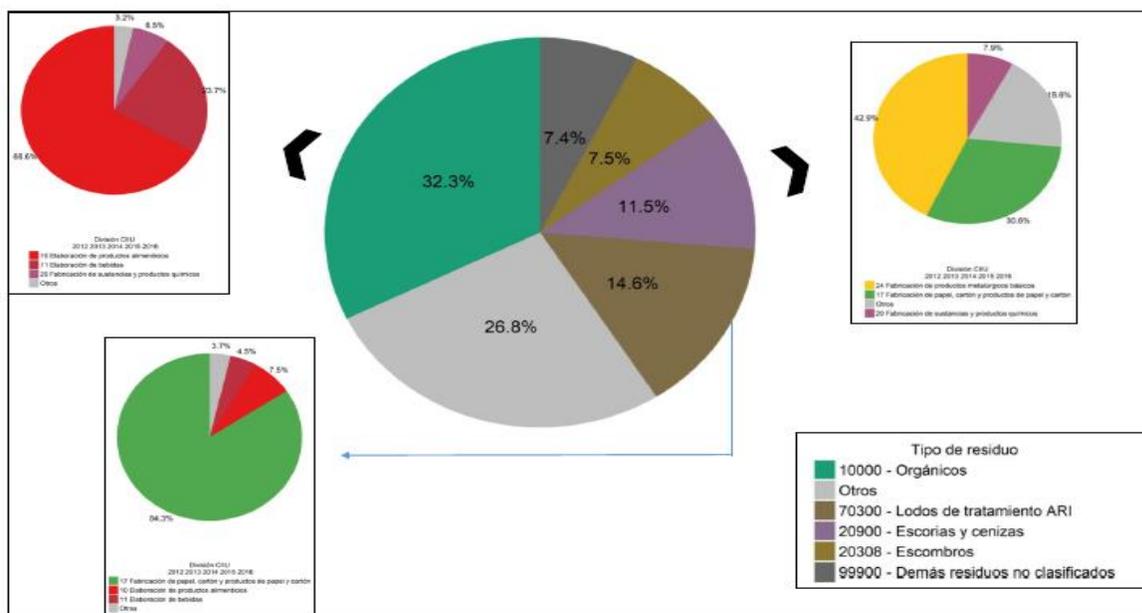
El SIUR ha desarrollado protocolos para el monitoreo y seguimiento de los sectores manufacturero, hidrocarburos y eléctrico, que cuentan con una herramienta web de auto declaración para la captura de información denominada Registro Único Ambiental (RUA), para cada uno de los sectores en mención. Para el sector manufacturero, el RUA les permite a las corporaciones autónomas regionales, analizar reportes anuales de balance sobre la demanda y uso de recursos naturales, emisiones y transferencias de contaminantes al aire, agua y suelo.

En Colombia, de acuerdo con el Informe RUA – MF 2009 A 2016 (IDEAM, 2017a), la distribución de los establecimientos que reportan anualmente y siguen activos en el RUA son Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca, los cuales aportan más del 66% de

las empresas partícipes a nivel nacional, dado que son las zonas del país en donde se ubican los principales corredores industriales; otros departamentos de importancia son Cundinamarca y Atlántico que aportan un 15% adicional.

De acuerdo con la Figura 14, los sectores de la industria manufacturera en el país con mayor participación y que representan un 57% de los establecimientos registrados son “Elaboración de productos alimenticios” (18%), “Fabricación de sustancias y productos químicos” (10,0%), “Fabricación de productos de caucho y de plástico” (7,6%), “Fabricación de otros productos minerales no metálicos” (7,6%), “Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo” (7,3%) y “Actividades impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales” (6,6%) (Informe RUA – MF 2009 A 2016).

Figura 14. Participación por corrientes de residuos 2012 a 2016 y su relación con algunas Divisiones Manufactureras



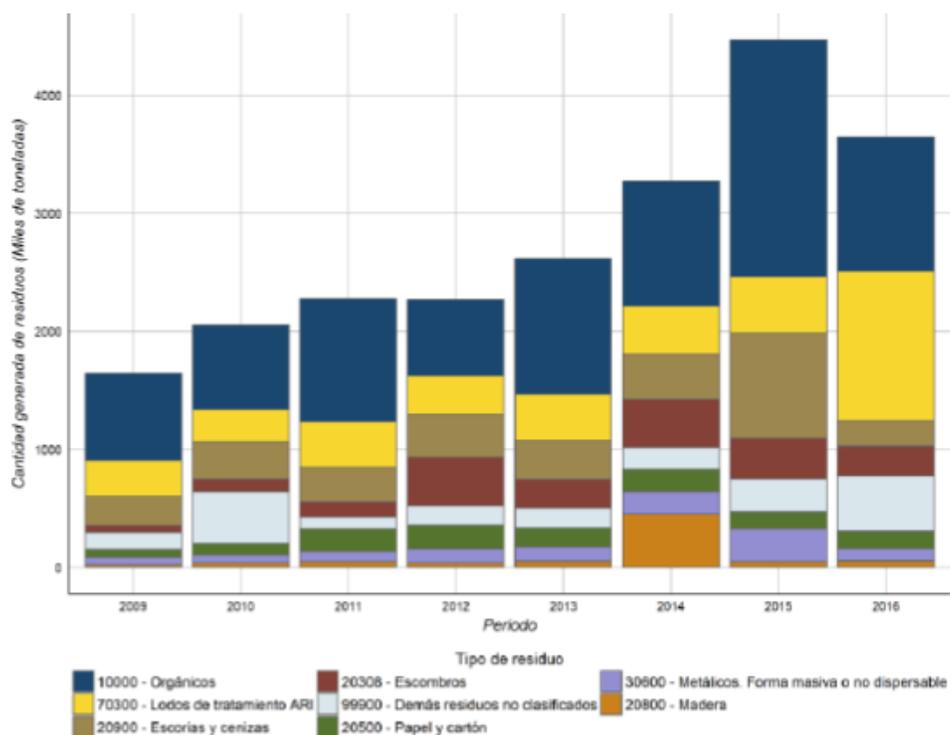
Fuente: Informe RUA – MF 2009 A 2016

En el Informe RUA – MF 2009 A 2016 (IDEAM, 2017a), la generación en Colombia de residuos no peligrosos en kilogramos, correspondientes a las divisiones

“Elaboración de productos alimenticios” y “Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón”, fueron las más representativas. Mientras que las corrientes de residuos más generados fueron “Residuos de origen orgánico” seguidos de “Lodos de tratamiento ARI”, para los cuales se pudo observar que el porcentaje de aprovechamiento está alrededor de un 80% y 30% respectivamente.

En la Figura 15 se puede observar la generación total de residuos no peligrosos y la participación de las cinco corrientes de residuos de mayor generación por cada año o periodo de balance. Se aprecia que de los residuos más generados están los de tipo “Orgánicos” los cuales tienen potencial de aprovechamiento ya sea por el mismo generador o por un tercero.

Figura 15. Cantidad de residuos no peligrosos generada por periodo de balance y por corriente



Fuente: Informe RUA – MF 2009 a 2016

En la corriente se puede ver que la corriente “Residuos Orgánicos” tiene una alta tasa de aprovechamiento mientras que para “Escombros” y “Lodos de tratamiento de aguas residuales industriales” la gestión más representativa es la Disposición ya sea por el mismo generador o por terceros, de acuerdo al informe RUA – MF 2009 A 2016 . Esta información es altamente sensible, dado que las empresas no conocen aún los diferentes tipos de gestión de los residuos sólidos.

8.4 CONTEXTO INTERNACIONAL, LATINOAMERICANO Y COLOMBIANO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Los desechos peligrosos representan un mayor riesgo para salud humana y el medio ambiente que los residuos no peligrosos y surgen de múltiples fuentes, que varían desde industrias a pequeña y gran escala hasta hospitales y oficinas y hogares, por lo ha llevado a la introducción de controles legislativos y el establecimiento de un medio ambiente sano sistemas de gestión. Sin embargo, un efecto secundario de introducir tales controles en países desarrollados en la década de los setentas, fue exportar residuos peligrosos a países donde los controles eran escasos o débiles y, por tanto, la comunidad internacional negoció y adoptó el Convenio de Basilea sobre el Control de movimientos transfronterizos de peligrosos Desechos y su eliminación en 1989. Esto incluyó tanto el tratamiento para destruir los componentes peligrosos, como la combustión a alta temperatura de contaminantes orgánicos incluyendo bifenilos policlorados (PCB) de los transformadores eléctricos y el tratamiento químico del cianuro. En los últimos años, la atención en el sector industrializado se ha enfocado particularmente en la prevención de residuos peligrosos, a través reducir la peligrosidad (por ejemplo, la sustitución de menos materiales tóxicos para mercurio y cadmio en baterías y otros productos). A pesar de tales cambios en la industria, y a pesar de las recesiones en gran parte del mundo desarrollado, parece que la generación de residuos peligrosos sigue aumentando en los países desarrollados; Por ejemplo, en la Unión Europea (UE), hubo un aumento general del 3,3% en los desechos peligrosos generados entre 2010 (97,5 millones de toneladas) y 2012 (100,7 millones de toneladas) (UNEP & ISWA, 2015).

A nivel mundial los tres mayores generadores de Residuos Peligrosos (RESPEL) en el año 2016, de acuerdo con cifras del Convenio de Basilea, fueron Rusia (5.441 millones de toneladas), China (53,3 millones de toneladas) y Alemania (17,2 toneladas) y; Santa Lucía en el mar Caribe (1.716 toneladas), Guinea Bissau en África (1.800 toneladas) y Andorra ubicada en el Suroeste de Europa (1.923 toneladas). Los dos primeros países que reportan la mayor generación a nivel mundial se encuentran entre los de mayor PIB (Producto Interno Bruto) del año 2016, de acuerdo con los datos del Banco Mundial. Es importante mencionar que EEUU al no ratificar el Convenio de Basilea, no reporta su generación, al igual que Canadá, España, Francia, Italia, Japón entre otros, que no reportaron información en 2016 (IDEAM, 2017a).

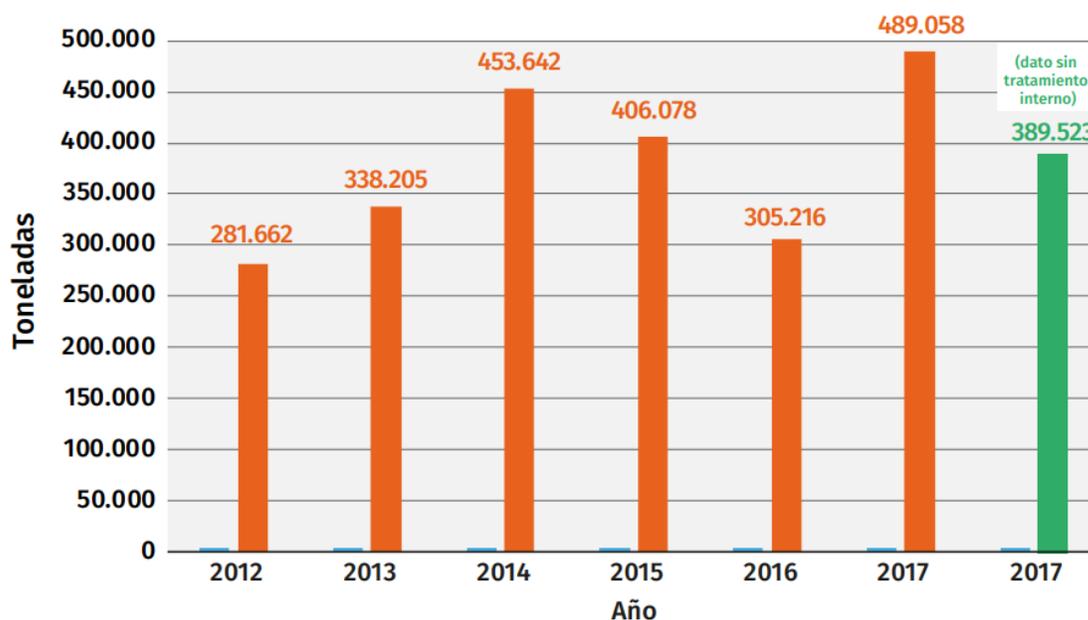
Tabla 6. Generación de residuos peligrosos en algunos países del mundo 2015 – 2016 (Toneladas)

País	2015 (Toneladas)	2016 (Toneladas)	País	2015 (Toneladas)	2016 (Toneladas)
Andorra		1.923	Honduras	253	2.800
Alemania		17.200.000	Hungría		561.098
Algeria	27.040	11.850	Islandia		47.853
Arabia Saudita		559.334	Irlanda		371.435
Armenia	47.338.500		Irak	441.176	7.233
Australia		11.398.665	Israel		388.328
Austria	1.265.844	1.267.779	Letonia		63.661
Azerbaijan		628.590	Lituania	154.645	169.946
Barbados		10.208	Luxemburgo	317.788	
Bosnia		9.675	Malasia	2.314.714	1.662.122
Bulgaria	181.866	137.829	Malta	41.318	143.193
China	39.761.000	53.473.000	México	98.822	154.783
Chipre		64.549	Mozambique	38.860	43.996
Cabo verde		25.885	Nicaragua	2.872	3.524
Colombia	406.078	305.216	Nigeria	30.800	
Costa Rica	7.439		Perú	107.630	
Croacia		171.082	Polonia		2.227.248
Cuba	301.860	230.897	Portugal	857.027	762.973
Dinamarca		534.000	Qatar		40.203
Egipto	245.000	2.745.000	República Checa		1.443.759
El Salvador	1.146.559	1.130.475	Rusia	5.060.243.679	5.441.314.000
Emiratos Árabes	297.141	268.234	Santa Lucía		1.716
Eslovaquia	400.209	486.856	Serbia	53.474	74.318
Eslovenia	137.679	120.000	Singapur	411.180	478.990
Estonia	9.233.049		Suiza		23.026
Filipinas	4.332.026	1.381.774	Sur África	51.772.003	12.144.931
Guatemala		3.000	Togo	832.499	874.124
Grecia	220.000	440.000	Trinidad y Tobago	203.610	
Guinea Bisáu		1.800	TOTAL (Toneladas)	5.223.223.641	5.555.612.881

Fuente: Informe RESPEL (IDEAM 2017)

El Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos de Colombia 2017 indica que la mayor generación de residuos peligrosos fue registrada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) en Bogotá con 69.868 toneladas que representa el 14,3% del total, en segundo lugar, se encuentra CORPORINOQUÍA con 63.486 toneladas de RESPEL que representa el 13% y en tercer lugar la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) con 42.976 toneladas, 8,8% del total de la generación. La ANLA tiene a cargo la vigilancia y control ambiental de los proyectos que requieren licencia ambiental de mayor tamaño y capacidad en el país, de acuerdo con el capítulo 3 del Decreto 1076 de 2015; por tal motivo gran parte de las empresas y establecimientos que reportan son grandes generadores.

Figura 16. Generación de residuos peligrosos en Colombia 2012 – 2017 (toneladas/año)

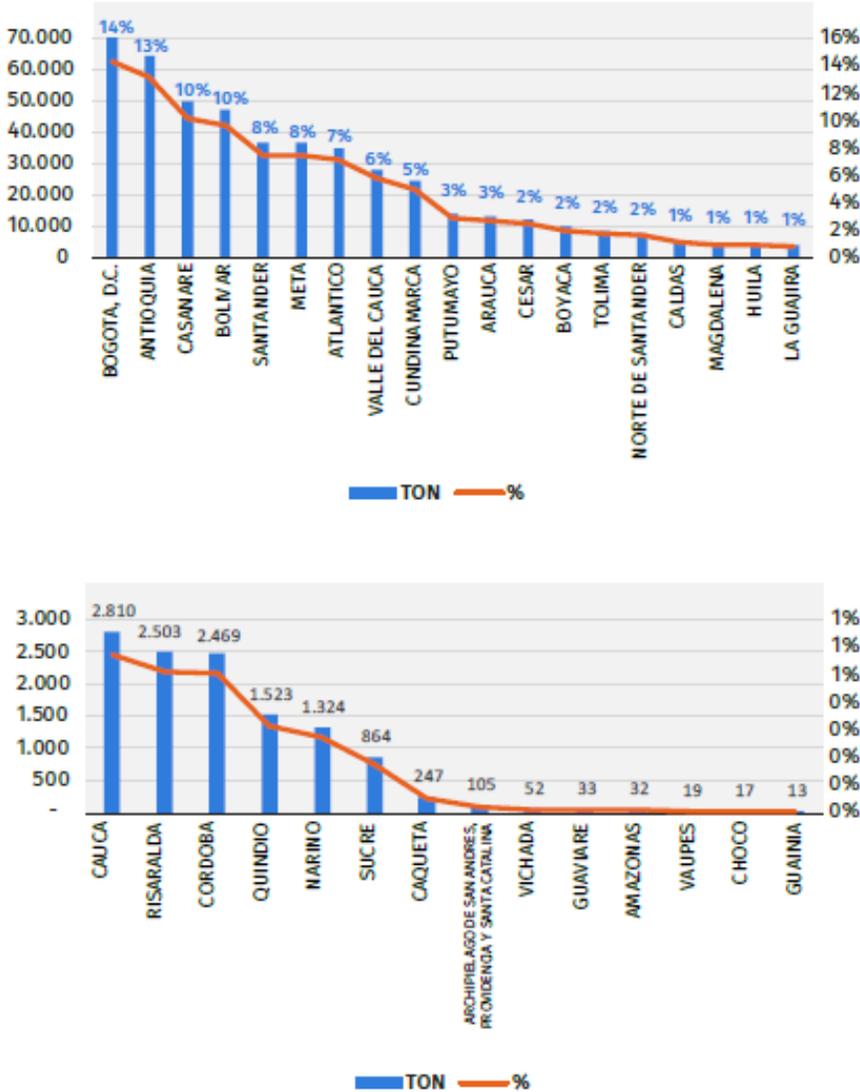


Fuente: Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos de Colombia 2017

En el año 2017, se observa variación de la tendencia en la generación de residuos peligrosos a nivel nacional; los tres departamentos o zonas geográficas donde se reportó la mayor generación de residuos peligrosos fueron: Bogotá, Antioquia y Casanare. En estos dos últimos, su mayor generación fue atribuida al sector de hidrocarburos y a la generación

de residuos de mezclas de emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua (Y9. Los departamentos donde se genera menor cantidad de Respel son los correspondientes a Guainía, Chocó y Vaupés. (IDEAM, 2017a).

Figura 17. RESPEL generados en Colombia por departamento



Fuente: Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos de Colombia 2017

En cuanto a nivel municipal se refiere, los que más generaron residuos peligrosos en el año 2017 fueron Cartagena - Bolívar (40.946 Toneladas), Yondó – Antioquia (39.756

ton) y Barrancabermeja (31.182 toneladas). En Cartagena, la mayor generación de Respel se asocia a actividades de fabricación y refinación del petróleo, en Yondó, a las actividades de extracción del petróleo y gas y Barrancabermeja a la refinación de productos del petróleo. Los municipios donde se registró la menor generación Respel del país, fueron en Soracá en Boyacá y Urumita en la Guajira.

Figura 18. Municipios de mayor generación de residuos peligrosos 2017 (Toneladas)



Fuente: Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos de Colombia 2017

Con respecto a las corrientes de residuos peligrosos de mayor generación en Colombia, (IDEAM, 2017) reporta que los provenientes de mezclas y emulsiones con hidrocarburos(Y9) representan el 51% (250.067 toneladas) de la generación total, seguidos por Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas (Y1) con el 9% (46.431 toneladas).

Figura 19. Corrientes de residuos peligrosos más generadas en el 2017

	TIPO DE CORRIENTES CON SU EQUIVALENCIA	2017 (Toneladas)	%
	Y9 - Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua. A4060 - Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.	250.067	51%
	Y1 - Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas. A4020 - Desechos clínicos y afines	46.431	9%
	Y8 - Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados. A3020 - Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados.	34.343	7%
	Y31 - Desechos que tengan como constituyentes: Plomo, compuestos de plomo. A1160 - Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados. A3030 - Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo.	33.188	7%
	Y18 - Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.	15.168	3%

Fuente: Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos de Colombia 2017

De acuerdo con el tipo de actividad económica clasificada según el código CIIU⁴, se generan las diferentes clases de residuos peligrosos, con base en el análisis del año 2017, las tres actividades económicas que reportaron la mayor generación fueron: Las derivadas de extracción del petróleo crudo y gas natural 159.624 ton (33%), las actividades de fabricación de productos de la refinación del petróleo (47.839 ton), y las actividades de hospitales y clínicas con internación con 33.532 ton (7%) (IDEAM, 2017a).

⁴ Clasificación Internacional Industrial Uniforme de todas las actividades económicas.

Figura 20. Generación de Residuos Peligrosos por actividad económica 2016 - 2017 (Toneladas)

	ACTIVIDAD_ECONOMICA CIU_Rev.4.0_A.C.	2016		2017	
		GENERACIÓN TOTAL (Toneladas)	% total	GENERACIÓN TOTAL (Toneladas)	% total
	0610 Extracción de petróleo crudo	96.334	32	159.624	33
	1921 Fabricación de productos de la refinación del petróleo	6.720	2	47.839	10
	8610 Actividades de hospitales y clínicas, con internación	25.487	8	33.532	7
	0910 Actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural	10.791	4	29.301	6
	2410 Industrias básicas de hierro y de acero	25.093	8	21.360	4

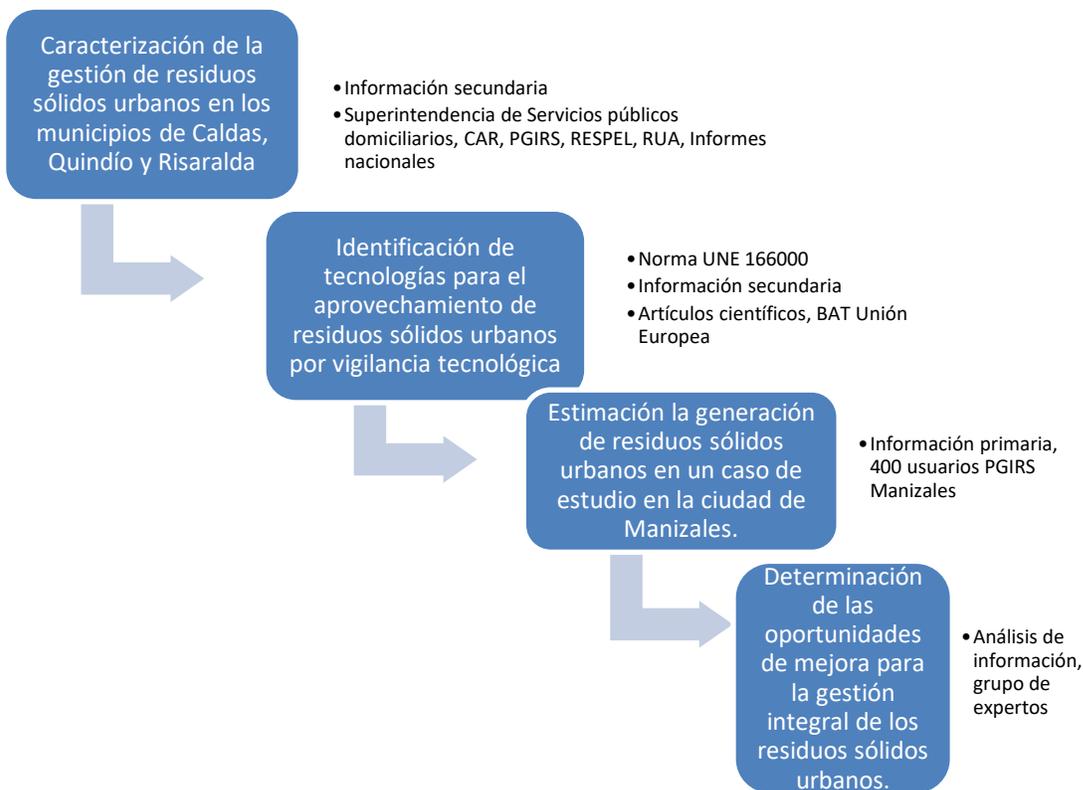
Fuente: Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos de Colombia 2017

Finalmente en Colombia, de acuerdo con información del Registro de Generadores fueron manejadas 510.805 toneladas de Respel por medio de aprovechamiento, tratamiento y disposición final interna y externa, de las cuales 296.502 toneladas fueron tratadas (58%), 122.665 toneladas fueron dispuestas (24%) y 91.637 toneladas fueron aprovechadas (18%) (IDEAM, 2017a).

9 METODOLOGÍA

Este proyecto de investigación aplicada empleó un enfoque de tipo descriptivo. Para su desarrollo se planteó el siguiente diseño metodológico. A continuación, se describe además la metodología por objetivo.

Figura 21. Esquema metodológico



Fuente: Elaboración propia para el estudio

- **Metodología para la caracterización de la gestión de residuos sólidos urbanos en los municipios de Caldas, Quindío y Risaralda**

Este objetivo fue desarrollado con información secundaria. Se tomaron como base los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para los municipios de los

departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, donde se obtuvo información relacionada con la generación, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos municipales. Por otra parte, se consideró la información de la Superintendencia de Servicios Públicos.

Se solicitó a Corpocaldas, CRQ y CARDER la información de los Registro RUA y RESPEL; sin embargo, sólo se obtuvo información para Caldas, en los demás se tuvo en cuenta los informes nacionales del IDEAM y la información global consolidada reportada por la CRQ y la CARDER.

Con relación a las variables de análisis, se consideraron la disposición final en kg/día, y la producción per cápita (PPC) de residuos que fue estimada con la población urbana del DANE, así:

$$ppc(Kg/hab. día) = \frac{\text{Residuos a Disposición final (kg/día)}}{\text{Habitantes de la zona urbana}}$$

La siguiente matriz recopila las variables para la caracterización de la gestión. La información cuantitativa fue obtenida en series histórica, de tal manera que se pueda realizar el análisis de estadística descriptiva y el análisis de tendencias. Para tal efecto, se empleó el software Microsoft Excel y el software estadístico SSPS.

Tabla 7. Matriz de variables para residuos

VARIABLE	PERIODO	INSTITUCIÓN	SUB DIRECCIÓN/ÁREA
Cobertura de alcantarillado	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Superintendencia de Servicios Públicos	Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI)
Cobertura servicio de aseo	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Alcaldías de municipios de Risaralda	Secretarías de Planeación PGIRS
		CRQ	Regulación y Control Ambiental
		CORPOCALDAS	Evaluación y Seguimiento Ambiental

VARIABLE	PERIODO	INSTITUCIÓN	SUB DIRECCIÓN/ÁREA
Producción per cápita de residuos sólidos ordinarios	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Alcaldías de municipios de Risaralda	Secretarías de Planeación PGIRS
		CRQ	Regulación y Control Ambiental
		CORPOCALDAS	Evaluación y Seguimiento Ambiental
Clasificación de residuos ordinarios	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Alcaldías de municipios de Risaralda	Secretarías de Planeación PGIRS
		CRQ	Regulación y Control Ambiental
		CORPOCALDAS	Evaluación y Seguimiento Ambiental
Reciclaje y aprovechamiento de residuos	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Alcaldías de municipios de Risaralda	Secretarías de Planeación PGIRS
		CRQ	Regulación y Control Ambiental
		CORPOCALDAS	Evaluación y Seguimiento Ambiental
Frecuencia de recolección de residuos sólidos ordinarios	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Alcaldías de municipios de Risaralda	Secretarías de Planeación PGIRS
		CRQ	Regulación y Control Ambiental
		CORPOCALDAS	Evaluación y Seguimiento Ambiental
Disposición final de residuos sólidos ordinarios	Según información disponible para el período 2005 - 2015	Alcaldías de municipios de Risaralda	Secretarías de Planeación PGIRS

VARIABLE	PERIODO	INSTITUCIÓN	SUB DIRECCIÓN/ÁREA
		CRQ	Regulación y Control Ambiental
		CORPOCALDAS	Evaluación y Seguimiento Ambiental
		Superintendencia de Servicios Públicos	Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI)
Producción de residuos sólidos peligrosos	Según información disponible para el período 2005 - 2015. Levantamiento de información 2018	Corpocaldas	Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental
		CARDER	Subdirección de Gestión Ambiental Sectorial
		CRQ	Subdirección de Regulación y Control Ambiental
Tipos de RESPEL generados	Según información disponible para el período 2005 - 2015. Levantamiento de información 2018	Corpocaldas	Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental
		CARDER	Subdirección de Gestión Ambiental Sectorial
		CRQ	Subdirección de Regulación y Control Ambiental

Fuente: Elaboración propia para el estudio

Identificación de tecnologías para el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos por vigilancia tecnológica

De acuerdo con la Norma UNE 166000 (2006), la Vigilancia Tecnológica es un "Proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios".

Esta norma plantea cuatro componentes de Vigilancia Estratégica que deben ser incluidos y los cuales se plantearon para el estudio:

- Vigilancia del Entorno: Identificación, valoración y uso de la información sobre legislación, aspectos medioambientales y socioculturales en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
- Vigilancia Comercial: Identificación, valoración y anticipación de necesidades de consumo, estilo de vida y tendencias de demanda socioculturales.
- Vigilancia Competitiva: Valoración e identificación y valoración de productos y servicios en desarrollo o disponibles en mercados líderes.
- Vigilancia Tecnológica: Identificación, evaluación y uso de señales para reconocer y advertir en una fase temprana, tecnologías emergentes, discontinuidades tecnológicas (innovaciones disruptivas o rupturistas), oportunidades y amenazas.
- Para este análisis se tuvo en cuenta los informes nacionales, internacionales, artículos científicos y los reportes de mejores tecnologías disponibles (BAT) de la Unión Europea.

Estimación la generación de residuos sólidos urbanos en un caso de estudio en la ciudad de Manizales

Para este objetivo se adoptó la metodología de estudio caso, para la ciudad de Manizales, departamento de Caldas. La muestra definida fueron 400 usuarios del Servicio de Aseo que fueron seleccionados de acuerdo con su disposición de participar en el estudio. La muestra fue estratificada considerando el estrato socioeconómico y la cantidad de usuarios por estrato, según la información suministrada por la Empresa Prestadora de Servicios Públicos, EMAS.

A cada usuario se les realizó una visita y una entrevista para recolección de información de las variables socioeconómicas principales, se entregaron tres bolsas para la separación de los residuos en la fuente por espacio de 8 días, luego se pesaron y separaron los residuos para su clasificación. Esta labor fue realizada por el equipo técnico del PGIRS de la Universidad Católica de Manizales, Corpocaldas y la Secretaría de Medio Ambiente de Manizales. La información fue analizada para la actualización del PGIRS. Para el

trabajo se planteó el uso de esta información y un análisis detallado empleando herramientas de análisis de datos y estadística descriptiva e inferencial para identificar diferencias entre los estratos.

10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

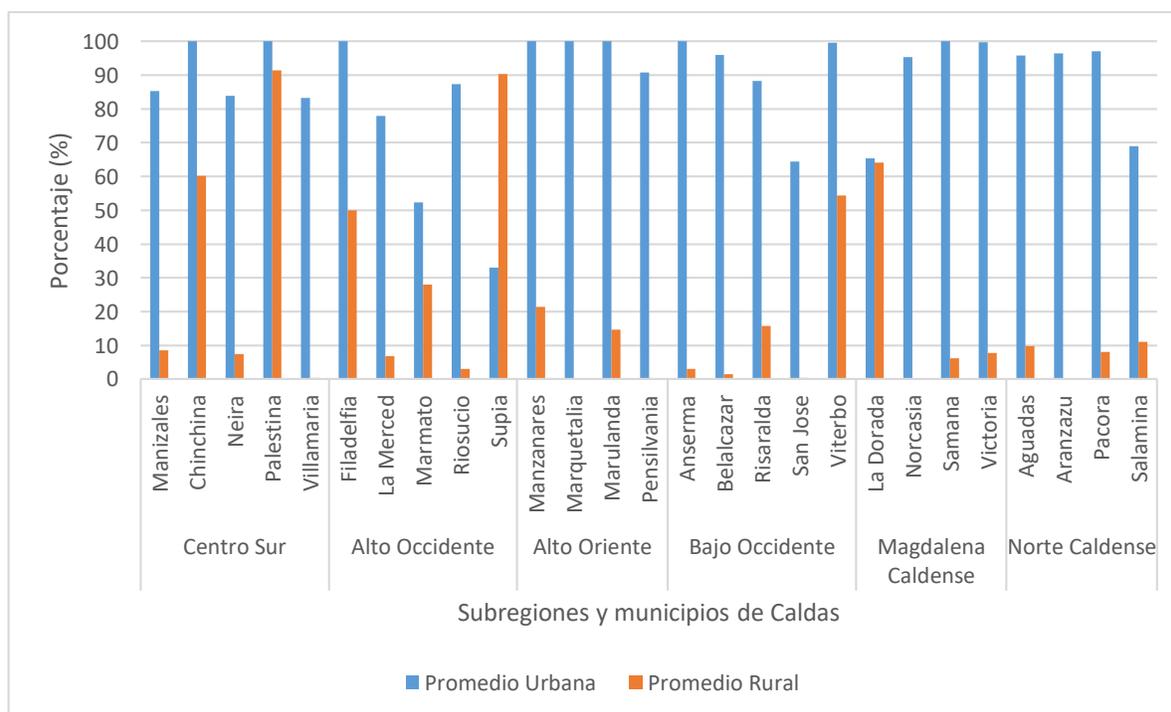
10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CALDAS

El análisis de los indicadores relacionados con la gestión de residuos en el departamento de Caldas se muestra a continuación:

10.1.1 Cobertura Del Servicio De Aseo En Caldas

Los entes territoriales de los municipios al igual que las empresas prestadoras de los servicios públicos, reportan al SUI la cobertura, tanto en la zona urbana como rural, que se resume en la Figura 22, para el año 2016.

Figura 22. Cobertura promedio del servicio público de aseo en Caldas de 2009 a 2016



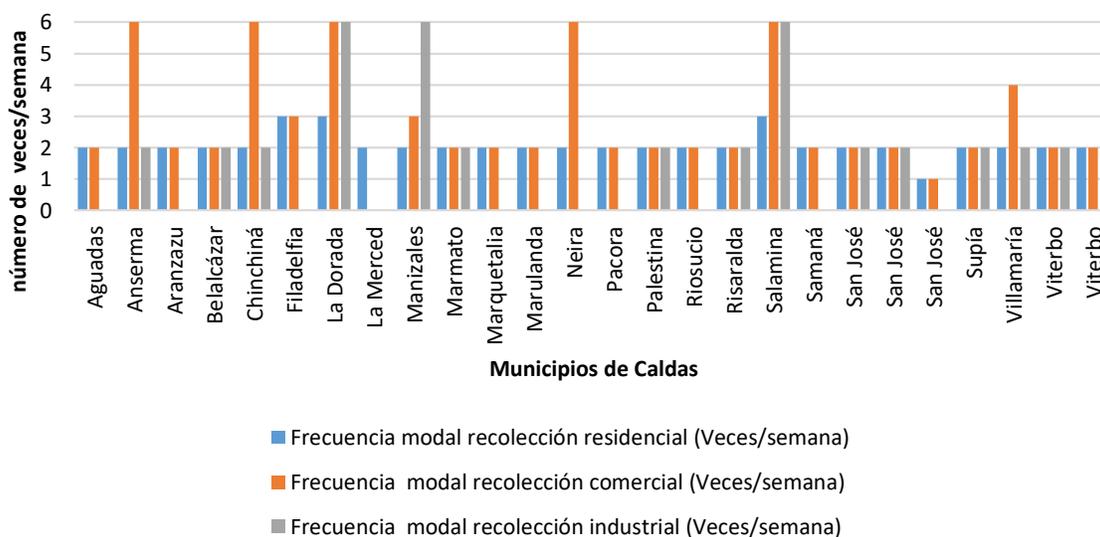
Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2018

Es importante mencionar que esta información corresponde a la auto declaración de los municipios o las empresas prestadoras de los servicios públicos y que fue consultado del reporte que hay disponible en la plataforma de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

10.1.2 Frecuencia De Recolección De Residuos Sólidos Domiciliarios En Caldas

En el SUI los datos existentes de frecuencia de recolección de residuos ordinarios por el sistema de aseo municipal, se encuentran disponibles para el periodo comprendido entre 2002 y 2010, sin embargo, para los municipios de Caldas, el último año reportado fue el 2008, que indica una frecuencia de 2 veces/semana en la zona residencial, para la mayoría de los municipios, como se ilustra en la Figura 23.

Figura 23. Frecuencia de recolección de residuos ordinarios en Caldas en el 2009



Fuente: Elaboración propia a partir SUI 2018

10.1.3 Generación De Residuos No Peligrosos En Caldas

La Tabla 8 compila el tipo de disposición final de residuos sólidos municipales en el Departamento de Caldas. La disposición final reportada para los residuos domiciliarios

es el relleno sanitario, la mayoría de carácter regional. De acuerdo con Corpocaldas, estos rellenos cuentan con una disposición técnica de los residuos.

Tabla 8. Tipo de disposición final de residuos domiciliarios en Caldas

Disposición final de residuos no peligrosos en Rellenos Sanitarios en Caldas		
Nombre	Ubicación	Municipio Atendido
Relleno Sanitario La Esmeralda	Manizales	Manizales
		Anserma
		Aranzazu
		Belalcázar
		Chinchiná
		Filadelfia
		La Merced
		Marmato
		Marulanda
		Neira
		Palestina
		Riosucio
		Risaralda
		Salamina
		San José
Supía		
Victoria		
Villamaría		
Relleno Sanitario Las Eucaliptos	Aguadas	Aguadas
		Pacora
Relleno Sanitario Doradita	La Dorada	La Dorada
		Norcasia
Relleno Sanitario La Vega	Marquetalia	Manzanares
		Marquetalia
		Pensilvania
Relleno Sanitario La Plazuela	Samaná	Samaná
Relleno Sanitario La Glorita	Pereira	Viterbo

Fuente: Elaboración propia a partir PGIRS

Los PGIRS de Caldas elaborados y/o actualizados en el período 2014 a 2016, registran la producción de residuos ordinarios, es decir, los residuos presentados al servicio público de aseo; la Tabla 8 compila la generación en Ton/año. De acuerdo con la tabla 7, la generación de residuos domiciliarios en Caldas es de 167.971 toneladas por año.

Tabla 9. Generación de residuos domiciliarios en Caldas

Año	Municipio	Producción (ton/año)
2014	Aguadas	3.216,91
2015	Anserma	3.094,80
2015	Aranzazu	1.243,00
2015	Belalcázar	1.066,00
2014	Chinchiná	8.939,14
2015	Filadelfia	827,00
2015	La dorada	14.953,20
2015	La merced	448,32
2014	Manizales	101.906,81
2015	Manzanares	861,12
2016	Marmato	792,74
2015	Marquetalia	742,20
2015	Marulanda	94,05
2015	Neira	2.403,07
2015	Norcasia	679,00
2016	Pacora	631,14
2015	Palestina	1.428,00
2015	Pensilvania	1.842,00
2016	Riosucio	4.378,44
2015	Risaralda	740,76
2014	Salamina	2.309,43
2014	Samaná	1.611,00
2015	San José	235,71
2015	Supía	3.177,72
2015	Victoria	720,00
2015	Villamaría	7.224,00
2014	Viterbo	2.405,40

Fuente: Elaboración propia a partir PGIRS

Otra fuente de información para determinar la generación de residuos no peligrosos en los municipios es el registro RUA, según el cual en Caldas se generan un promedio de 42.459 ton/año de residuos no peligrosos del sector manufacturero, reportados por aproximadamente 54 empresas, como se observan en las tablas 9 y 10.

Tabla 10. Generación de Residuos no peligrosos en empresas manufactureras por municipio en Caldas

MUNICIPIO	Cantidad en kg de residuos no peligrosos reportados por el RUA en Caldas							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AGUADAS	38.400	41.600	10		31	40	255	
ANSERMA		-4.555						
ARANZAZU	45.275	38.065						
BELALCÁZAR								
CHINCHINÁ	3.916.502	5.215.784	6.256.598	1.424.256	8.762.282	4.502.425	16.902.596	17.752.580
FILADELFIA								
LA DORADA	3.000						788.796	738.110
LA MERCED								
MANIZALES	54.654.419	34.668.549	34.222.291	18.233.116	48.032.794	18.227.104	26.940.718	24.516.908
MANZANARES								
MARMATO								
MARQUETALIA								
MARULANDA								
NEIRA								
NORCASIA	28.615	42.263						
PACORA								
PALESTINA								
PENSILVANIA								
RIOSUCIO								
RISARALDA								
SALAMINA		16.500						
SAMANÁ								6
SAN JOSÉ								
SUPIA	3.700	3.500	2.109	6.480				
VICTORIA			27.052	8.832				
VILLAMARÍA	265	203.367	215.991	34.000	8.361.482	30.438	1.438.260	2.531.603
VITERBO								
TOTAL	58.690.176	40.225.073	40.724.052	19.706.684	65.156.589	22.760.007	46.070.625	45.539.207

Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RUA Caldas – Corpocaldas

Tabla 11. Establecimientos que reportan residuos no peligrosos en Caldas

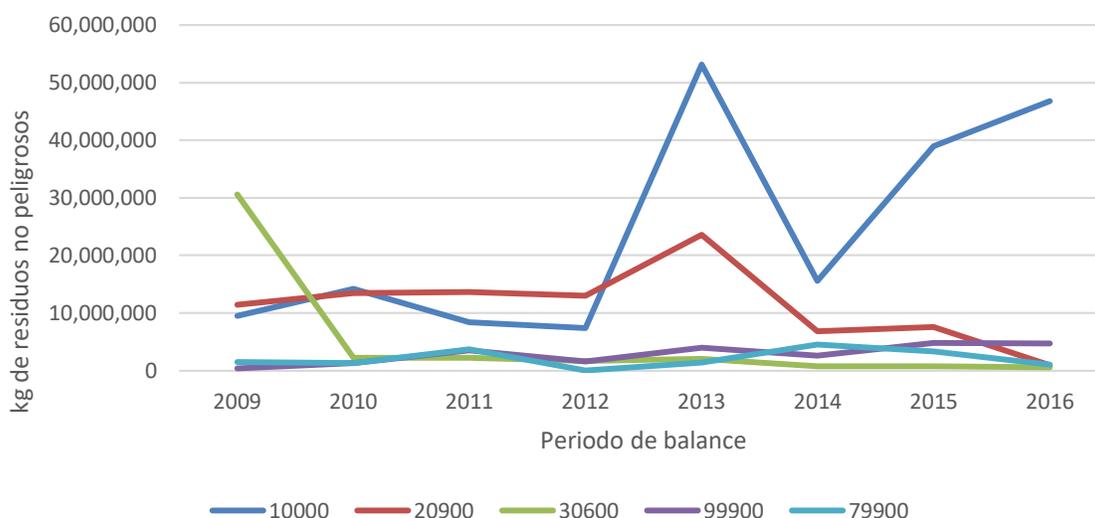
MUNICIPIO	Establecimientos que reportan al RUA en Caldas							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AGUADAS	2	2	2	1	1	1	1	1
ANSERMA	0	1	0	0	0	0	0	0
ARANZAZU	1	1	0	0	0	0	0	0
BELALCÁZAR	0	0	0	0	0	0	0	0
CHINCHINÁ	5	3	3	3	3	4	4	4
FILADELFIA	0	0	0	0	0	0	0	0
LA DORADA	2	0	1	1	0	0	2	2
LA MERCED	0	0	0	0	0	0	0	0
MANIZALES	47	43	42	41	42	39	42	46
MANZANARES	0	0	0	0	0	0	0	0
MARMATO	0	0	0	0	0	0	0	0
MARQUETALIA	0	0	0	0	0	0	0	0
MARULANDA	0	0	0	0	0	0	0	0
NEIRA	1	0	0	0	0	0	0	0
NORCASIA	1	1	0	0	0	0	0	0
PACORA	0	0	0	0	0	0	0	0
PALESTINA	0	0	0	0	0	0	0	0
PENSILVANIA	0	0	0	0	0	0	0	0
RIOSUCIO	0	0	0	0	0	0	0	0
RISARALDA	0	0	0	0	0	0	0	0
SALAMINA	1	1	0	0	0	0	0	0
SAMANÁ	0	0	0	0	0	0	0	1
SAN JOSÉ	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPIA	1	1	1	1	1	0	1	1
VICTORIA	0	0	1	1	0	0	0	0
VILLAMARÍA	4	4	4	2	2	2	2	2
VITERBO	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	65	57	54	50	49	46	52	57

Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RUA Caldas – Corpocaldas

En Figura 24 se puede observar la generación de residuos no peligrosos por periodo de balance, entre 2009 y 2016, donde se aprecia que el año 2013 fue el de mayor

generación. La Figura 24 muestra las principales corrientes de residuos no peligrosos en Caldas, reportadas por el RUA; los residuos orgánicos de origen vegetal y animal son los de mayor producción con el 44,17% (10000), seguido de las escorias y cenizas (20900) con el 20,56% y los metálicos en forma masiva (30600) con el 9,28%. Vale la pena mencionar que la mayoría de residuos no peligrosos se concentran en los municipios de Manizales, Chinchiná y Villamaría, como se muestra en la Tabla 11.

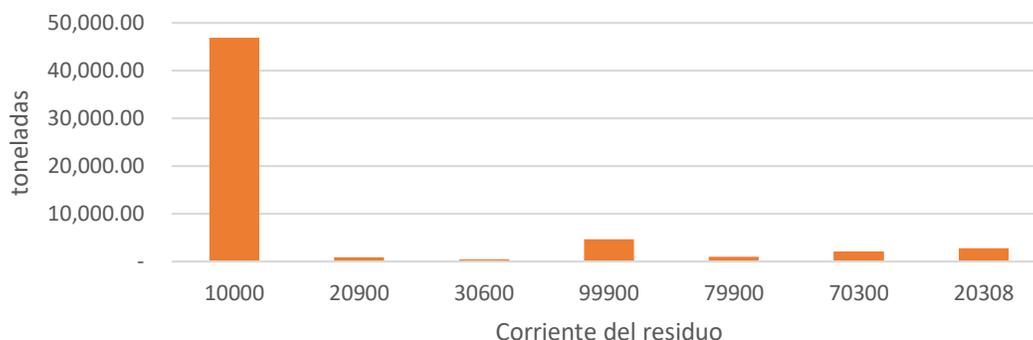
Figura 24. Generación promedio de residuos no peligrosos por corriente de residuos de 2009 a 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RUA - Corpocaldas

En términos de cantidad, para el 2016, los de mayor generación fueron los orgánicos de origen vegetal y animal (10000) con 46.836.972 kg, seguido por las escorias y cenizas (20900) con 7.466.698 kg, los demás residuos no clasificados (99900) con 4.673.615 kg, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (20308) con 2.787.613 kg, lodos no clasificados (70300) con 2.120.853 kg y escombros y materiales de construcción (79900) con 1.051.330 kg, como se muestra en la figura 25.

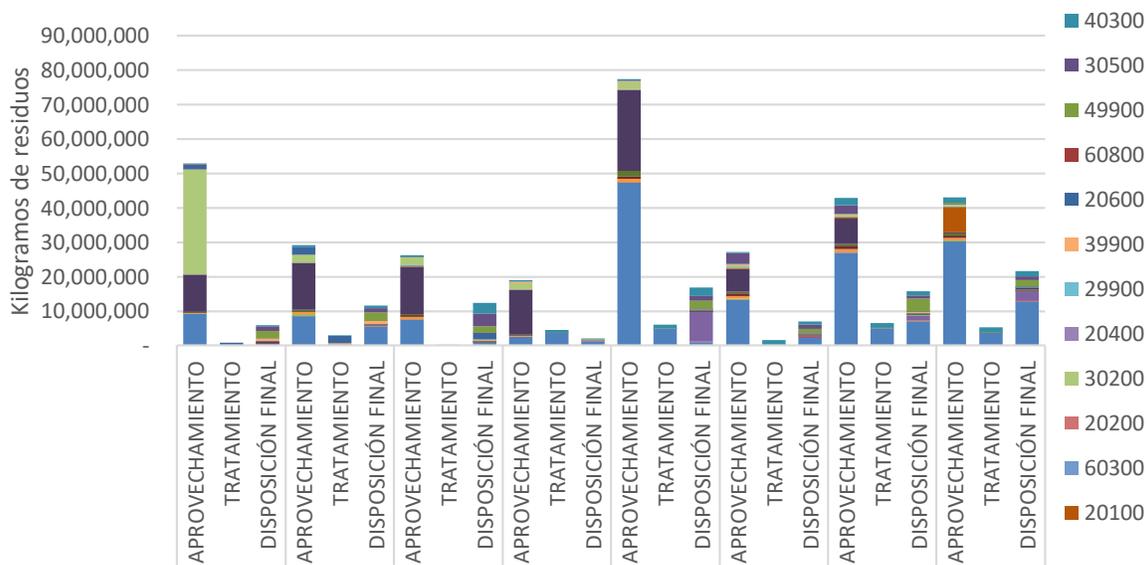
Figura 25. Generación de las principales corrientes de residuos en Caldas, RUA 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RUA - Corpocaldas

Con relación al aprovechamiento, tratamiento y disposición final, se tiene que los residuos de tipo orgánico (10000), encabezan la lista en todos los periodos de balance como se muestran en la figura 26, seguidos de los metálicos (30100), los demás residuos no clasificados (99900) y en muy bajos porcentajes, los correspondientes a papel y cartón (20500), madera (20800) y plástico (20700), para el periodo de 2016.

Figura 26. Residuos no peligrosos aprovechados, tratados o dispuestos en Caldas por corriente



Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RUA - Corpocaldas

En materia del tratamiento de residuos no peligrosos en 2016, se encuentra un comportamiento similar al anterior por corriente. Para el tema de disposición final, el primer lugar lo ocupan los residuos orgánicos (10000) con 12.855.512 kg, le siguen los escombros y materiales de construcción (20308) con 2.766.603 kg, los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (70300) con 1.778.795 kg, seguidos por los residuos no clasificados (99900) con 1.542.878 kg, lodos no clasificados (79900) con 1.051.330 kg y las escorias y cenizas (20900) con 565.164 kg, principalmente.

Vale la pena mencionar que los datos reportados en los aplicativos RUA y RESPEL son altamente sensibles, dado que las empresas no cuentan, en su mayoría, con personal idóneo para el reporte y, por lo tanto, es difícil para ellos diferenciar entre aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

De acuerdo con la información del SUI (Sistema Único de información de Servicios Públicos Domiciliarios), anualmente se llevan a disposición final en Caldas, un promedio 7.822 ton/año de residuos sólidos urbanos, de acuerdo con reportes del periodo 2009 - 2016, como se muestra en la Tabla 11. Cabe mencionar que los municipios que, con casillas en blanco, son aquellos que no reportaron información durante ese periodo al SUI.

En Caldas, los municipios que más cantidad de residuos sólidos urbanos reportaron para disposición final, en 2016, fueron: Manizales (130.915 ton), La Dorada (16.757 ton), Villamaría (11.878 ton) y Chinchiná (10.099 ton).

Tabla 12. Toneladas de residuos sólidos urbanos con disposición final en relleno sanitario en Caldas

Toneladas de Residuos con Disposición final en Relleno Sanitario en Caldas, reportadas al SUI								
Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Aguadas	852,50	2.097,80	2.747,00	2.696,90	2.760,53	3.131,52	3.075,43	2.741,23
Anserma	3.640,33	3.699,06	3.706,81	3.953,39	3.710,28	4.091,03	4.377,17	4.447,69
Aranzazu	1.047,94	1.020,99	1.036,63	971,24	957,73	999,47	1.061,54	994,84
Belalcázar	370,38	715,46	799,95	827,79	840,77	1.111,04	1.082,54	1.081,10
Chinchiná	8.780,96	9.047,17	11.274,92	9.408,12	9.020,55	10.594,65	10.756,57	10.099,42
Filadelfia	424,01	707,22	311,76	771,66	692,32	743,03	815,58	205,47

Toneladas de Residuos con Disposición final en Relleno Sanitario en Caldas, reportadas al SUI								
Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
La Dorada	29.114,58	30.793,34	13.298,75	19.998,12	16.461,62	16.532,54	14.953,55	16.757,70
La Merced			91,49	431,06	437,76	481,59	428,14	474,11
Manizales	88.360,94	95.773,53	99.121,97	88.513,25	94.855,66	114.574,35	118.798,82	130.915,56
Manzanares		-		1.358,00	1.285,50	1.713,80	1.233,39	1.417,47
Marmato	432,07	560,39	591,31	592,25	561,91	664,90	652,34	673,96
Marquetalia	744,00	644,00		1.037,00	799,28	1.142,30	1.057,43	1.089,42
Marulanda	15,16	38,99	13,50	120,84	113,08	141,26	138,87	150,81
Neira	2.440,02	1.118,74						
Norcasia								
Pácora	552,50	1.224,10	1.512,60	1.527,70	1.665,02	1.914,47	1.791,86	1.626,00
Palestina	2.172,41	2.968,68	3.158,00	3.469,55	3.567,97	4.114,88	4.140,59	3.853,11
Pensilvania	1.296,00			1.322,00	1.233,09	1.937,74	1.371,49	1.093,01
Riosucio	2.815,34	3.070,39	3.137,40	3.031,29	3.672,78	4.210,15	4.398,16	4.395,86
Risaralda	843,56	871,19	396,44	873,77	637,80	780,40	699,01	803,73
Salamina	974,73	179,02	745,10	1.865,46	1.779,22	1.959,79	2.102,90	2.168,62
Samaná								
San José	123,55			75,86	175,02	235,71	237,87	34,05
Supía	1.114,75		233,06	507,52	2.413,40	1.948,51	3.486,50	3.624,08
Victoria			684,32	440,10	815,75			805,11
Villamaría	5.093,98	6.614,44	8.744,71	8.363,97	9.718,02	11.626,20	11.744,38	11.878,50
Viterbo	992,45							
TOTALES	152.202,17	161.144,51	151.605,72	152.156,84	158.175,06	184.649,33	188.404,13	201.330,85
PROMEDIO	6.918,28	8.481,29	7.979,25	6.615,51	6.877,18	8.393,15	8.563,82	8.753,52

Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2009 – 2016

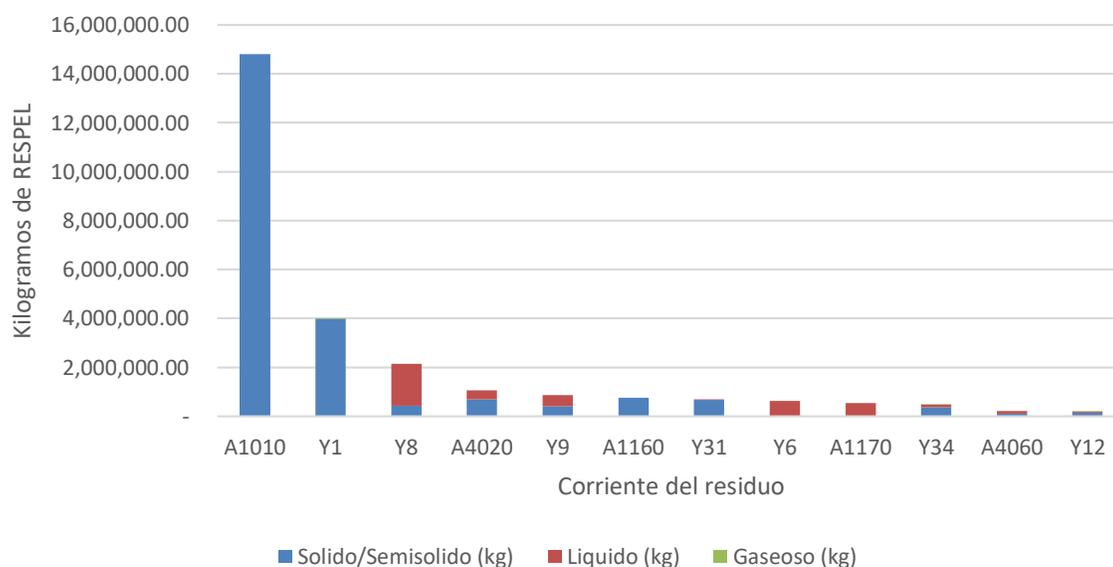
10.1.4 Generación De Residuos Peligrosos En Caldas

Con respecto a los residuos peligrosos en Caldas y de acuerdo al registro RESPEL, Corpocaldas indica que se producen 3.440 ton/año en 251 empresas en promedio (datos de 2009 a 2016). Las corrientes que más se generan son A1010 (Desechos metálicos y desechos

que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: Antimonio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Plomo, Mercurio, Selenio, Telurio, Talio), con una producción promedio de 1.850 ton/año; seguida de Y1+A4020 (desechos clínicos resultantes de la atención médica y desechos clínicos y afines) con una generación promedio de 630 ton/año; Y8 (desechos de aceites minerales) con una generación promedio de 267 ton/año; Y9 (mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua) con una generación promedio de 106 ton/año y A1160 (acumuladores de plomo) con una generación promedio de 93 ton/año.

El estado del residuo que más predomina en todas las corrientes es el sólido/semisólido, de acuerdo a las cantidades de generación que reportan las empresas.

Figura 27. Generación de RESPEL por corriente de residuos en Caldas, desde 2009 hasta 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RESPEL - Corpocaldas

De acuerdo con la información reportada en el aplicativo RESPEL, los municipios de Caldas que más producen este tipo de residuos son Manizales, La Dorada, Chinchiná y Marmato (en orden descendente), como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Toneladas de residuos peligrosos generados en Caldas, reportados al RESPEL

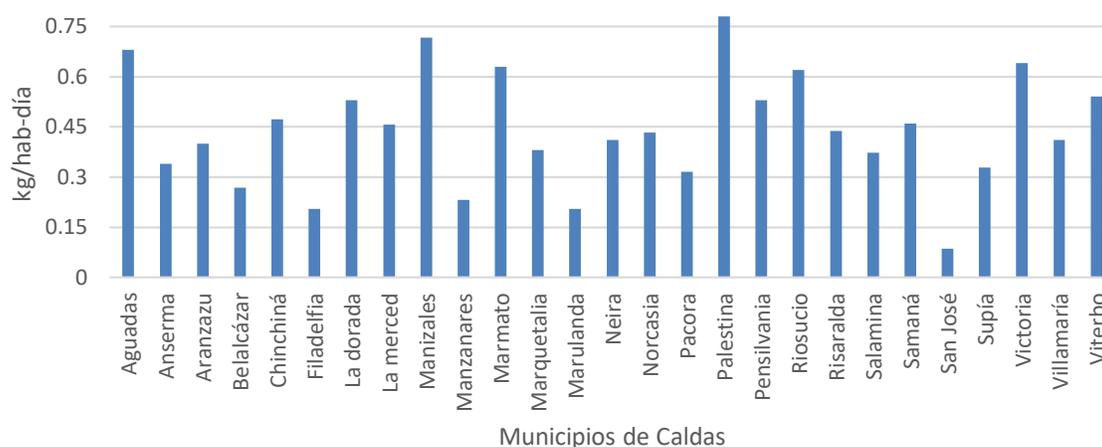
MUNICIPIO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Aguadas	3,18	5,28	8,12	4,73	5,21	5,59	6,67	7,55
Anserma	5,67	5,79	5,89	7,36	8,07	7,12	1,25	6,97
Aranzazu	0,82	0,68	0,59	2,91	3,75	2,94	3,65	4,87
Belalcázar	2,04	-	-	1,56	1,67	1,41	2,79	14,18
Chinchiná	33,32	29,92	35,03	31,91	30,89	47,55	41,32	61,90
Filadelfia	-	-	-	-	1,38	1,38	1,63	0,97
La Dorada	56,94	24,88	73,68	124,81	93,27	113,09	136,23	139,74
La Merced	-	-	0,65	0,49	0,85	-	-	-
Manizales	1.093,87	1.965,39	2.514,44	2.581,86	2.501,08	4.821,15	5.163,22	4.834,98
Manzanares	0,51	-	-	3,95	9,47	4,95	5,18	7,83
Marmato	4,66	12,17	35,94	4,18	4,66	-	51,98	54,53
Marquetalia	-	-	-	-	-	-	1,96	-
Marulanda	-	-	-	-	-	-	-	-
Neira	4,07	9,25	4,10	0,69	4,24	3,77	4,59	5,82
Norcasia	5,58	3,28	13,56	6,18	12,90	18,36	14,53	12,06
Pacora	1,40	2,68	2,64	2,61	3,28	2,47	2,32	2,31
Palestina	0,25	0,30	0,32	0,35	1,31	0,45	0,20	0,19
Pensilvania	-	-	-	2,89	3,26	-	2,23	3,18
Riosucio	11,34	2,58	12,57	14,20	13,34	0,95	19,89	20,27
Risaralda	-	-	-	1,52	1,45	1,84	2,19	1,84
Salamina	5,07	4,17	0,89	0,59	0,53	0,65	0,91	1,04
Samaná	11,11	29,28	8,97	2,20	3,67	2,51	2,64	61,32
San José	-	-	-	1,06	-	-	-	1,45
Supía	5,26	4,44	6,66	11,08	13,36	12,23	25,20	18,98
Victoria	12,49	39,78	0,10	1,63	1,22	1,31	3,17	1,43
Villamaría	8,40	4,76	12,50	7,75	6,26	6,20	6,91	15,35
Viterbo	2,13	2,29	2,18	1,95	2,47	4,50	4,18	3,15
TOTALES	1.268,10	2.146,91	2.738,82	2.818,46	2.727,62	5.060,44	5.504,84	5.281,89

Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RESPEL - Corpocaldas

10.1.5 Producción Per Cápita De Residuos En Caldas

De acuerdo con la información de los PGIRS de los municipios de Caldas, la producción per cápita de residuos domiciliarios en Caldas fue 439 kg/hab-día en promedio, en Figura 28 se presenta el indicador por cada municipio.

Figura 28. Producción per cápita de residuos en Caldas 2015



Fuente: PGIRS - Corpocaldas

Es importante mencionar que la generación o producción per cápita, que se reporta en este trabajo fue extraída de los PGIRS municipales, sin embargo y como se mencionó anteriormente, muchas de ellas fueron originadas con datos de caracterizaciones llevadas a cabo en los sitios de disposición final.

10.1.6 Caracterización Física De Los Residuos Ordinarios En Caldas

Los PGIRS son la carta de navegación de los municipios para la gestión integral de residuos sólidos; sin embargo, presentan debilidades en las caracterizaciones físicas de estos. De acuerdo con Corpocaldas (2018), la mayoría de las caracterizaciones no obedecen a la metodología estipulada por el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, por tanto, se requiere la actualización del estudio en cuestión dentro del marco de los PGIRS, para la totalidad de los municipios del departamento.

10.1.7 Aprovechamiento De Residuos Ordinarios En Caldas

Los datos de aprovechamiento de residuos domiciliarios reposan en algunos PGIRS municipales; la tabla 14 compila la información municipal; para el departamento de Caldas se tiene un total de aprovechamiento de 677 ton/año, aproximadamente.

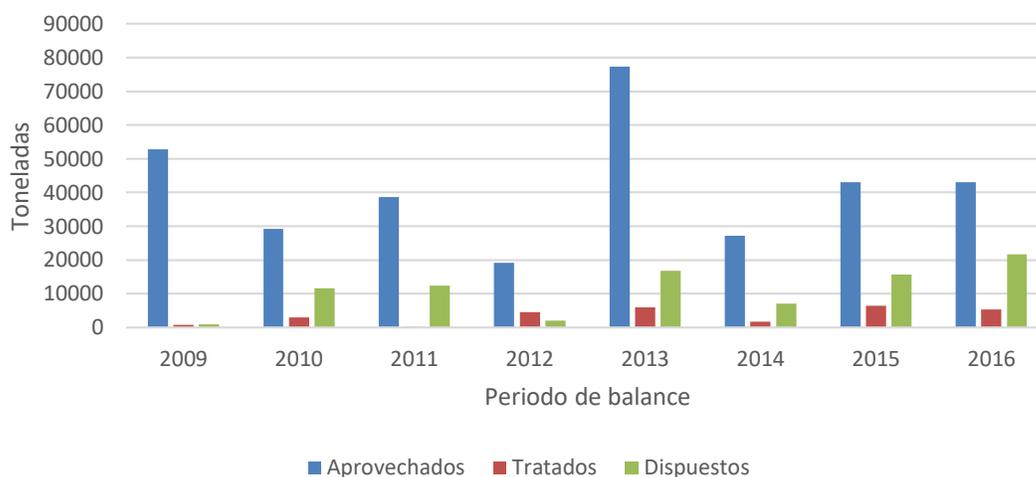
Tabla 14. Toneladas de residuos aprovechadas en los municipios de Caldas

Municipio	Año Base PGIRS	Residuos Aprovechados (ton/año)
Aguadas-Arma	2014	36,68
Anserma	2015	SD
Aranzazu	2015	19,20
Belalcázar	2015	SD
Chinchiná	2014	98,40
Filadelfia	2015	SD
La Dorada	2015	379,00
La Merced	2015	SD
Manizales	2014	487,56
Manzanares	2015	SD
Marmato	2016	SD
Marquetalia	2015	SD
Marulanda	2015	SD
Neira	2015	SD
Norcasia	2015	SD
Pacora	2016	SD
Palestina	2015	SD
Pensilvania	2015	SD
Riosucio	2016	163,92
Risaralda	2015	SD
Salamina	2014	SD
Samaná	2014	62,40
San José	2015	SD
Supía	2015	SD
Victoria	2015	SD
Villamaría	2015	SD
Viterbo	2014	SD

Fuente: Elaboración propia a partir de PGIRS

Las empresas que reportan anualmente generación de residuos deben diligenciar las cantidades tratadas, aprovechadas y dispuestas; por lo tanto, en la figura 29 se puede observar que el aprovechamiento de los residuos ordinarios en el sector manufacturero de Caldas, es predominante frente al tratamiento y la disposición final de los mismos.

Figura 29. Gestión de residuos ordinarios en Caldas, reportados en RUA



Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RUA - Corpocaldas 2018

10.2 CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN RISARALDA

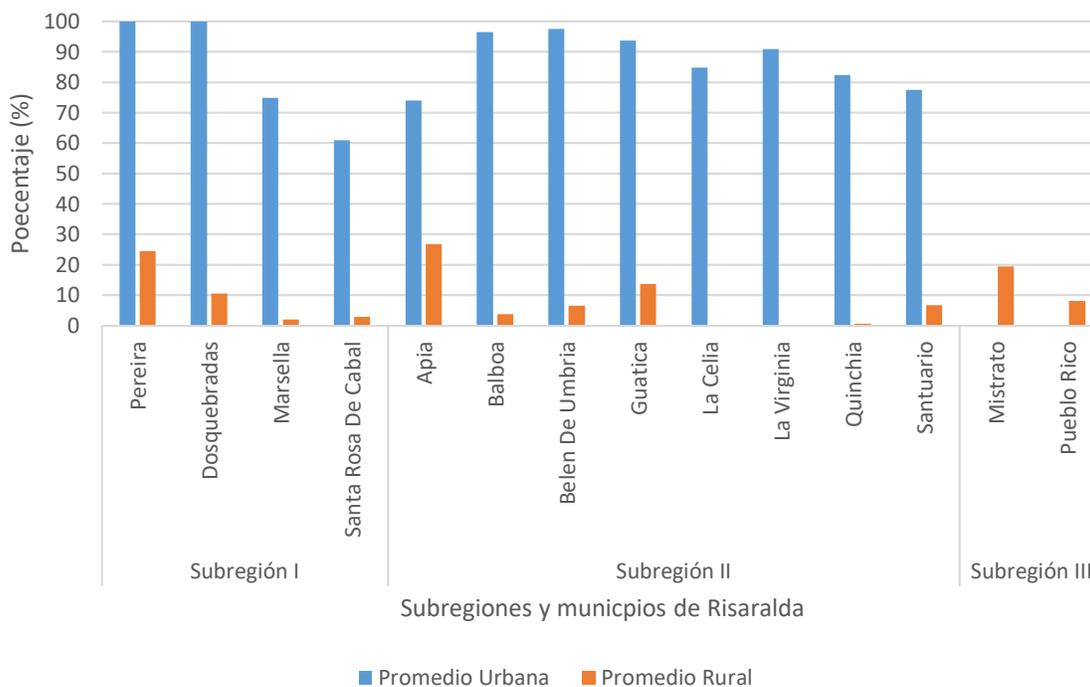
El análisis de los indicadores relacionados con la gestión de residuos en el departamento de Risaralda se muestra a continuación:

10.2.1 Cobertura Del Servicio De Aseo En Risaralda

Los entes territoriales de los municipios al igual que las empresas prestadoras de los servicios públicos, reportan al SUI la cobertura, tanto en la zona urbana como rural. La Figura 30 consolida la información de cobertura para los municipios del departamento de Risaralda.

Es importante mencionar la alta sensibilidad de los datos, ya que son auto declarados por los municipios o las empresas prestadoras de los servicios públicos y hay un nivel muy bajo seguimiento por parte de la superintendencia para la confirmación de las coberturas. Los municipios de Mistrató y Pueblo Nuevo no reportaron información al SUI en varios años del periodo objeto del estudio.

Figura 30. Cobertura promedio del servicio público de aseo en Risaralda de 2009 a 2016

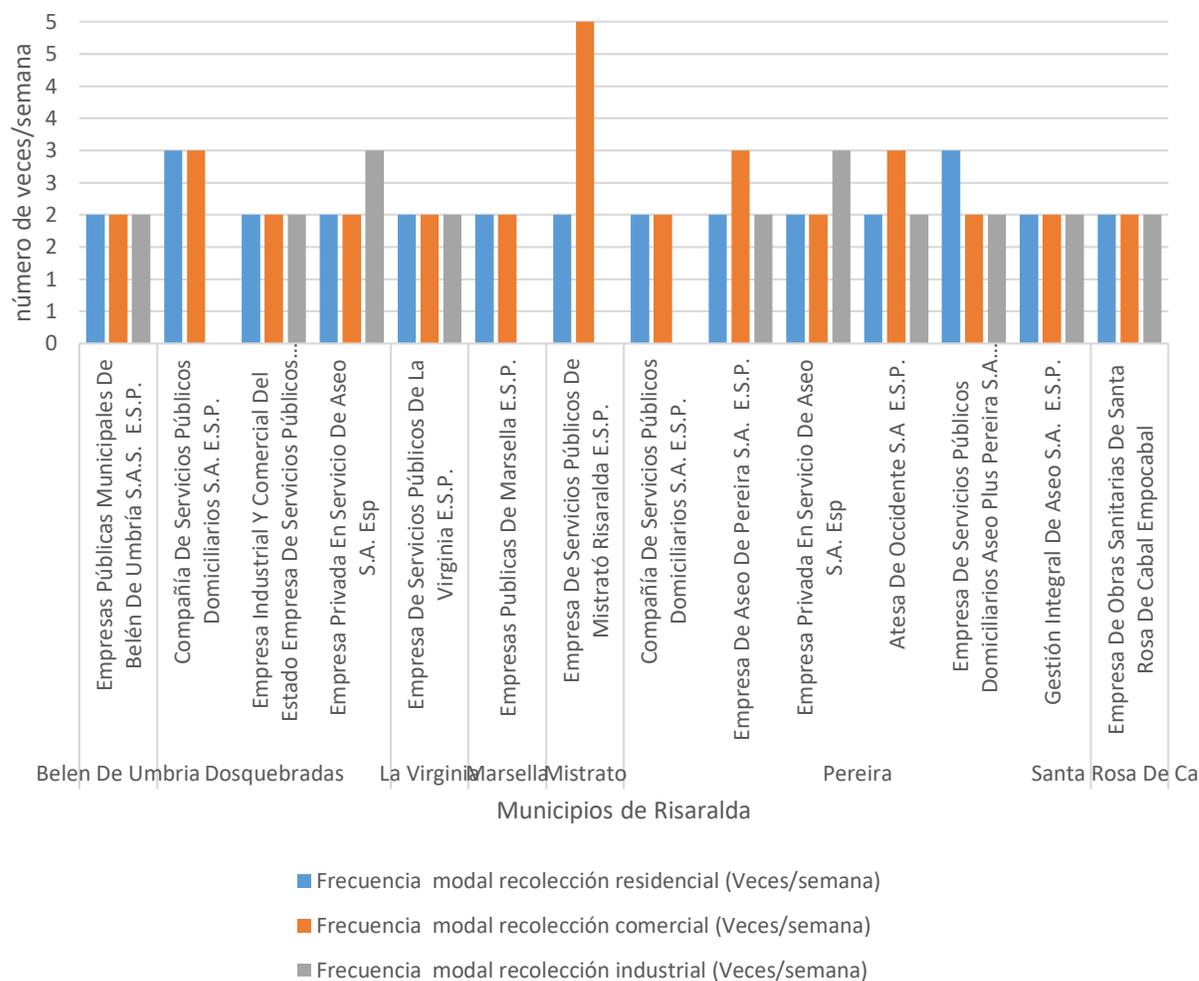


Fuente: SUI 2018

10.2.2 Frecuencia De Recolección De Residuos En Risaralda

En el SUI los datos existentes de frecuencia de recolección de residuos ordinarios por el sistema de aseo municipal, se encuentran disponibles para el periodo comprendido entre 2002 y 2010, sin embargo, para los municipios de Risaralda el último año reportado fue el 2008, donde la totalidad de municipios cuentan con una frecuencia de 2 veces por semana para el sector residencial; el detalle de la recolección se ilustra en la Figura 31.

Figura 31. Frecuencia de recolección de residuos ordinarios en Risaralda en el 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2018

10.2.3 Generación De Residuos No Peligrosos En Risaralda

El tipo de disposición final de residuos domiciliarios se consolida en la Tabla 16 para los municipios del departamento de Risaralda. El relleno sanitario es la técnica más empleada para la disposición final de residuos. Se destaca el relleno regional La Glorita, localizado en la ciudad de Pereira. La disposición final de los residuos domiciliarios de Apia, Belén de Umbría, La Celia, La Virginia, Marsella, Pueblo Rico y Santa Rosa de Cabal se desconoce, ya que no reportaron los PGIRS al proyecto.

Tabla 15. Tipo de disposición final de residuos domiciliarios en Risaralda

Disposición final de residuos no peligrosos en Rellenos Sanitarios en Risaralda		
Nombre	Ubicación	Municipio Atendido
Relleno Sanitario La Glorita	Pereira	Pereira
		Balboa
		Dosquebradas
		Guática
		Mistrató
		Santuario
Relleno sanitario Rio Grande	Quinchía	Quinchía
Nota: No hay datos de los municipios de Apia, Belén de Umbría, La Celia, La Virginia, Marsella, Pueblo Rico y Santa Rosa de Cabal		

Fuente: Elaboración propia a partir de PGIRS, 2018

Según reporte de CARDER, la generación de residuos no peligrosos en Risaralda es de 73.372 ton/año en promedio. En la tabla 17 se puede apreciar la producción anual de residuos no peligrosos a nivel departamental.

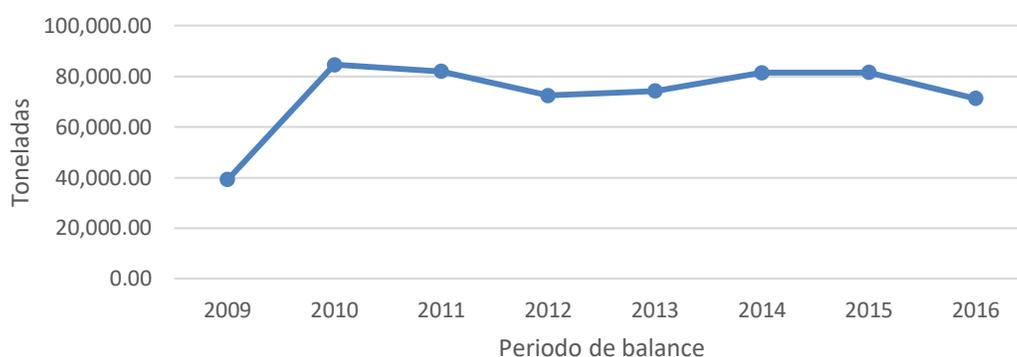
Tabla 16. Generación de residuos domiciliarios en Risaralda

Año	Residuos No Peligrosos (Ton/Año)
2009	39.243,48
2010	84.675,76
2011	81.998,61
2012	72.457,43
2013	74.218,87
2014	81.515,68
2015	81.539,39
2016	71.331,02

Fuente: Elaboración propia a partir de CARDER, 2018

En la figura 32 se nota que el año de mayor producción de residuos ordinarios fue el 2010, de acuerdo al periodo reportado en este estudio.

Figura 32. Generación de residuos no peligrosos en Risaralda



Fuente: Elaboración propia a partir de CARDER, 2018

En Risaralda los municipios que más cantidad de residuos sólidos urbanos reportan para disposición final son Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Toneladas de residuos sólidos urbanos con disposición final en relleno sanitario en Risaralda

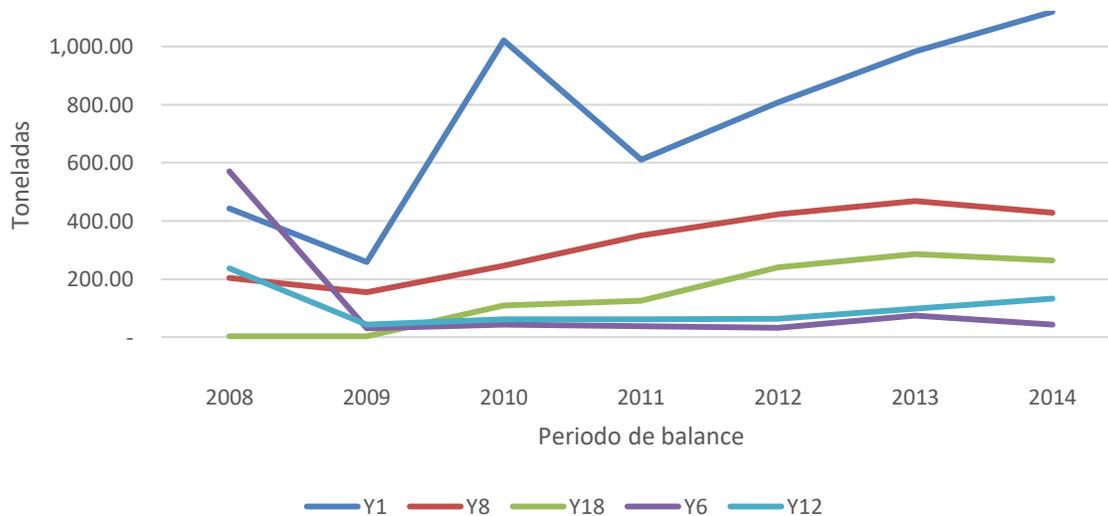
Municipio	2009 ton/año	2010 ton/año	2011 ton/año	2012 ton/año	2013 ton/año	2014 ton/año	2015 ton/año	2016 ton/año
Apia	849,84	-	78,12	78,00	63,96	-	-	-
Balboa	254,40	-	-	-	-	-	-	-
Belén De Umbría	1.107,48	-	-	-	-	-	-	-
Dosquebradas	30.925,00	6.851,88	9.264,48	8.325,12	7.179,60	9.801,84	8.876,16	14.737,20
Guática	569,16	-	-	-	-	-	-	-
La Celia	393,72	-	-	-	-	-	-	-
La Virginia	5.175,48	54,72	56,64	-	-	-	-	-
Marsella	1.543,92	-	-	-	-	-	-	-
Mistrató	-	187,80	221,40	-	202,92	240,24	-	-
Pereira	119.132,26	13.891,08	7.280,40	8.034,60	9.006,24	8.900,52	6.848,69	8.057,40
Pueblo Rico	736,08	542,40	513,48	-	546,48	-	-	-
Quinchía	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Rosa De Cabal	9.585,84	553,08	587,88	814,92	882,84	1.038,72	1.102,32	-
Santuario	1.032,00	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2009 – 2016

10.2.4 Generación De Residuos Peligrosos En Risaralda

Con respecto a los residuos peligrosos en Risaralda y de acuerdo al registro RESPEL, CARDER indica que se producen 2.013 ton/año en promedio en 290 empresas aproximadamente (datos de 2008 a 2015). Las corrientes que más se generan son: Y1 (Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en Hospitales, centros médicos y clínicas) con una producción promedio de 750 ton/año; seguida de Y8 (desechos de aceites minerales) con una generación promedio de 325 ton/año; Y18 (Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales) con una generación promedio de 147 ton/año y Y6 (Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos) con una generación promedio de 119 ton/año. El estado del residuo que más predomina en todas las corrientes es el sólido/semisólido, de acuerdo a las cantidades de generación que reportan las empresas.

Figura 33. Generación de RESPEL por corriente de residuos en Risaralda, desde 2008 hasta 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de CARDER, 2018

De acuerdo con la información reportada en el aplicativo RESPEL, los municipios de Risaralda que más producen este tipo de residuos son Pereira, Dosquebradas y la Virginia (en orden descendente), como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Toneladas de residuos peligrosos generados en Risaralda, reportados al RESPEL

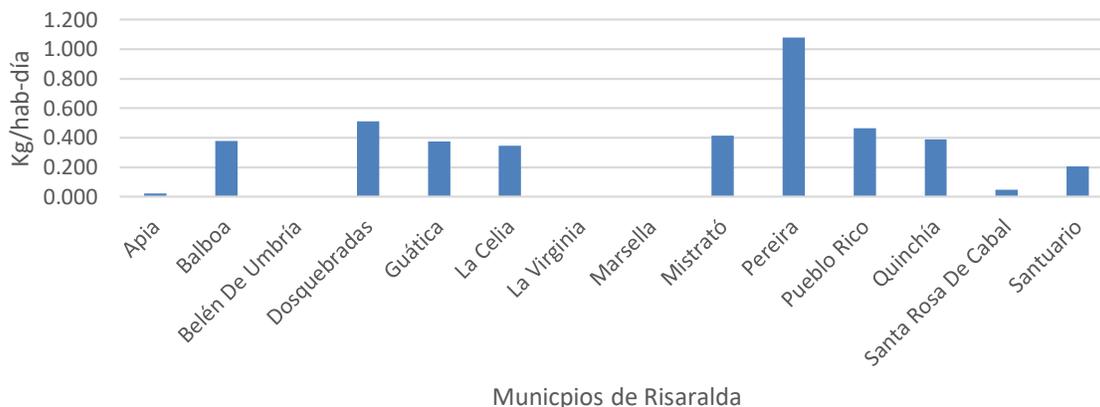
MUNICIPIO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pereira	494,871	1.116,637	996,902	1.434,238	1.296,214	1.589,835	1.981,947
Dosquebradas	40,328	833,628	234,149	342,400	388,703	481,036	560,185
La Virginia	0,400	37,653	380,738	25,033	19,225	19,137	26,826
Balboa	10,664	11,431	14,028	14,251	20,177	39,095	37,306
Santa Rosa de Cabal	6,870	10,003	14,903	18,732	22,967	16,278	27,681
Belén de Umbría	-	6,260	5,689	0,485	7,177	7,649	7,873
Quinchía	-	5,700	3,687	3,640	2,898	3,817	8,608
Marsella	0,194	11,165	3,635	4,025	5,313	5,284	3,563
Mistrató	-	3,500	2,760	4,329	5,109	6,023	4,878
Santuario	-	4,552	8,234	2,610	-	4,160	4,290
Pueblo Rico	-	3,900	0,009	0,008	-	6,125	6,369
Apia	-	1,022	2,652	2,109	2,111	0,868	0,909
Guática	-	-	-	-	1,930	3,285	2,991
La Celia	-	1,789	-	-	1,470	1,306	1,388

Fuente: Elaboración propia a partir de Registro RESPEL - CARDER

10.2.5 Producción Per Cápita De Residuos En Risaralda

De acuerdo con la información de los PGIRS de los municipios de Risaralda que fueron reportados al proyecto, la producción per cápita promedio de residuos domiciliarios en Risaralda es de 385 kg/hab-día, en la figura 34 se puede apreciar el indicador para cada municipio. Para determinar el PPC en los municipios que no reportaron el PGIRS, se tomó el dato de la producción de residuos (disposición final en el SUI) y posteriormente se dividió entre la población que reporta el DANE para el mismo año.

Figura 34. Producción per cápita de residuos en Risaralda

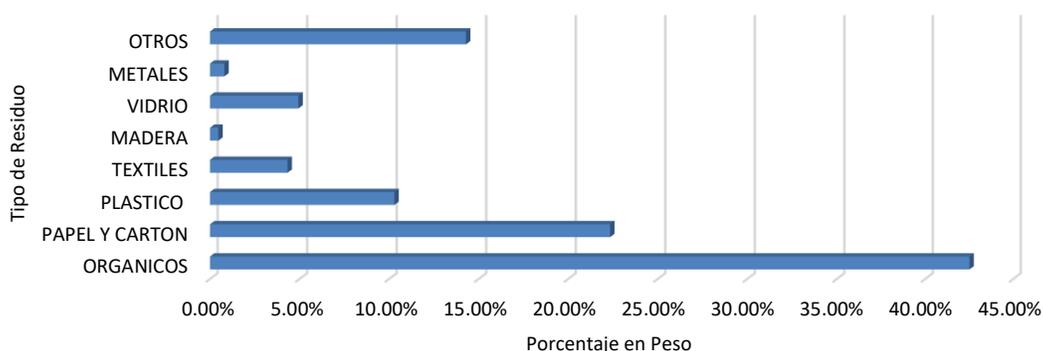


Fuente: Elaboración propia a partir de PGIRS, SUI y DANE

10.2.6 Caracterización Física De Los Residuos Ordinarios En Risaralda

Aunque los PGIRS deben ser reportados a CARDER, no fue posible obtenerlo ni en formato físico ni el digital; sin embargo y de acuerdo a criterios de algunos profesionales de esta Corporación, las caracterizaciones no fueron desarrolladas de acuerdo al RAS Titulo F: Sistema de aseo Urbano, 2012. A continuación se muestra la caracterización de la ciudad de Pereira, donde se destaca la generación de residuos orgánicos con un 42%, como se muestra en la Figura 35.

Figura 35. Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Pereira, Risaralda



Fuente: Elaboración propia a partir de PGIRS Pereira, 2015

10.2.7 Aprovechamiento De Residuos Ordinarios En Risaralda

La información sobre el aprovechamiento de residuos domiciliarios reportados por CARDER, se muestra en la tabla 20; el aprovechamiento del departamento se encuentra en 83 ton/año, aproximadamente.

Tabla 19. Toneladas de residuos aprovechadas en los municipios de Risaralda

Municipio	Promedio anual de aprovechamiento en 2017 (%)
Apia	-
Balboa	4,60
Belén de Umbría	12,00
Dosquebradas	0,10
Guática	5,60
La Celia	2,80
La Virginia	-
Marsella	-
Mistrató	6,30
Pereira	7,30
Pueblo Rico	6,10
Quinchía	7,60
Santa Rosa de Cabal	-
Santuario	31,50

Fuente: CARDER 2018

10.3 CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN QUINDÍO

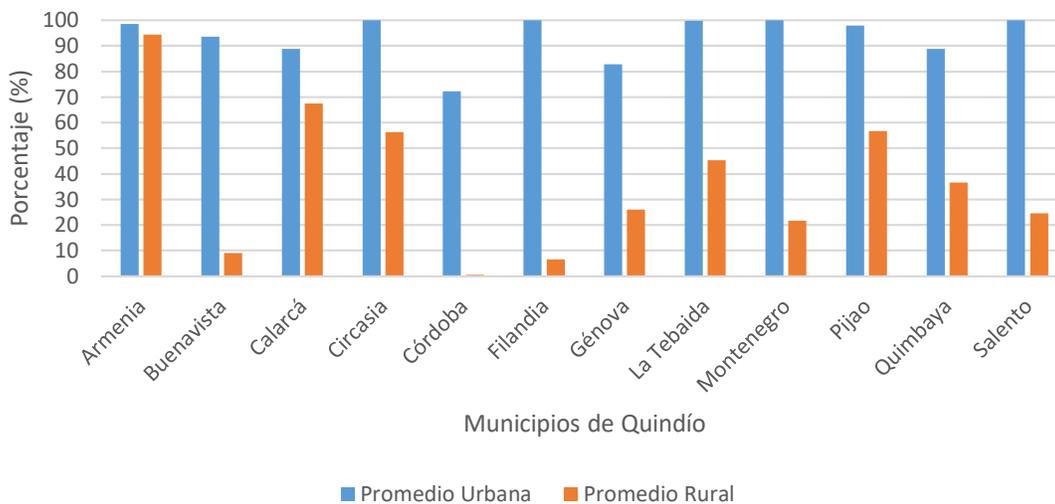
El análisis de los indicadores relacionados con la gestión de residuos en el departamento de Quindío se muestra a continuación:

10.3.1 Cobertura Del Servicio De Aseo En Quindío

Los entes territoriales de los municipios al igual que las empresas prestadoras de los servicios públicos, reportan al SUI la cobertura de estos tanto en la zona urbana como rural, reportando para Quindío la información que se consolida en la Figura 33. Es importante mencionar la alta sensibilidad de los datos, ya que los auto declarados por los municipios o las empresas prestadoras de los servicios públicos y hay un nivel muy bajo seguimiento por

parte de la superintendencia para la confirmación de las coberturas. El municipio de Circasia no reportó información al SUI en el 2016.

Figura 36. Cobertura promedio del servicio público de aseo en Quindío en el 2016

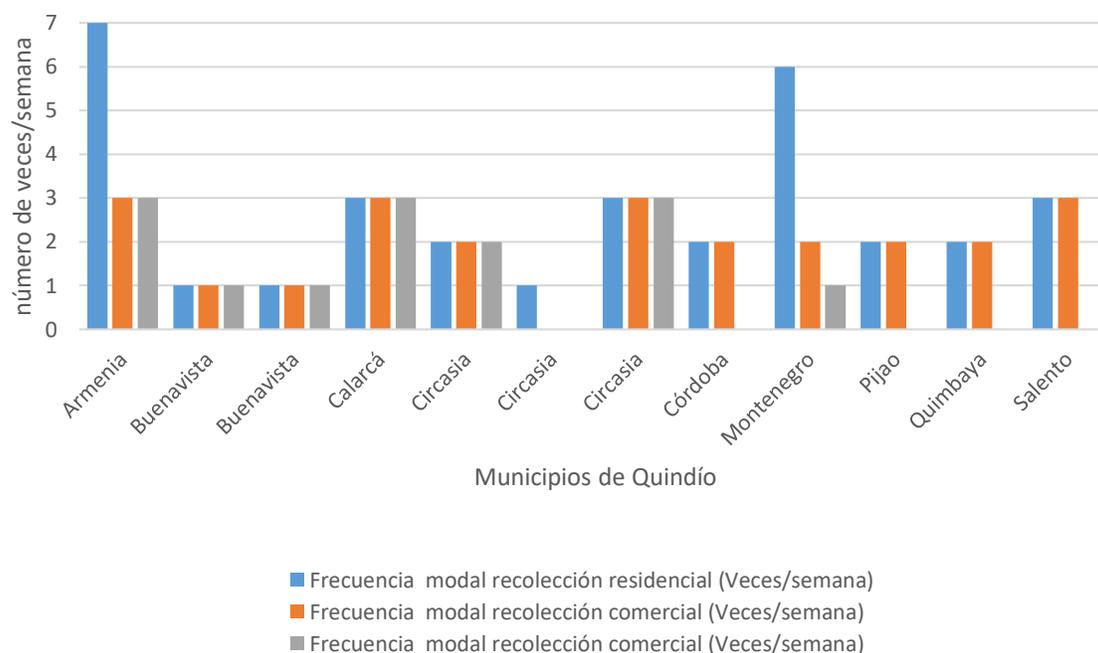


Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2018

10.3.2 Frecuencia De Recolección De Residuos En Quindío

En el SUI los datos existentes de frecuencia de recolección de residuos ordinarios por el sistema de aseo municipal, se encuentran disponibles para el periodo comprendido entre 2002 y 2010; sin embargo, para los municipios de Quindío, el último año reportado fue el 2008, donde la totalidad de municipios cuentan con una frecuencia mínima de 2 veces/semana para el sector residencial.

Figura 37. Frecuencia de recolección de residuos ordinarios en Quindío en el 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2018

10.3.3 Generación De Residuos No Peligrosos En Quindío

La Tabla 21 muestra el tipo de disposición final de residuos sólidos domiciliarios en el departamento del Quindío.

Tabla 20. Tipo de disposición final de residuos domiciliarios en Quindío

Disposición final de residuos no peligrosos en Rellenos Sanitarios en Quindío		
Nombre	Ubicación	Municipio Atendido
Relleno Sanitario Parque Ambiental Andalucía	Montenegro	Armenia
		Buenavista
		Calarcá
		Circasia
		Córdoba
		Génova
		La Tebaida
		Montenegro
		Quimbaya
		Salento

Fuente: Elaboración propia a partir de SUI, 2016

En los municipios de Quindío la disposición final reportada para los residuos domiciliarios es el relleno sanitario, destacándose el relleno sanitario Parque Ambiental Andalucía, ubicado en Montenegro. La disposición final de los residuos domiciliarios de Filandia y Pijao se desconoce, ya que no reportaron los PGIRS a este estudio.

Según reporte de CRQ (2017), la generación de residuos no peligrosos en Quindío es de 125.151 ton/año aproximadamente. En la tabla 22 se puede apreciar la producción anual en 2017 de residuos no peligrosos en Quindío, de acuerdo al reporte de las empresas prestadoras de servicios públicos a CRQ.

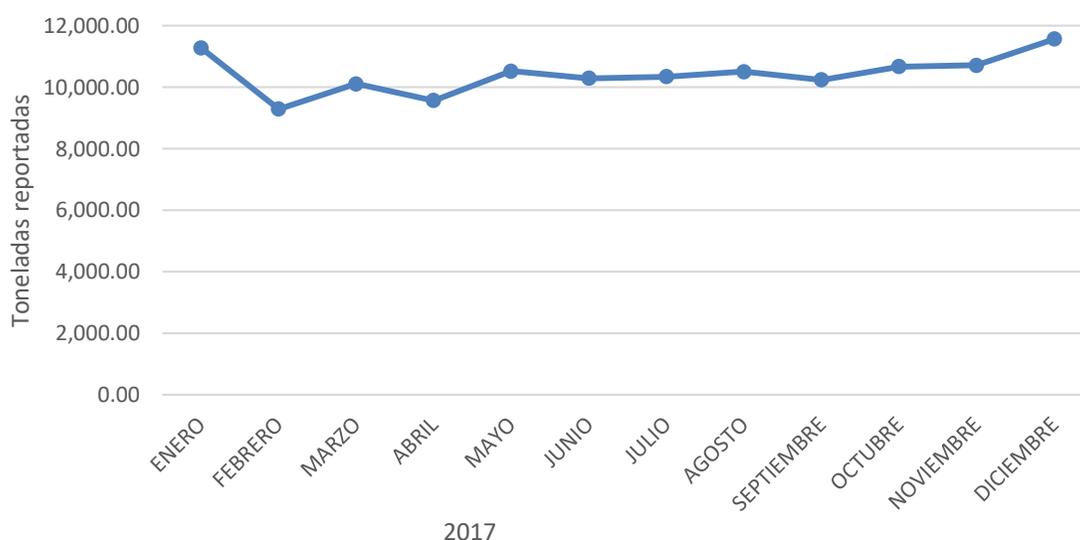
Tabla 21. Generación de residuos domiciliarios en Quindío en 2017

E.S.P	NEPSA (ton)	SERVIASEO FILANDIA (ton)	CAFEASEO MONTENEGRO (ton)	ARMENIA (E.P.A) (ton)	SERVIASEO LA TEBAIDA (ton)	MULTIPROPOSITO (ton)
ENERO	1.487,18	159,25	817,41	6.701,45	785,97	1.334,26
FEBRERO	1.117,06	61,30	601,67	5.789,68	653,67	1.067,94
MARZO	1.245,10	38,69	647,89	6.276,63	745,57	1.157,38
ABRIL	1.199,95	42,63	663,59	5.808,67	751,03	1.107,31
MAYO	1.295,46	44,43	700,03	6.455,23	819,18	1.212,41
JUNIO	1.240,37	36,77	728,96	6.369,43	776,79	1.141,63
JULIO	1.261,44	35,63	764,23	6.309,41	783,63	1.191,86
AGOSTO	1.299,88	35,25	767,27	6.456,92	777,46	1.178,22
SEPTIEMBRE	1.183,95	36,55	745,29	6.407,65	752,29	1.119,88
OCTUBRE	1.273,07	11,23	901,66	6.559,57	759,72	1.170,48
NOVIEMBRE	1.283,72	27,84	768,09	6.712,63	747,74	1.178,44
DICIEMBRE	1.380,47	52,17	803,01	7.280,88	796,80	1.255,13

Fuente: CRQ, 2018

En la figura 38 se puede observar un comportamiento muy similar para todos los meses del año 2017, en cuanto a la generación de residuos domiciliarios, donde se tiene un promedio de 1.738 ton/mes.

Figura 38. Generación de residuos domiciliarios peligrosos en Quindío



Fuente: CRQ, 2018

En Risaralda, los municipios que más cantidad de residuos sólidos urbanos reportan para disposición final son: Armenia, La Tebaida, Calarcá, Quimbaya y Circasia; de acuerdo con la información de las empresas prestadoras del servicio de aseo al SUI, como se puede apreciar en la tabla 23.

Tabla 22. Toneladas de residuos sólidos urbanos con disposición final en relleno sanitario en Quindío

Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Armenia	52.848,28	219,96	227,28	60.692,28	65.381,40	68.234,08	64.462,24	71.797,80
La Tebaida	5.099,99	6.363,36	SD	SD	SD	82.412,64	SD	SD
Calarcá	1.212,43	1.365,36	1.498,56	880,80	686,88	5.167,56	12.394,88	13.317,12
Quimbaya	5.033,76	3.934,49	SD	SD	SD	SD	5.114,64	5.449,80
Circasia	3.037,32	3.522,00	SD	SD	11,64	SD	4.300,56	4.891,20
Buenavista	5.920,65	282,84	SD	SD	177,36	93,00	214,92	269,76
Pijao	4.982,97	407,40	SD	SD	SD	SD	704,52	734,52
Filandia	4.993,66	1.256,16	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Montenegro	5.495,32	SD	SD	SD	SD	120,96	133,68	SD
Salento	705,00	926,76	SD	SD	SD	SD	1.311,24	1.552,80
Génova	SD	756,36	SD	SD	SD	SD	826,56	867,84
Córdoba	430,56	459,60	SD	SD	SD	SD	620,04	645,36

Fuente: SUI 2009 – 2016

10.3.4 Generación De Residuos Peligrosos En Quindío

Con respecto a los residuos peligrosos en Quindío y de acuerdo al registro RESPEL, CRQ indica que se generan 1.044 ton/año (2017), como se muestra en la tabla 24. Se desconoce cuáles son las corrientes que más se producen en el departamento, ya que no fueron entregadas las sábanas de información de los registros RUA y RESPEL.

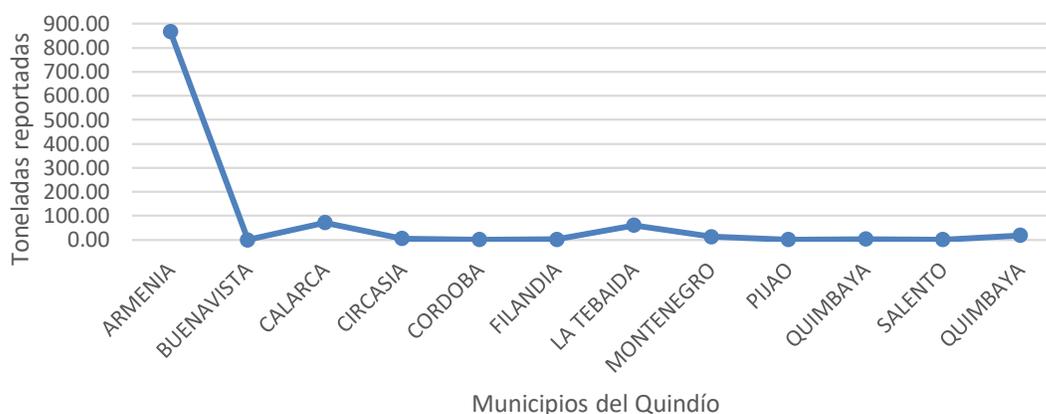
Tabla 23. Toneladas de residuos peligrosos generados en Quindío, reportados a los aplicativos RUA y RESPEL

MUNICIPIO	SOLIDO/SEMISOLIDO (ton)	LIQUIDO (ton)	Total (ton)
Armenia	764,65	103,12	867,77
Buenavista	0,30	SD	0,30
Calarcá	57,86	13,76	71,62
Circasia	3,98	1,02	5,00
Córdoba	0,69	SD	0,69
Filandia	2,60	SD	2,60
La Tebaida	53,96	6,49	60,45
Montenegro	11,86	1,78	13,64
Pijao	0,80	SD	0,80
Quimbaya	1,14	1,49	2,63
Salento	0,56	SD	0,56
Quimbaya	9,41	9,24	18,65
TOTAL	907,82	136,91	1.044,73

Fuente: CRQ, 2018

De acuerdo con la figura 29, la mayor generación de residuos peligrosos en el sector manufacturero del Quindío, se presenta en Armenia, con 867 ton/año (2017).

Figura 39. Generación de RESPEL en Quindío

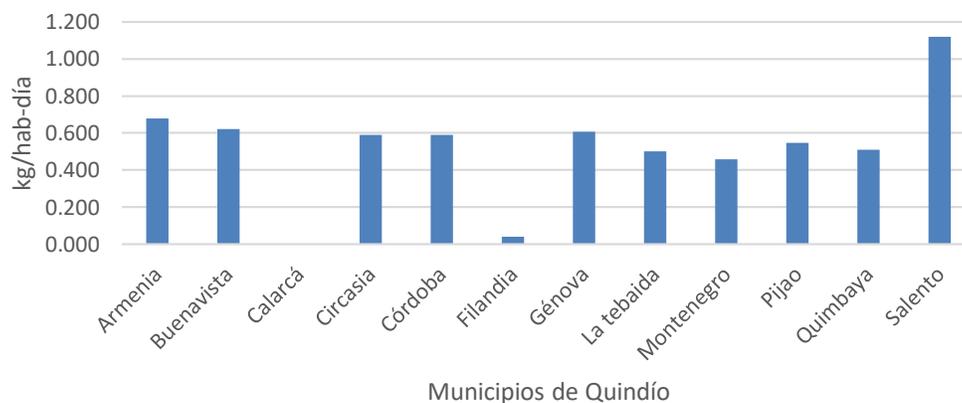


Fuente: Elaboración propia a partir de CRQ, 2018

10.3.5 Producción Per Cápita De Residuos En Quindío

De acuerdo con la información de los PGIRS, la producción per cápita de residuos domiciliarios en los municipios del Quindío es de 385 kg/hab-día en promedio, en la figura 40 se puede apreciar el indicador para cada municipio. Para determinar el PPC en los municipios que no reportaron el PGIRS, se tomó el dato de la producción de residuos (dato de disposición final en el SUI) y posteriormente se dividió entre la población que reporta el DANE para el mismo año.

Figura 40. Producción per cápita de residuos en Quindío

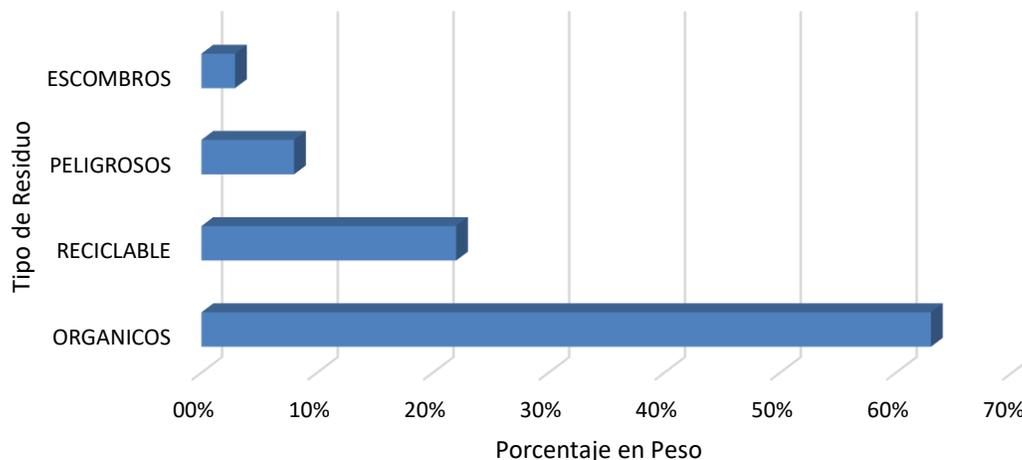


Fuente: Elaboración propia a partir de PGIRS, SUI y DANE

10.3.6 Caracterización Física De Los Residuos Ordinarios En Quindío

Aunque los PGIRS deben ser reportados a CRQ, no fue posible obtenerlos ni en formato físico ni el digital. De acuerdo con los criterios de algunos profesionales de esta Corporación, las caracterizaciones no fueron desarrolladas según el RAS Título F: Sistema de Aseo Urbano, 2012. A continuación, se presenta la caracterización de la ciudad de Armenia, donde se destaca la generación de orgánicos con el 63% sobre el total de los residuos.

Figura 41. Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Armenia, Quindío.



Fuente: Elaboración propia a partir de PGIRS Armenia, 2015

10.3.7 Aprovechamiento De Residuos Ordinarios En Quindío

En cuanto al aprovechamiento de residuos ordinarios en Quindío, el municipio de Pijao es el único que ha justificado sus metas con el aprovechamiento de 41,18 toneladas para el consolidado del 2017; de acuerdo a información de la CRQ.

10.4 ESTUDIO DE CASO - GENERACIÓN DE RESIDUOS EN MANIZALES

El estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos para la ciudad de Manizales, se desarrolló en el marco de la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2019, como uno de los objetivos trazados en el convenio entre la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas), la Alcaldía de Manizales por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y la Universidad Católica de Manizales; para el fortalecimiento de la línea base en la gestión de los residuos sólidos de Manizales.

En el desarrollo de este estudio, se recolectaron los residuos sólidos producidos a una muestra estadísticamente representativa de los usuarios domiciliarios y comerciales, como se muestra en la Tabla 24, durante 8 días continuos de acuerdo a la metodología recomendada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS - Organización Panamericana de la Salud (OPS) para los países de la región de América Latina y el Caribe, basada en el diseño del Dr. Kunitoshi Sakurai (OPS - OMS, 1983) y siguiendo los lineamientos técnicos definidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - Título F - Sistemas de Aseo Urbano, actualización 2012; diferenciando a través de bolsas de colores, los tipos de residuos generados por la usuarios residenciales y comerciales de Manizales.

Tabla 24. Muestras para la caracterización de los residuos sólidos municipales en Manizales

Tipo de Usuario	Número de Suscriptores	Representatividad por tipo de usuario (%)	Diseño Muestra Estadística
Estrato 1	12.045	8,92	35
Estrato 2	29.698	21,99	88
Estrato 3	50.266	37,21	148
Estrato 4	17.738	13,13	52
Estrato 5	6.285	4,65	19
Estrato 6	10.408	7,71	31
Comercial	8.640	6,40	25
TOTAL			398

Fuente: Grupo Técnico PGIRS Manizales, 2019.

Los resultados del estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios de Manizales, fueron objeto de análisis de este trabajo, para lo cual se tuvo acceso a los datos de caracterización y se procedió con el análisis estadístico de la información considerando el total de residuos sólidos domiciliarios y su composición física por corrientes de residuos.

El estudio de caracterización física de los residuos sólidos de Manizales en la fuente, se llevó a cabo para los usuarios domiciliarios (estratos del 1 al 6) y comerciales, durante 8 días consecutivos para cada tipo de usuario, hasta completar la muestra estimada; a cada usuario se les suministró diariamente tres bolsas de colores que eran recolectadas cada día, para garantizar la generación de los residuos el mismo periodo de tiempo por muestra. Las bolsas entregadas eran de colores verde, blanco y gris, donde eran depositados los residuos orgánicos fácilmente putrescibles, residuos de baño o sanitarios y residuos inorgánicos, respectivamente, los cuales después de la recolección eran pesados por color y caracterizados de acuerdo a las corrientes solicitadas por el RAS 2012. Los resultados del estudio se resumen en la siguiente tabla, donde se muestra la fracción de cada corriente de residuos de acuerdo al tipo de usuario.

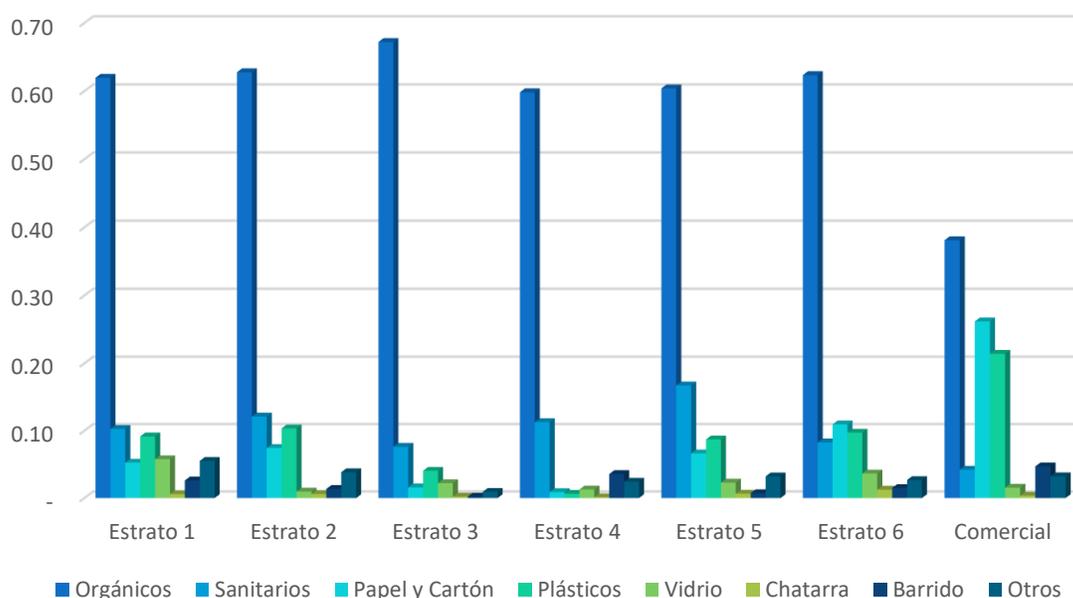
Tabla 25. Fracción de residuos sólidos en Manizales para los usuarios domiciliarios y comercial, de acuerdo a la caracterización física

Tipo de Usuario	Orgánicos	Sanitarios	Papel y Cartón	Plásticos	Vidrio	Chatarra	Barrido	Otros
Estrato 1	0,62	0,10	0,05	0,09	0,06	0,01	0,03	0,06
Estrato 2	0,63	0,12	0,07	0,10	0,01	0,01	0,01	0,04
Estrato 3	0,67	0,08	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01
Estrato 4	0,60	0,11	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,02
Estrato 5	0,60	0,17	0,07	0,09	0,02	0,01	0,01	0,03
Estrato 6	0,62	0,08	0,11	0,10	0,04	0,01	0,01	0,03
Comercial	0,38	0,04	0,26	0,21	0,02	0,00	0,05	0,03

Fuente: Grupo Técnico PGIRS Manizales, 2019.

De acuerdo a los resultados del estudio de caracterización, que se mostraron en la Tabla 25 sobre la participación de las diferentes corrientes de residuos de acuerdo al tipo de usuario, el equipo técnico del PGIRS de Manizales, 2019, muestra la composición física de manera gráfica en la Figura 42.

Figura 42. Gráfica de composición física de los residuos domiciliarios y comerciales de Manizales



Fuente: Grupo Técnico PGIRS Manizales, 2019.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que los residuos que más se generan en los usuarios domiciliarios, de los estratos 1 al 6 son los de tipo orgánico, con una participación mayor al 60% del total de los residuos. Aunque para los usuarios comerciales, los residuos orgánicos no tienen una representatividad tan alta como en los domicilios, superan el 35% de participación sobre el total de los residuos; es importante tener en cuenta que la muestra de este tipo de usuario se tuvo en cuenta una gran variedad de locales comerciales en la ciudad, desde peluquerías, desde ventas de ropa y calzado, hasta cafeterías y restaurantes, entre otros.

El estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en Manizales, que llevó a cabo el grupo técnico del PGIRS – 2019, obtuvo la generación per cápita para cada uno de los estratos socio – económicos de Manizales, los cuales se muestran en la la Tabla 26.

Tabla 26. Producción per cápita para los usuarios domiciliarios en Manizales

Estrato	Promedio Personas/vivienda	PPC Kg/hab-día
Estrato 1	3,23	0,49
Estrato 2	4,14	0,39
Estrato 3	3,32	0,29
Estrato 4	3,09	0,30
Estrato 5	2,26	0,49
Estrato 6	2,49	0,58
Promedio	3,09	0,42

Fuente: Grupo Técnico PGIRS Manizales, 2019.

Es importante mencionar que los 0,42 kg/hab-día (Producción Per Cápita – PPC) de generación en los usuarios domiciliarios de Manizales, corresponden a una caracterización de residuos en la fuente (generación en las viviendas), correspondiente a la zona urbana de la ciudad.

De acuerdo con los datos obtenidos del estudio de caracterización, el equipo técnico del PGIRS de Manizales, 2019, mostró los porcentajes del Potencial de Aprovechamiento, los cuales se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Potencial de Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en Manizales

Tipo de usuario	Porcentaje residuos con respecto al total generado		Potencial de aprovechamiento efectivo de inorgánicos (% respecto a la fracción inorgánica)
	%Total Inorgánicos	%Inorgánicos Efectivamente aprovechables	
Domiciliarios	25,43%	15,84%	62,3%
Comerciales	57,66%	49,54%	85,9%

Fuente: Grupo Técnico PGIRS Manizales, 2019.

A continuación, se presenta el análisis de estadística descriptiva e inferencial que se llevó a cabo a partir de los datos obtenidos por la caracterización de los residuos sólidos en la ciudad de Manizales, para los usuarios domiciliarios y comerciales.

10.4.1 Generación Total De Residuos Sólidos Domiciliarios

La Tabla 28 presenta el análisis de estadística descriptiva de la generación total de residuos sólidos domiciliarios por estrato en Manizales, para la muestra objeto de análisis, en el estudio de caracterización del PGIRS. Se evidencia una mayor generación en el estrato 3, tal como se ilustra en la Figura 43, la confirma además mayor variación en este estrato. Con relación a la generación de residuos domiciliarios por día, la Figura 44 muestra su comportamiento, los valores promedio son similares, con una mayor variación el día lunes y menor el domingo.

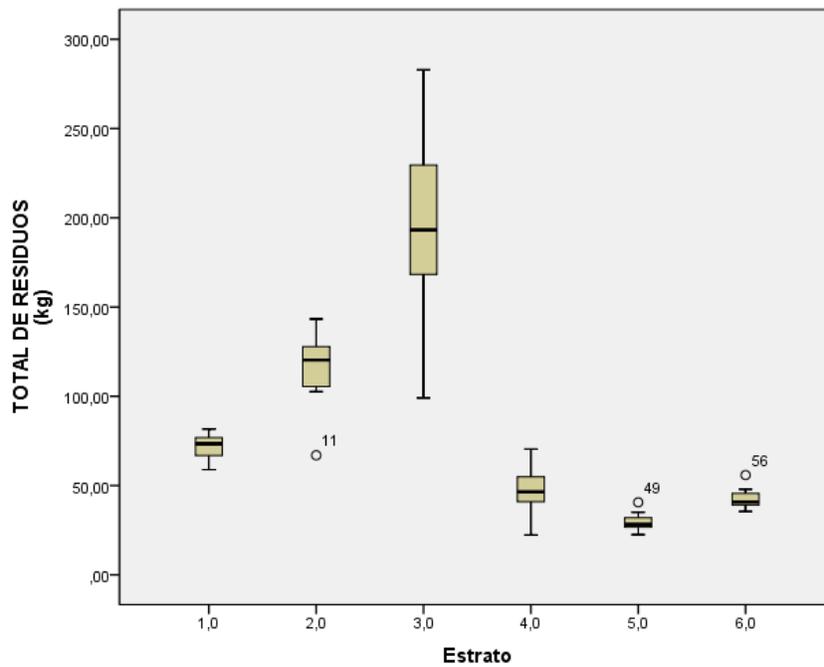
Tabla 28. Generación total de residuos sólidos domiciliarios estadísticas por estrato en Manizales

		Estrato	Estadístico	Error estándar	
TOTAL DE RESIDUOS (kg)	1,0	Media	71,6157	2,96105	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	64,3703	
			Límite superior	78,8611	
		Desviación estándar		7,83420	
	2,0	Media	113,8971	9,41836	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	90,8512	
			Límite superior	136,9430	
		Desviación estándar		24,91865	
	3,0	Media	193,7594	12,69143	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	166,3413	
			Límite superior	221,1776	
		Desviación estándar		47,48700	
	4,0	Media	47,4379	3,36474	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	40,1688	
			Límite superior	54,7069	
		Desviación estándar		12,58970	
	5,0	Media	29,8114	2,28683	
			Límite inferior	24,2158	

Estrato				Estadístico	Error estándar
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	35,4071	
		Desviación estándar		6,05037	
	6,0	Media		43,0971	2,58725
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	36,7664	
			Límite superior	49,4279	
		Desviación estándar		6,84522	

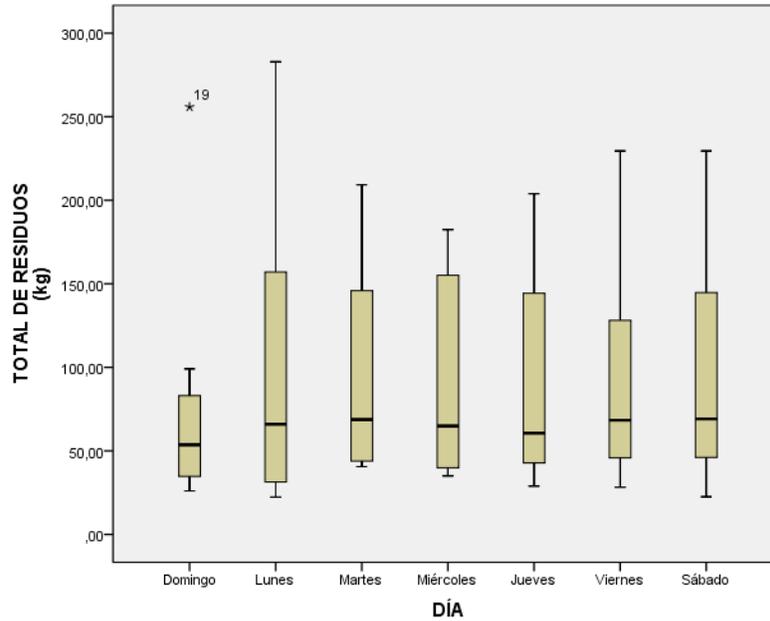
Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 43. Generación total de residuos sólidos domiciliarios en Manizales por estrato



Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 44. Generación total de residuos sólidos domiciliarios en Manizales por día



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

El análisis de estadística inferencial confirma diferencias estadísticamente significativas en el total de residuos generados por estrato. Dado que los datos de generación por estrato se ajustan a distribución normal, según la prueba Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$), se aplicó el análisis de varianza ANOVA y una prueba post hoc de Duncan, por no tener grupos homogéneos; tal como se ilustra en la Tabla 29, se evidencian 4 subconjuntos, donde se comprueban variaciones significativas por estratos y mayores generaciones en los estratos 3 y 2.

Tabla 29. Generación de residuos- análisis de varianza ANOVA con prueba post hoc de Duncan

TOTAL DE RESIDUOS (kg)

Duncan^{a,b}

Estrato	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5,0	7	29,8114			
6,0	7	43,0971			
4,0	14	47,4379	47,4379		
1,0	7		71,6157		
2,0	7			113,8971	
3,0	14				193,7594
Sig.		,210	,071	1,000	1,000

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos:

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,400.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Por su parte, el análisis de estadística inferencial para la generación de residuos por día se compila en la Tabla 30. Esta información no se ajusta a distribución normal, según la prueba Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$), por lo cual se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con la cual no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la generación de residuos por día.

Tabla 30. Generación de residuos por día- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis Rangos

DÍA		N	Rango promedio
TOTAL DE RESIDUOS (kg)	Domingo	8	23,75
	Lunes	8	27,38
	Martes	8	31,13
	Miércoles	8	28,38
	Jueves	8	28,63
	Viernes	8	29,88
	Sábado	8	30,38
	Total	56	

Estadísticos de prueba^{a,b}

	TOTAL DE RESIDUOS (kg)
Chi-cuadrado	1,087
gl	6
Sig. asintótica	,982

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:

DÍA

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.2 Generación De Residuos Sólidos Sanitarios

Durante la caracterización se residuos se separó la corriente de residuos sólidos sanitarios. La Tabla 31 presenta el resumen de estadística descriptiva por estrato; la variación y los percentiles se visualizan en la Figura 45 nuevamente, se evidencia una

mayor generación en el estrato 3 y menores valores, en promedio, en los estratos 5 y 6. El análisis de estadística inferencial que se resume en la Tabla 31 corrobora diferencias estadísticamente significativas por estrato. Finalmente, el porcentaje de residuos sanitarios por estrato se visualiza en la Figura 45, que indica diferencias porcentuales notables en los estratos 5 y 6 y alta variabilidad en el estrato 3.

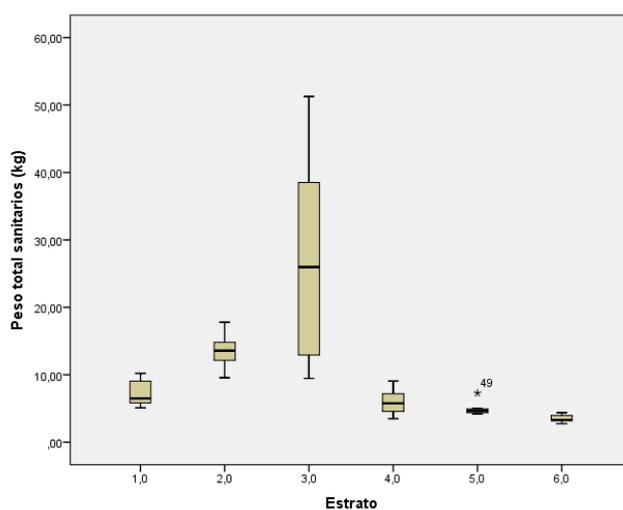
Tabla 31. Generación de residuos sanitarios estadísticas por estrato en Manizales

Estrato			Estadístico	Error estándar	
Peso total sanitarios (kg)	1,0	Media	7,3643	,76664	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,4884	
			Límite superior	9,2402	
		Desviación estándar		2,02835	
	2,0	Media	13,5457	1,03593	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,0109	
			Límite superior	16,0805	
		Desviación estándar		2,74080	
	3,0	Media	26,9293	3,91644	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	18,4683	
			Límite superior	35,3902	
		Desviación estándar		14,65397	
	4,0	Media	5,9329	,46871	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,9203	
			Límite superior	6,9454	
		Desviación estándar		1,75375	
	5,0	Media	4,9643	,40253	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,9793	
			Límite superior	5,9492	
		Desviación estándar		1,06500	
6,0	Media	3,5271	,22007		

Estrato			Estadístico	Error estándar
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,9886	
		Límite superior	4,0656	
	Desviación estándar		,58226	

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 45. Generación de residuos sanitarios por estrato en Manizales



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Tabla 32. Generación de residuos sanitarios- ANOVA con prueba post hoc de Duncan

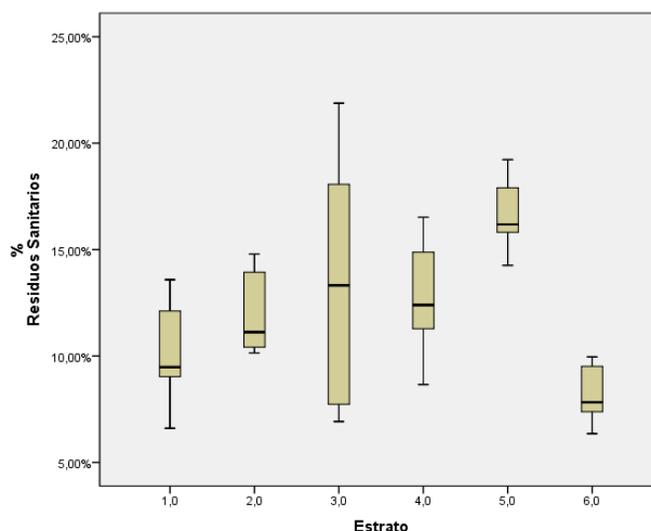
Peso total sanitarios (kg)				
Duncan ^{a,b}				
Estrato	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
6,0	7	3,5271		
5,0	7	4,9643		
4,0	14	5,9329	5,9329	
1,0	7	7,3643	7,3643	
2,0	7		13,5457	
3,0	14			26,9293
Sig.		,356	,058	1,000

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,400.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados

Figura 46. Generación de residuos sanitarios por estrato en Manizales



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.3 Generación De Residuos Sólidos Orgánicos

La estadística descriptiva de la generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios se ilustra en la Tabla 33 para la muestra objeto de análisis, donde se presenta la información discriminada por estrato. La Figura 47 ilustra la variabilidad en términos de peso donde se evidencian diferencias por estratos, que se confirman con el análisis de estadística inferencial que se sintetiza la Tabla 33.

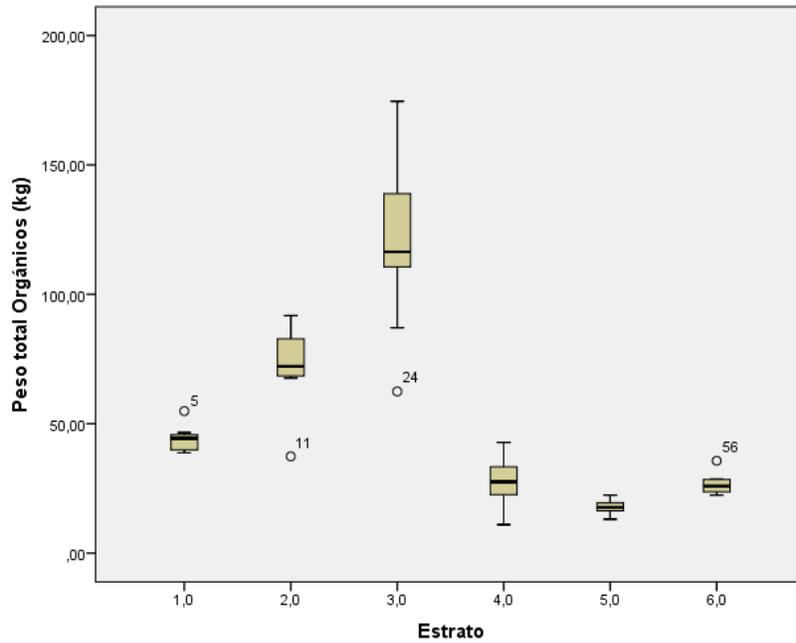
Por otro lado, la Figura 48 presenta la variabilidad en términos de generación porcentual; se evidencia mayor heterogeneidad en los estratos 4 y 5.

Tabla 33. Generación de residuos orgánicos estadísticas por estrato en Manizales

Estrato			Estadístico	Error estándar	
Peso total Orgánicos (kg)	1,0	Media	44,1943	2,11721	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	39,0137	
			Límite superior	49,3749	
		Desviación estándar		5,60162	
	2,0	Media	71,9800	6,65123	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	55,7050	
			Límite superior	88,2550	
		Desviación estándar		17,59750	
	3,0	Media	121,0986	7,42404	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	105,0599	
			Límite superior	137,1372	
		Desviación estándar		27,77823	
	4,0	Media	28,0221	2,15812	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	23,3598	
			Límite superior	32,6845	
		Desviación estándar		8,07493	
	5,0	Media	17,8471	1,14991	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	15,0334	
			Límite superior	20,6609	
		Desviación estándar		3,04238	
	6,0	Media	26,8829	1,72327	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,6662	
			Límite superior	31,0996	
		Desviación estándar		4,55935	

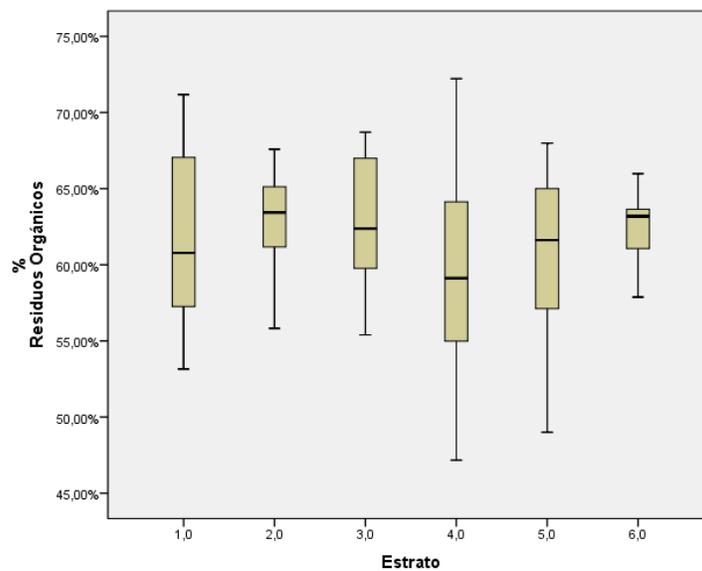
Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 47. Generación de residuos orgánicos por estrato en Manizales



Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 48. Porcentaje de residuos orgánicos por estrato en Manizales



Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Tabla 34. Generación de residuos orgánicos- ANOVA con prueba post hoc de Duncan

Peso total Orgánicos (kg)					
Duncan ^{a,b}					
Estrato	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5,0	7	17,8471			
6,0	7	26,8829			
4,0	14	28,0221			
1,0	7		44,1943		
2,0	7			71,9800	
3,0	14				121,0986
Sig.		,231	1,000	1,000	1,000

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,400.
- Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

10.4.4 Generación De Residuos Sólidos Inorgánicos

El análisis de estadística descriptiva de la generación de residuos sólidos inorgánicos domiciliarios, para el caso de estudio, se compila en la Tabla 35 y en la Figura 49 nuevamente, se encuentra mayor generación en el estrato 3, donde se tiene además una mayor variabilidad. El análisis de varianza ANOVA y la prueba Post hoc de Duncan confirman diferencias estadísticamente entre los estratos. Por su parte, el porcentaje de generación se sintetiza en la Figura 50 que muestra diferencias en el estrato 6 y confirma la mayor variación en el estrato 3.

Los residuos inorgánicos identificados están constituidos por papel y cartón, plásticos (PET, polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, polietileno), tetra pack, madera, vidrio, chatarra y textiles, principalmente, la composición de estos residuos en términos porcentuales se muestra a continuación.

Tabla 35. Generación de residuos inorgánicos estadísticas por estrato en Manizales

Estrato			Estadístico	Error estándar	
Peso Total Inorgánicos (kg)	1,0	Media	20,0571	2,19790	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,6791	
			Límite superior	25,4352	
		Desviación estándar		5,81511	
	2,0	Media	28,3714	2,33919	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,6476	
			Límite superior	34,0952	
		Desviación estándar		6,18892	
	3,0	Media	45,7316	3,68966	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	37,7606	
			Límite superior	53,7026	
		Desviación estándar		13,80544	
	4,0	Media	13,4829	1,53414	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,1686	
			Límite superior	16,7972	
		Desviación estándar		5,74021	
	5,0	Media	7,0000	1,16389	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,1521	
			Límite superior	9,8479	
		Desviación estándar		3,07937	
	6,0	Media	12,6871	,97627	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	10,2983		
		Límite superior	15,0760		
Desviación estándar		2,58296			

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Tabla 36. Generación de residuos inorgánicos- ANOVA con prueba post hoc de Duncan

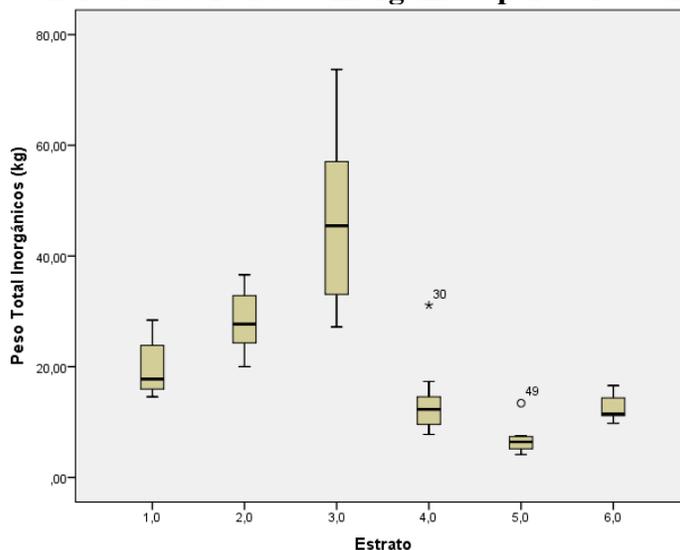
Peso Total Inorgánicos (kg)					
Duncan^{a,b}					
Estrato	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5,0	7	7,0000			
6,0	7	12,6871	12,6871		
4,0	14	13,4829	13,4829		
1,0	7		20,0571		
2,0	7			28,3714	
3,0	14				45,7316
Sig.		,136	,091	1,000	1,000
a.					

Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

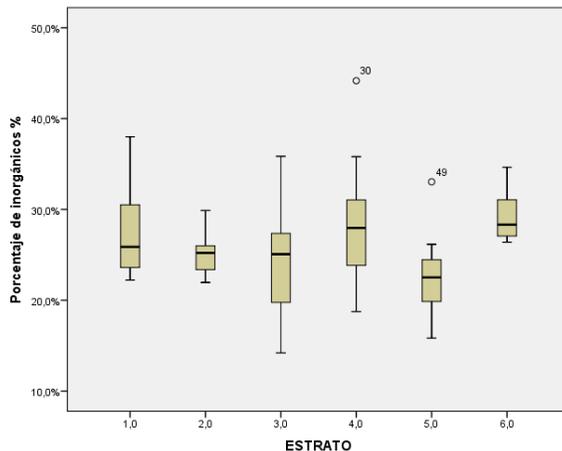
- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,400
- Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados

Figura 49. Generación de residuos inorgánicos por estrato en Manizales



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 50. Porcentaje de generación de residuos inorgánicos por estrato en Manizales



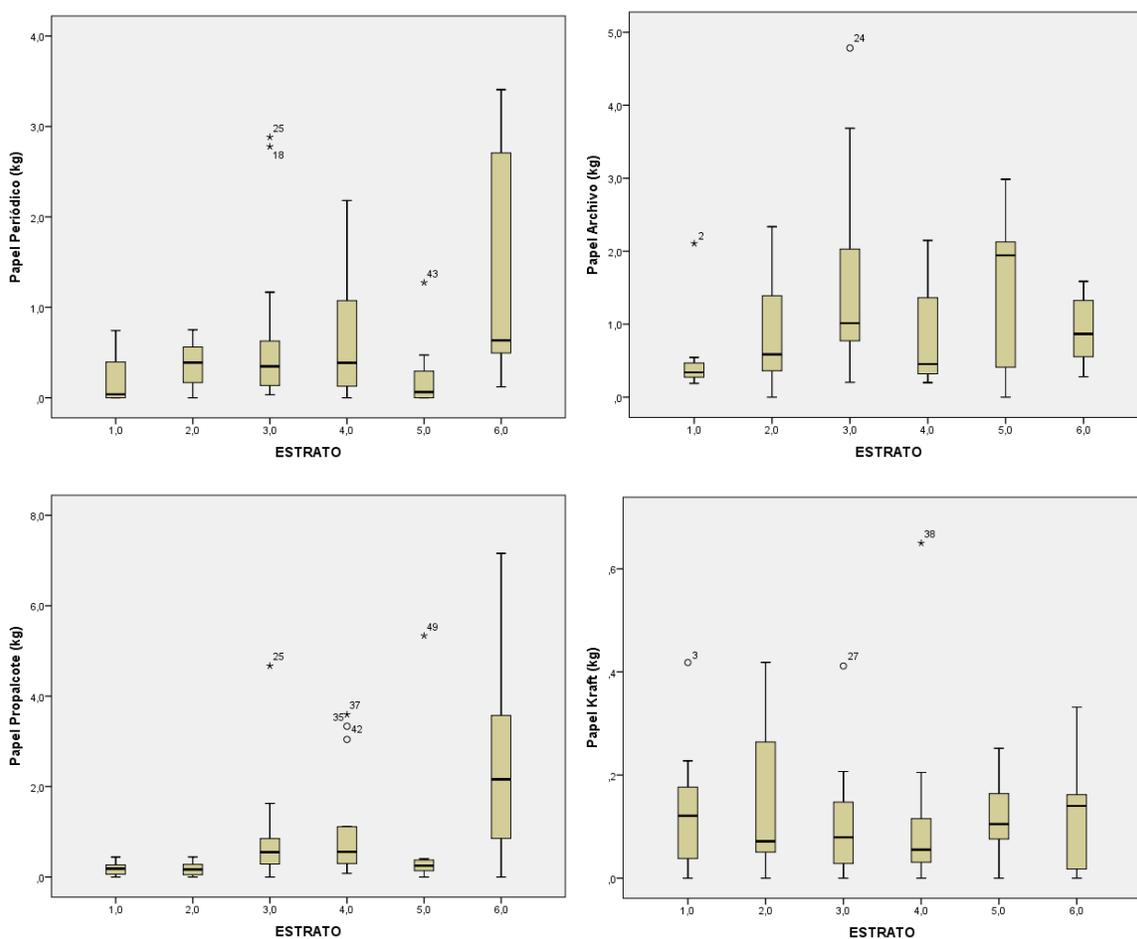
Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.5 Papel Y Cartón

Para el caso de estudio, se cuantificó la generación de papel con diferentes características: periódico, archivo, propalcote y Kraft. El comportamiento en la generación por peso y por estrato se sintetiza en la Figura 51; mientras que en la Figura 52 se presenta

en términos porcentuales. Los datos de generación en peso, no se ajustan a distribución normal, según la prueba de Shapiro- Wilk, por tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para identificar diferencias por estrato; los resultados se resumen en la Tabla 37 que confirman diferencias significativas en la generación de papel propalcote; la prueba U de Mann Whitney corrobora estas diferencias para el estrato 6.

Figura 51. Generación de papel por estrato en Manizales



Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Tabla 37. Generación de residuos de papel por estrato- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis Estadísticos de prueba^{a,b}

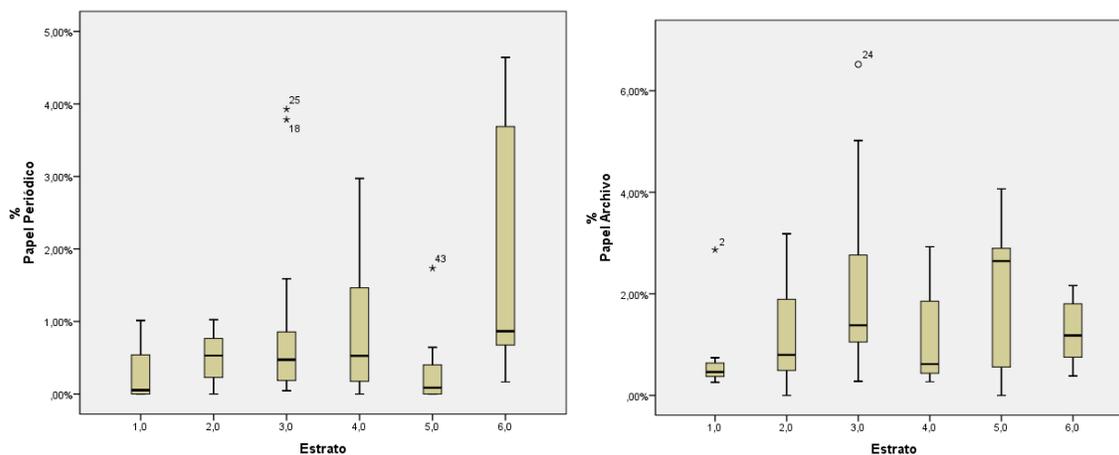
	Papel Periódico (kg)	Papel Archivo (kg)	Papel Propalcote (kg)	Papel Kraft (kg)
Chi-cuadrado	10,424	6,668	13,626	1,836
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,064	,246	,018	,871

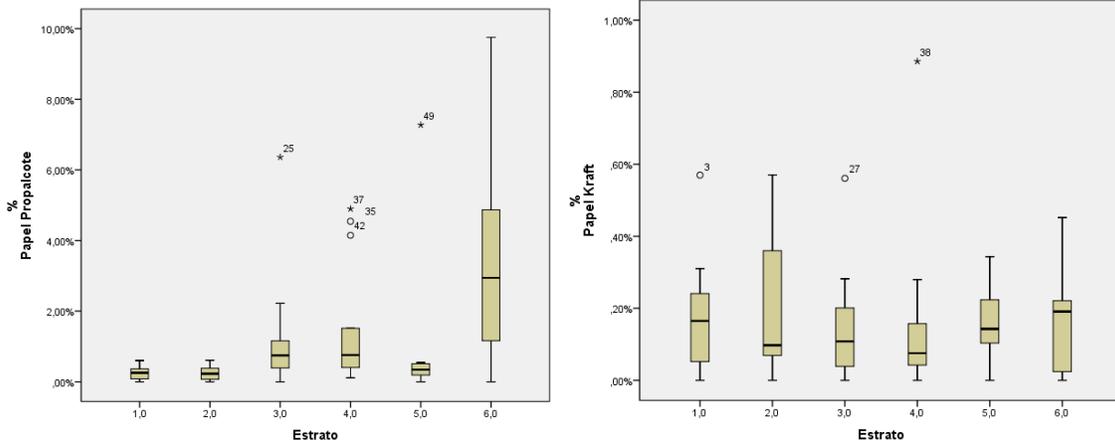
a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: ESTRATO

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 52. Porcentaje de generación de papel por estrato en Manizales

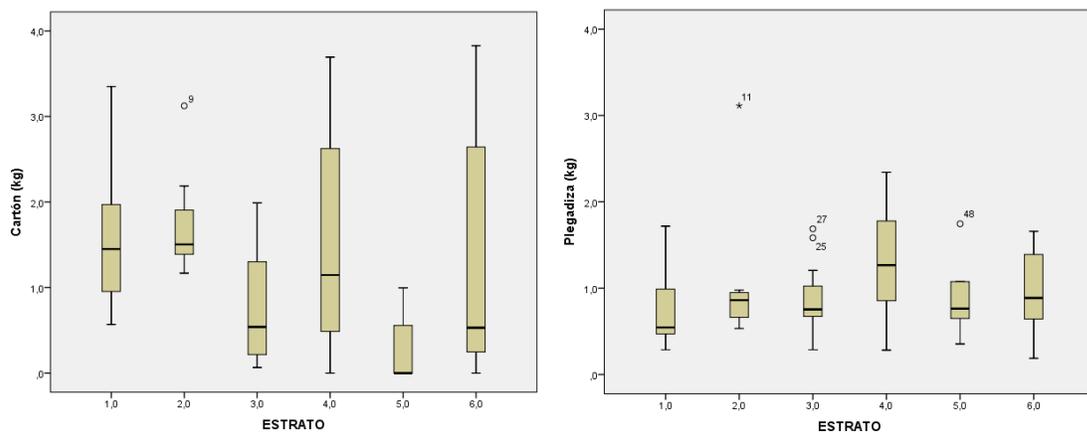


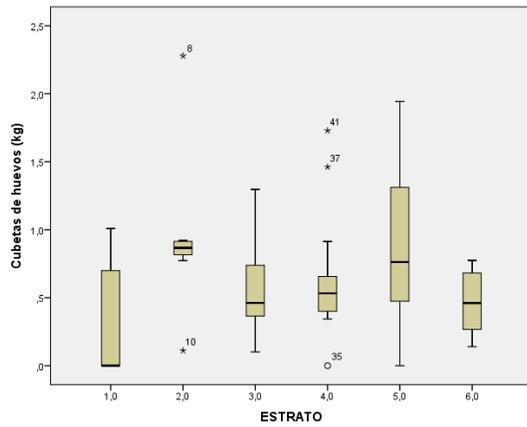


Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

En el caso de estudio se realizó la clasificación de cartón, plegadizas y cubetas de huevos. La Figura 53 resume el comportamiento por estrato en peso; mientras que la Figura 54 en términos porcentuales. Los datos de generación en peso, no se ajustan a distribución normal, según la prueba de Shapiro- Wilk, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Tabla 38) que confirma diferencias significativas en la generación de cartón en al menos un estrato; la prueba U de Mann Whitney corrobora estas diferencias para los estratos 1 y 2, en comparación con los estratos 3, 5.

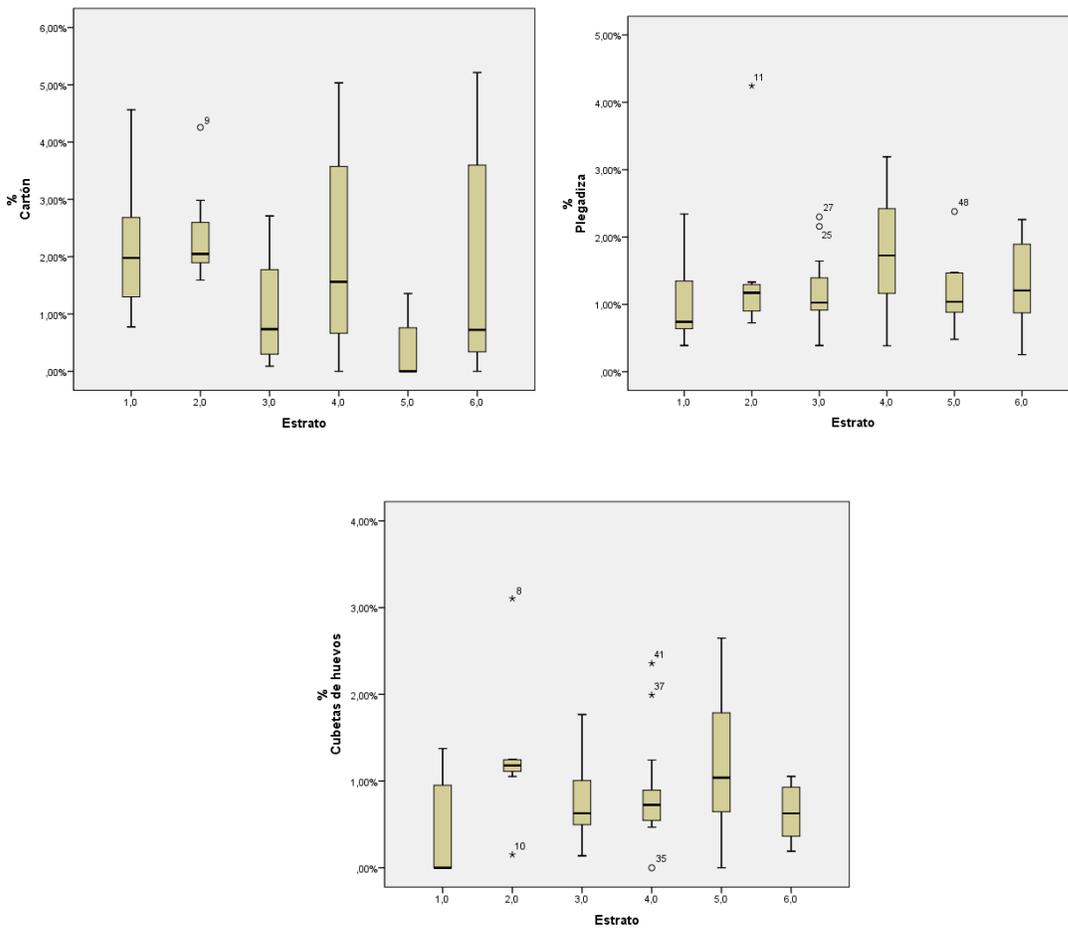
Figura 53. Generación de cartón por estrato en Manizales





Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 54. Porcentaje de generación de cartón por estrato en Manizales



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Tabla 38. Generación de residuos de cartón por estrato- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba^{a,b}

	Cartón (kg)	Plegadiza (kg)	Cubetas de huevos (kg)
Chi-cuadrado	13,422	4,950	7,736
gl	5	5	5
Sig. asintótica	,020	,422	,171

a. Prueba de Kruskal Wallis

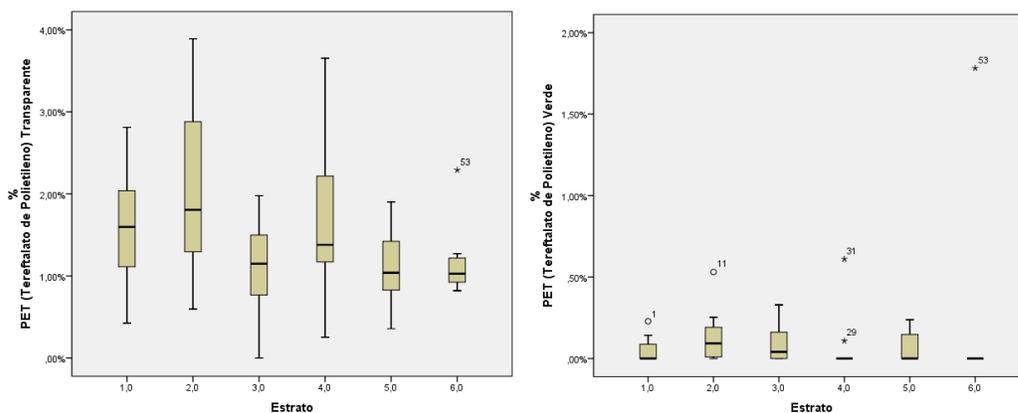
b. Variable de agrupación: ESTRATO

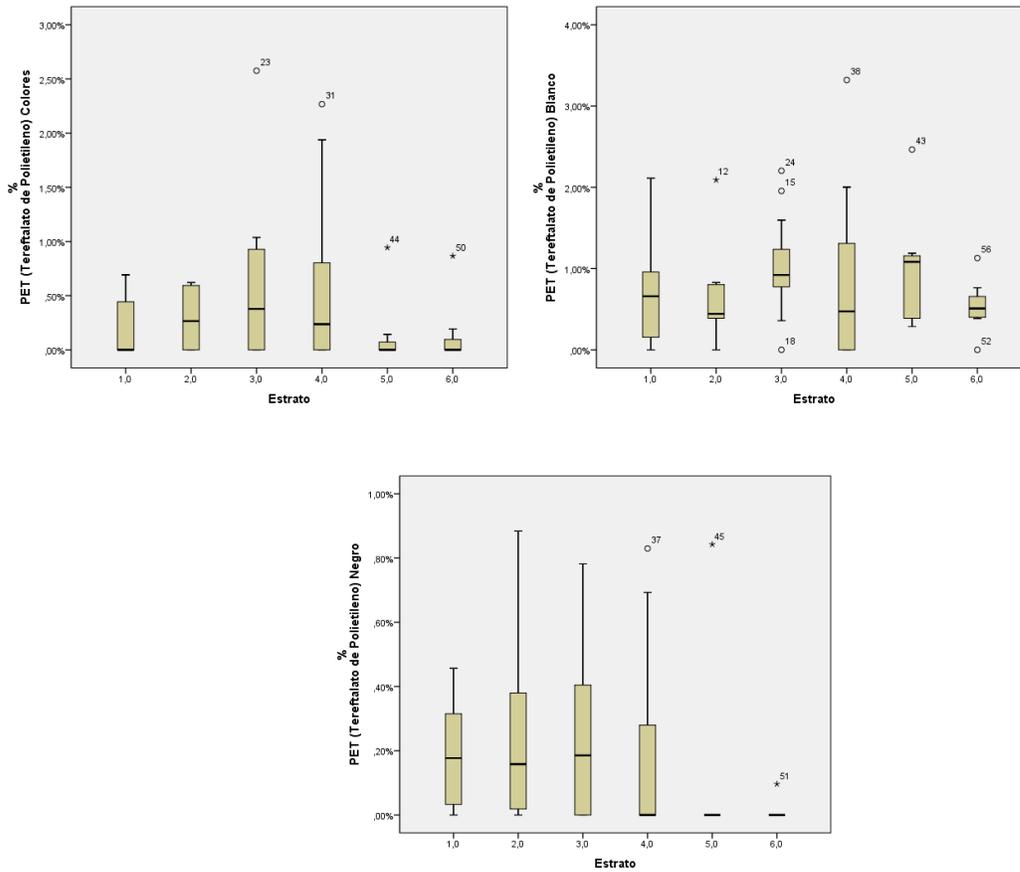
Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.6 Plásticos

La generación de plásticos PET por color, se compila en la Figura 55 en términos porcentuales por estrato.

Figura 55. Porcentaje de generación de PET por estrato en Manizales





Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Los datos de generación en peso de residuos de PET, no se ajustan a distribución normal, según la prueba de Shapiro- Wilk; se aplicó por tanto, la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Tabla 39) donde no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Tabla 39. Generación de residuos de PET- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis Estadísticos de prueba^{a,b}

	PET (Tereftalato de Polietileno) Transparente (kg)	PET (Tereftalato de Polietileno) Verde (kg)	PET (Tereftalato de Polietileno) Colores (kg)	PET (Tereftalato de Polietileno) Blanco (kg)	PET (Tereftalato de Polietileno) Negro (kg)
Chi-cuadrado	7,928	7,893	3,729	4,760	8,260
gl	5	5	5	5	5
Sig. asintótica	,160	,162	,589	,446	,142

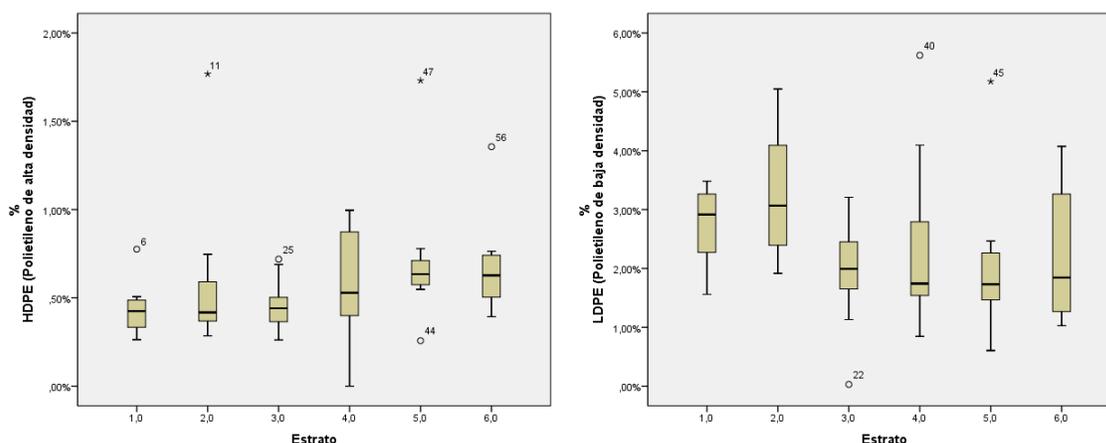
Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: ESTRATO

La Figura 56 compila los resultados de la generación de residuos de polietileno de alta y baja densidad por estratos.

Figura 56. Porcentaje de generación de polietileno por estrato en Manizales



Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, dado que los datos de generación en peso de residuos de polietileno, no se ajustan a distribución normal, según la prueba de Shapiro- Wilk; no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato (Tabla 40).

Tabla 40. Generación de residuos de polietileno- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba^{a,b}

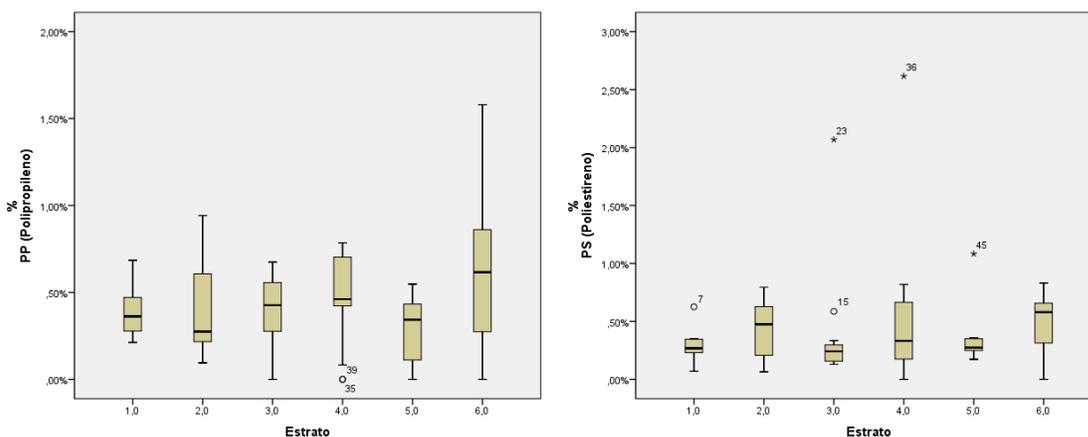
	HDPE (Polietileno de alta densidad) (kg)	LDPE (Polietileno de baja densidad) (kg)
Chi-cuadrado	6,893	8,208
gl	5	5
Sig. asintótica	,229	,145

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: ESTRATO

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Figura 57. Generación de polipropileno y poliestireno por estrato en Manizales



Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Los datos de generación en peso de residuos de estos plásticos, no se ajustan a distribución normal, según la prueba de Shapiro- Wilk; se aplicó por tanto, la prueba no

paramétrica de Kruskal Wallis (Tabla 39) donde no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Tabla 41. Generación de residuos de polipropileno y poliestireno- Prueba de Kruskal Wallis Estadísticos de prueba^{a,b}

	PP (Polipropileno) (kg)	PS (Poliestireno) (kg)
Chi-cuadrado	3,677	3,972
gl	5	5
Sig. asintótica	,597	,553

a. Prueba de Kruskal Wallis

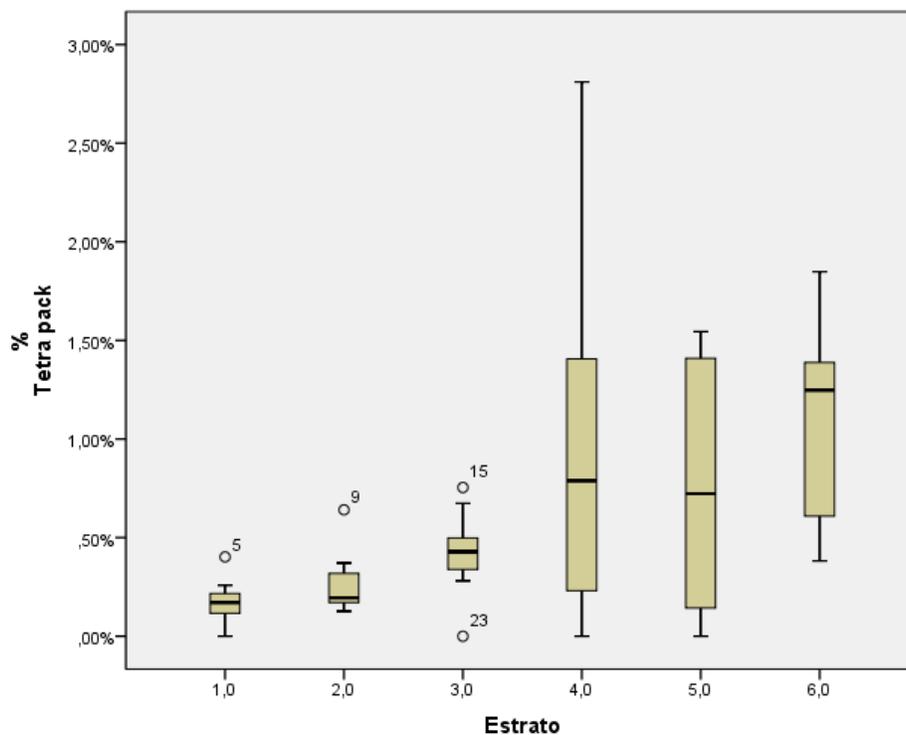
b. Variable de agrupación: ESTRATO

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.7 Tetra Pack

La generación de residuos de Tetra pack se sintetiza en la Figura 48 por estrato para el caso de estudio. Esta información no se ajusta a distribución normal, por tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para identificar diferencias por estratos; los resultados se muestran en la Tabla 42 que confirma diferencias en al menos un estrato. Se identifican diferencias en la generación en los estratos 1, 2 y 3, en comparación con los estratos 4, 5 y 6.

Figura 58. Generación de Tetra pack por estrato en Manizales



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

Tabla 42. Generación de residuos de Tetra pack- Prueba de Kruskal Wallis Estadísticos de prueba^{a,b}

	Tetra pack (kg)
Chi-cuadrado	17,196
gl	5
Sig. asintótica	,004

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:

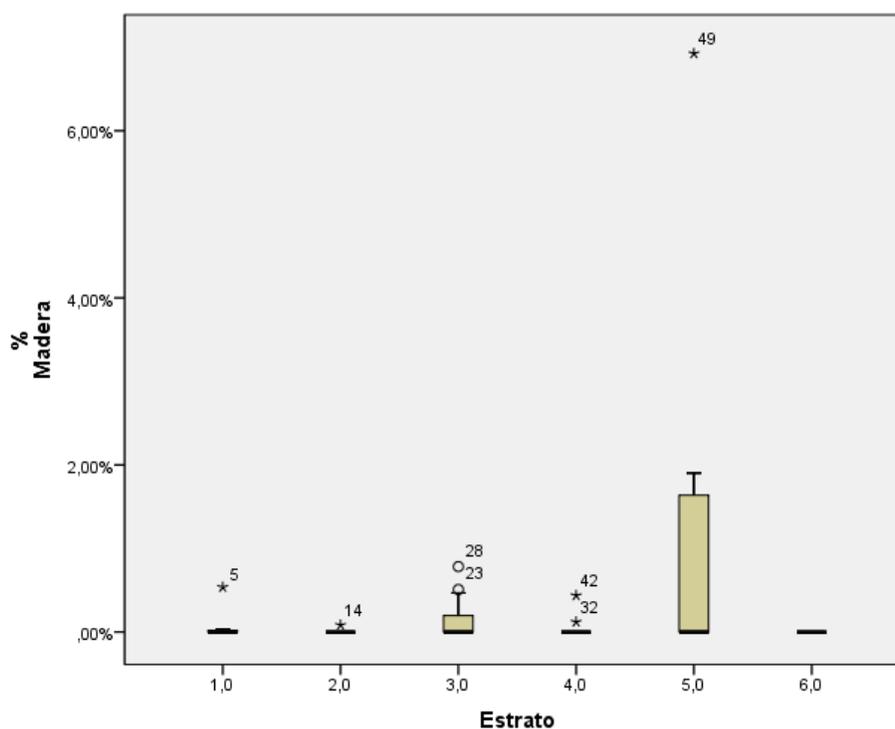
ESTRATO

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.8 Madera

Los resultados de la generación de residuos de madera por estrato se compilan en la Figura 59. Esta información no se distribuye normalmente, la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis no identifica diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Figura 59. Generación de madera por estrato en Manizales

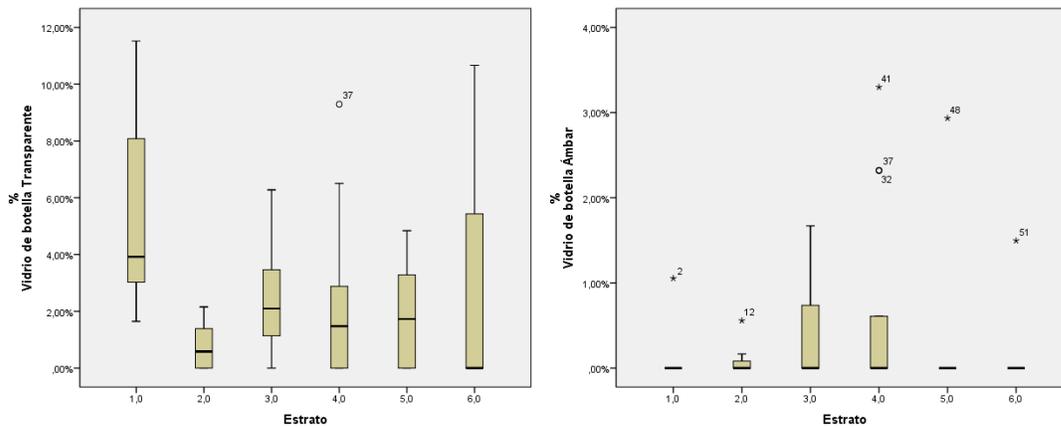


Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.9 Vidrio

En el análisis de caso se realizó la clasificación de residuos de vidrio plano y botella transparente y ámbar, los resultados se presentan en la Figura 60. Esta información no se distribuye normalmente; por tanto, aplicando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Figura 60. Generación de vidrio por estrato en Manizales

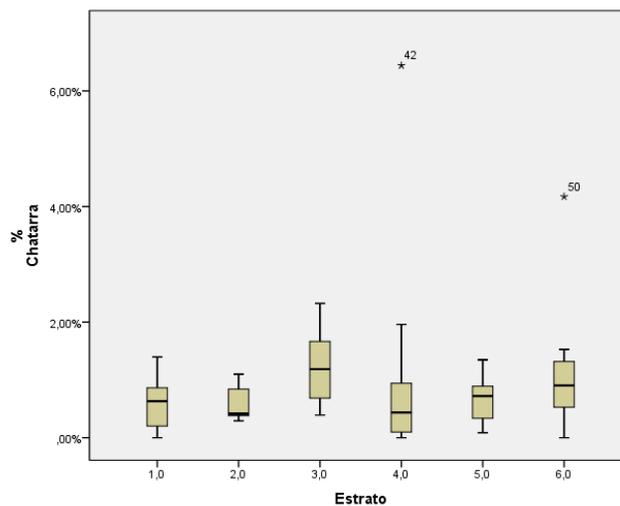


Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.10 Chatarra

La generación de chatarra por estrato se muestra en la Figura 61. Esta información no se distribuye de manera normal, por tanto, al aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Figura 61. Generación de chatarra por estrato en Manizales

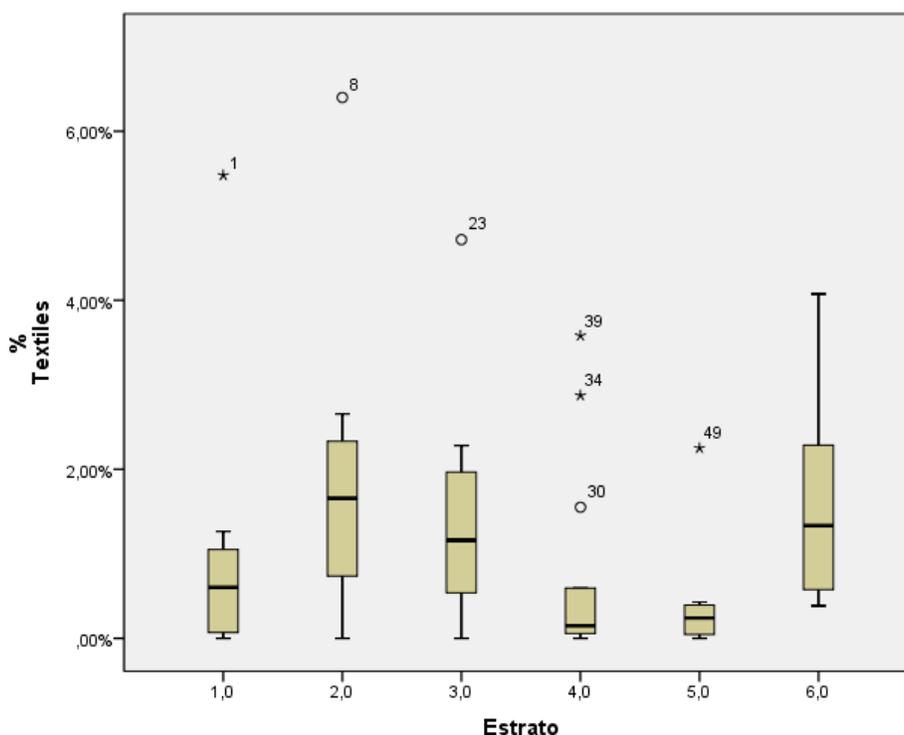


Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.11 Textiles

La generación de residuos de textiles, por estrato, se resume en la Figura 62. Esta información no se distribuye normalmente; al aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Figura 62. Generación de textiles por estrato en Manizales

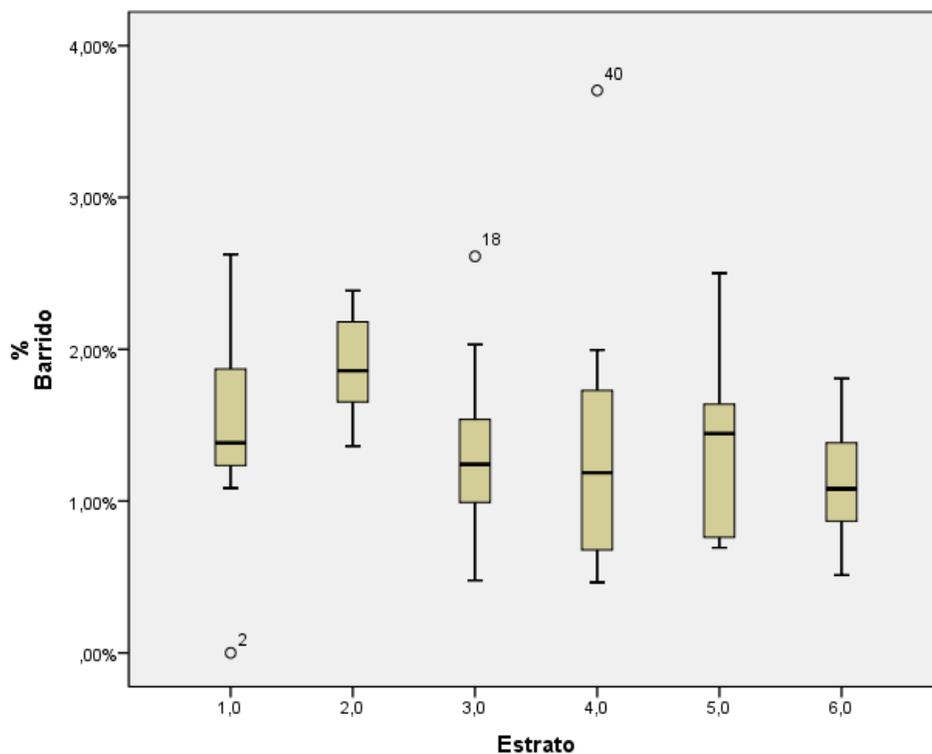


Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.12 Barrido

La Figura 63 resume la generación de residuos de barrido por estrato. Dado que la información no se ajusta a distribución normal, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis donde no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estrato.

Figura 63. Generación de barrido por estrato en Manizales

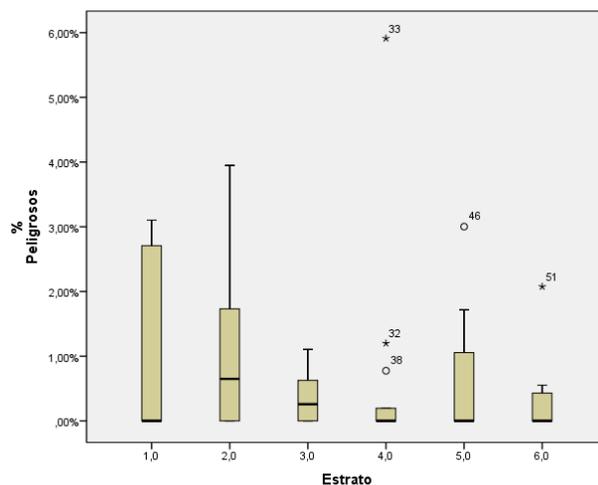


Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.4.13 Peligrosos

Finalmente, la Figura 64 resume la generación de residuos peligrosos por estrato. Esta información no se distribuye normalmente; por tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis donde no se identifican diferencias estadísticamente significativas en la generación por estratos.

Figura 64. Generación de residuos peligrosos por estrato en Manizales



Fuente: elaboración propia a partir de Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y UCM, 2019

10.5 IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS

En este punto, se identificarán las mejores técnicas y procedimientos para la gestión integral de residuos sólidos municipales, con el objeto principal de servir de referencia a los diferentes entes territoriales encargados de la planificación ambiental del territorio. Lo anterior basado en los documentos BREF (Best available techniques Reference documento). Las Mejores Técnicas Disponibles (MTD), describen las acciones de mayor eficacia para el desarrollo en las diferentes actividades de explotación, con determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el medio ambiente de acuerdo con parámetros que estableció Comisión Europea a través de la Oficina Europea de IPPC (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau).

Los BREF fueron los encargados de informar a las autoridades competentes sobre qué es técnica y económicamente viable para cada sector industrial, en sentido de mejorar las actuaciones medioambientales, en la búsqueda de la mejora del medio ambiente en los países miembros de la Unión Europea.

10.5.1 MTD En La Combustión De Biomasa

La combustión de residuos, también es conocida como la técnica de tratamiento térmico de estos, esta consiste emplear los residuos sólidos municipales como combustible hasta que la fracción orgánica se convierta en cenizas.

Algunas instalaciones de incineración, emplean residuos o subproductos industriales como combustible, algunos de ellos con el fin de que estos terminen en rellenos sanitarios. Las técnicas analizadas a la hora de determinar las MTD, las desarrolló el (Gobierno de España, 2013), para evitar o reducir las emisiones y para aumentar la eficiencia térmica.

Las MTD recomendadas para descarga, almacenamiento y manipulación de la biomasa empleada como combustible son las siguientes:

Tabla 43. Mejores Técnicas Disponibles para el manejo de la biomasa como combustible

TÉCNICA	BENEFICIO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
Transporte y Manipulación de Biomasa		
Sistemas cerrados de transferencia con filtro de tela	Reducción de las emisiones de polvo Fugitivas	
Transportadores abiertos con escudos eólicos	Reducción de las emisiones de polvo Fugitivas	Las cintas transportadoras abiertas solo se pueden utilizar con materiales grumosos o abultados (tales como trozos de madera)
Descarga de biomasa en edificios cerrados equipados con un filtro de mangas para la disminución del polvo	Reducción de las emisiones de polvo Fugitivas	
Dispositivos de limpieza para cintas transportadoras	Reducción de las emisiones de polvo Fugitivas	
Almacenamiento de Biomasa		
Almacenamiento de material	Reducción de partículas finas	

TÉCNICA	BENEFICIO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
combustible fino y polvoriento en silos o en áreas cerradas		
Almacenamiento independiente de combustibles biomásicos de diferentes cualidades	Condiciones estables de combustión	
Almacenamiento cerrado de cal/caliza en silos con disminución del polvo	Reducción de partículas finas	
Superficies selladas con sistemas de drenaje	Prevención de la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas	Las aguas de drenaje recogidas tienen que tratarse en un estanque de sedimentación. Coste adicional para el tratamiento de las aguas residuales
Escudos eólicos para el almacenamiento abierto de madera grumosa, etc.	Reducción de las emisiones de polvo fugitivas	
Almacenamiento de amoníaco como una solución de amoníaco-agua	Mayor seguridad	Menores riesgos que en el caso de almacenamiento a presión de amoníaco líquido
Tratamiento previo al tratamiento		
Secado del combustible	Aumento del rendimiento	Se puede generar calor de bajo valor a partir de los procesos de potencia para aumentar la energía del combustible. Los secadores de vapor son mas eficientes
Gasificación de la biomasa	Aumento en el rendimiento	A medio plazo, la gasificación

TÉCNICA	BENEFICIO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
	central y disminución en los niveles de emisión El gas se puede usar como combustible de recombustión para reducir las emisiones de NOx	Tiene el potencial para constituirse en la alternativa viable a la combustión normal, en particular en vista de las eficiencias eléctricas esperadas del 51 al 55%.
Prensado de corteza	Aumento en el rendimiento de la combustión	Liberación elevada de DBO al agua y un mantenimiento y empleo de alta energía
Técnicas de Combustión		
Cogeneración de calor y electricidad (C)	Aumento del rendimiento de combustible, menor consumo de combustible	En la actualidad, la biomasa se utiliza principalmente en la producción combinada del calor y electricidad (cogeneración), debido al elevado rendimiento del combustible (75 – 90%)
Combustión en parrilla	Variable para distintos biocombustibles tales como la paja	
Esparcidorcargador - parrilla ambulante	Combustión completa del combustible con bajos niveles de emisión (por ejemplo, de NOx)	
Combustión en lecho fluidizado (CLFB y CLFC)	Combustión completa del combustible con bajos niveles de emisión (por ejemplo, de NOx)	En la actualidad, es la principal técnica de combustión para biomasa
Combustión de turba pulverizada	Buena eficiencia energética	
Técnicas para aumentar el rendimiento		
Cogeneración de calor y electricidad (C)	Aumento del rendimiento	En la actualidad, la turba y la biomasa se utilizan principalmente en la producción combinada de

TÉCNICA	BENEFICIO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
		calor y electricidad (cogeneración) debido al alto rendimiento del combustible (75 – 90%) en comparación con el rendimiento eléctrico que ronda solo el 25%.
Cambio de los alabes de la turbina	Aumento del rendimiento	Se pueden cambiar los alabes de la turbina de vapor a alabes tridimensionales durante los intervalos regulares de mantenimiento
Calefacción mediante Alimentación de agua regenerativa	Aumento del rendimiento	La mejora de la calefacción mediante alimentación de agua regenerativa es posible también en ciertos casos especiales
Prensado de corteza	Aumento en el rendimiento de la combustión	
Secado del combustible	Aumento del rendimiento, expansión para los combustibles de biomasa potencial, empleo más seguro	Nuevas alternativas técnicas en desarrollo. La aplicación de sistemas de secado puede ahorrar un 10% del consumo de combustible con respecto a combustibles húmedos tales como turba o madera de energía. Existen muchas tecnologías alternativas comercialmente disponibles. Las biomásas húmedas son más fáciles de cosechar, almacenar y transportar. Se pueden obtener muchos beneficios si se puede secar el combustible antes de su combustión
Técnicas para la prevención y el control del polvo y metales pesados		

TÉCNICA	BENEFICIO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
Filtro de tela	Reducción de emisiones de partículas en particular del polvo fino (PM 2,5 y PM 10)	Las inversiones en nuevos filtros de tela son menores que para un PE, pero los costes operativos son superiores.
Precipitador electrostático (PE)	Reducción de emisiones de partículas	
Técnicas para la prevención y control de las emisiones de NOx y N2O		
Bajo exceso de aire	Reducción de las emisiones de NOx, CO, y N2O, también un aumento del rendimiento	La reducción de las emisiones de NOx conduce a una elevada proporción de carbón en cenizas sin quemar
Combustión en fases	Reducción de NOx	
Estratificación del aire (OFA)	Reducción de NOx	Conduce a una mayor proporción de carbón en cenizas sin quemar
Recirculación de los gases de combustión	Reducción de NOx	
Quemador con bajas emisiones de NOx	Reducción de NOx	Conduce a una mayor proporción de carbón en cenizas sin quemar. No existen quemadores estándar de bajas emisiones de NOx para turba
Reducción no catalítica selectiva (RNCS) con amoníaco o urea	Reducción de NOx	Escape de amoníaco
Reducción catalítica selectiva (RCS)	Reducción de NOx	Escape de amoníaco

Fuente: Modificado de (Gobierno de España, 2013)

El empleo de la biomasa como combustible disminuye la dependencia de los combustibles fósiles y fomenta el crecimiento de las zonas rurales ya que es allí donde se encuentra la biomasa que puede ser aprovechada, disminuyendo las brechas económicas de esta población sentada en esta zona.

En la tabla 23 se resumen las MTD para la combustión de biomasa y turba, las cuales contemplan opciones para reducir las emisiones de NOx, Monóxido de Carbono

(CO), material particulado (PM 10 y PM 2,5), el aumento en el rendimiento de la combustión y la disminución de otros combustibles, entre otros. Las MTD son aplicables tanto a nuevas centrales de combustión como a las existentes, bajo una supervisión continua (Gobierno de España, 2013).

10.5.2 MTD En El Tratamiento De Residuos Sólidos Municipales

Con respecto a las MTD en cuanto al tratamiento de residuos se habla de dos corrientes, la eliminación o valorización de los residuos peligrosos y no peligrosos.

La eliminación o valorización de los residuos peligrosos, implica una o varias de las siguientes actividades (European Commission, 2018):

- Tratamiento biológico
- Tratamiento físico-químico
- Recuperación o regeneración de disolventes
- Reciclado o recuperación de materiales inorgánicos distintos de los metales o los compuestos metálicos
- Regeneración de ácidos o de bases
- Valorización de componentes usados para captar contaminantes
- Valorización de componentes procedentes de catalizadores
- Regeneración o recuperación de aceites.

La eliminación o valorización de los residuos no peligrosos, implica una o varias de las siguientes actividades (European Commission, 2018):

- Tratamiento biológico
- Tratamiento físico-químico
- Pretratamiento de residuos para la incineración o coincineración
- Tratamiento de cenizas

- Tratamiento mediante trituradoras de residuos metálicos, incluidos los equipos eléctricos y electrónicos y los vehículos al final de su vida útil, así como sus componentes.

Es importante mencionar que las MTD no son prescriptivas ni exhaustivas y son aplicables con carácter general (European Commission, 2018).

A continuación se presentan las conclusiones generales sobre las MTD para el tratamiento de residuos de (European Commission, 2018), las cuales están segregadas en los siguientes campos:

- Comportamiento ambiental global. Este consiste en implantar y cumplir un sistema de gestión ambiental (SGA) que reúna todas las características siguientes: Compromiso de los órganos de dirección, incluidos los directivos superiores; definición, por parte de los órganos de dirección, de una política ambiental que promueva la mejora continua del comportamiento ambiental de la instalación; planificación y establecimiento de los procedimientos, objetivos y metas necesarios, junto con la planificación financiera y las inversiones; Aplicación de procedimientos prestando especial atención a la organización y la asignación de responsabilidades, la contratación, la formación, la concienciación y las competencias profesionales, la comunicación, la implicación de los trabajadores, la documentación, el control eficaz de los procesos, los programas de mantenimiento, la preparación y la capacidad de reacción ante las emergencias y la garantía del cumplimiento de la legislación ambiental; comprobación del comportamiento y adopción de medidas correctoras, haciendo especial hincapié en la monitorización y la medición, las medidas correctoras y preventivas, el mantenimiento de registros y la auditoría interna o externa independiente (cuando sea posible) dirigida a determinar si el SGA se ajusta o no a las disposiciones previstas y si se aplica y mantiene correctamente; revisión del SGA, por los directivos superiores, para comprobar si sigue siendo conveniente, adecuado y eficaz; Seguimiento del desarrollo de tecnologías más limpias; consideración, tanto en la fase de diseño de una instalación nueva como durante toda su vida útil, de los impactos ambientales de su cierre final; realización periódica de evaluaciones comparativas con el resto del sector; gestión de

los flujos de residuos; inventario de los flujos de aguas y gases residuales; plan de gestión de los restos; plan de gestión de accidentes; plan de gestión de olores y plan de gestión del ruido y las vibraciones.

Para mejorar el comportamiento ambiental global de una organización o municipio, se indican las siguientes MTD de (European Commission, 2018), en la Tabla 44. Mejores Técnicas Disponibles del comportamiento ambiental global.

Tabla 44. Mejores Técnicas Disponibles del comportamiento ambiental global

TÉCNICA		DESCRIPCIÓN
1	Establecer y aplicar procedimientos de caracterización y de pre-aceptación de residuos	Con esos procedimientos se pretende garantizar la adecuación técnica (y legal) de las operaciones de tratamiento de un tipo concreto de residuos antes de su llegada a la instalación. Incluyen procedimientos para recopilar información sobre los residuos entrantes y pueden llevar aparejadas la recogida de muestras y la caracterización de los residuos para conocer suficientemente su composición. Los procedimientos de pre-aceptación de residuos se basan en el riesgo y tienen en cuenta, por ejemplo, las propiedades peligrosas de los residuos, los riesgos que estos plantean en términos de seguridad del proceso, seguridad laboral e impacto ambiental, así como la información facilitada por el poseedor o poseedores anteriores de los residuos.
2	Establecer y aplicar procedimientos de aceptación de residuos	Los procedimientos de aceptación tienen por objeto confirmar las características de los residuos, identificadas en la fase de pre-aceptación. Esos procedimientos determinan los elementos que se deben verificar en el momento de la llegada de los residuos a la instalación, así como los criterios de aceptación y rechazo. Pueden incluir la recogida de muestras, la inspección y el análisis de los residuos. Los procedimientos de aceptación de residuos se basan en el riesgo y tienen en cuenta, por ejemplo, las propiedades peligrosas de los residuos, los riesgos que estos plantean en términos de seguridad del proceso, seguridad laboral e

TÉCNICA		DESCRIPCIÓN
		<p>impacto ambiental, así como la información facilitada por el poseedor o poseedores anteriores de los residuos.</p>
3	<p>Establecer y aplicar un inventario y un sistema de rastreo de residuos</p>	<p>El sistema de rastreo de residuos y el inventario tienen por objeto determinar la localización y la cantidad de residuos en la instalación. Reúne toda la información generada durante los procedimientos de pre-aceptación (por ejemplo, fecha de llegada a la instalación y número de referencia único del residuo, información sobre el poseedor o poseedores anteriores del residuo, resultados de los análisis de pre-aceptación y aceptación, ruta de tratamiento prevista, características y cantidad de los residuos presentes en el emplazamiento, incluyendo todos los peligros identificados), aceptación, almacenamiento, tratamiento y/o traslado de los residuos fuera del emplazamiento. El sistema de rastreo de residuos se basa en el riesgo y tiene en cuenta, por ejemplo, las propiedades peligrosas de los residuos, los riesgos que estos plantean en términos de seguridad del proceso, seguridad laboral e impacto ambiental, así como la información facilitada por el poseedor o poseedores anteriores de los residuos.</p>
4	<p>Establecimiento y aplicación de un sistema de gestión de la calidad de la salida</p>	<p>Esta técnica consiste en el establecimiento y la aplicación de un sistema de gestión de la calidad de la salida que garantice que el material obtenido del tratamiento de residuos responde a las expectativas, recurriendo, por ejemplo, a las normas EN existentes. Ese sistema de gestión permite también monitorizar y optimizar la ejecución del tratamiento de residuos, para lo cual puede llevarse a cabo un análisis del flujo de materiales de los componentes relevantes a lo largo del tratamiento. El recurso a un análisis del flujo de materiales se basa en el riesgo y tiene en cuenta, por ejemplo, las propiedades peligrosas de los residuos, los riesgos que estos plantean en términos de seguridad del proceso, seguridad laboral e impacto ambiental, así como la información facilitada por el poseedor o poseedores anteriores de los residuos.</p>

TÉCNICA		DESCRIPCIÓN
5	Garantizar la separación de residuos	Los residuos se mantienen separados en función de sus propiedades para facilitar su almacenamiento y tratamiento y hacerlo más seguro desde el punto de vista del medio ambiente. La separación de residuos se basa en su separación física y en procedimientos que identifican el momento y el lugar de su almacenamiento
6	Garantizar la compatibilidad de los residuos antes de mezclarlos o combinarlos	La compatibilidad se garantiza por medio de una serie de medidas de verificación y de pruebas dirigidas a detectar cualquier reacción química indeseada y/o potencialmente peligrosa entre los residuos (por ejemplo, formación de gases, polimerización, reacción exotérmica, descomposición, cristalización, precipitación, etc.) durante la mezcla, combinación u otras operaciones de tratamiento de residuos. Las pruebas de compatibilidad se basan en el riesgo y tienen en cuenta, por ejemplo, las propiedades peligrosas de los residuos, los riesgos que estos plantean en términos de seguridad del proceso, seguridad laboral e impacto ambiental, así como la información facilitada por el poseedor o poseedores anteriores de los residuos.
7	Clasificación de los residuos sólidos entrantes	Con la clasificación de los residuos sólidos entrantes se pretende evitar que se introduzcan materiales no deseados en el proceso o procesos posteriores de tratamiento de residuos. Esta técnica puede consistir, por ejemplo, en lo siguiente: — separación manual por inspección visual, — separación de los metales féreos, los metales no féreos o multimetálica, — separación óptica, por ejemplo mediante espectroscopia de infrarrojo cercano o sistemas de rayos X, — separación por densidad, por ejemplo clasificación por aire, tanques de flotación-decantación, mesas vibratorias, etc., — separación granulométrica mediante tamizado/cribado.

Fuente: Modificado de (European Commission, 2018)

Por regla general, el ámbito de aplicación o grado de detalle y las características del inventario dependerán, las dimensiones y nivel de complejidad de la instalación, así como de los diversos efectos que pueda tener sobre el medio ambiente dependen del tipo, origen y cantidad de residuos procesados (European Commission, 2018).

Tabla 45. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Mecánico de Residuos

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Reducción del riesgo ambiental por almacenamiento		
Optimización del lugar de almacenamiento	Esto puede lograrse con técnicas como las siguientes: —almacenar los residuos lo más lejos posible, desde un punto de vista técnico y económico, de receptores sensibles, cursos de agua, etc., — establecer el lugar de almacenamiento de tal manera que se supriman o minimicen las manipulaciones innecesarias de los residuos dentro de la instalación (por ejemplo, cuando se manipulan los mismos residuos varias veces o si las distancias de transporte en el emplazamiento son innecesariamente largas).	Aplicable con carácter general a las instalaciones nuevas
Adecuación de la capacidad de almacenamiento	Se toman medidas para evitar la acumulación de residuos, en particular: — la capacidad máxima de almacenamiento de residuos ha quedado claramente establecida, teniendo en cuenta las características de los residuos (por ejemplo, en relación con el riesgo de incendios) y la capacidad de tratamiento, y no se	Aplicable con carácter general

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	excede, — la cantidad de residuos almacenados se compara regularmente con la capacidad máxima de almacenamiento admitida, — el tiempo de permanencia máximo de los residuos ha quedado claramente establecido	
Seguridad de las operaciones de almacenamiento	Esto puede hacerse utilizando medidas como las siguientes: — la maquinaria utilizada para la carga, la descarga y el almacenamiento de los residuos está claramente documentada y etiquetada, — los residuos que se sabe son sensibles al calor, la luz, el aire, el agua, etc. están protegidos contra estas condiciones ambientales, — los bidones y contenedores son aptos para su finalidad y están almacenados de una forma segura.	Aplicable con carácter general
Zona separada para el almacenamiento y la manipulación de residuos peligrosos envasados	Si procede, se ha establecido una zona separada para el almacenamiento y la manipulación de residuos peligrosos envasados	Aplicable con carácter general
Monitoreo y seguimiento		
Medición	Métodos de aspiración, imágenes ópticas del gas, flujo de ocultación solar o absorción diferencial.	
Factores de emisión	Cálculo de las emisiones basado en factores de emisión validados periódicamente por medio de mediciones (por	

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	ejemplo, una vez cada dos años).	
Balance de masas	Cálculo de las emisiones difusas mediante un balance de masas, teniendo en cuenta la entrada de disolventes, las emisiones canalizadas a la atmósfera, las emisiones al agua, el disolvente presente en la salida del proceso y los residuos del proceso (por ejemplo, de destilación).	
Monitoreo periódico de olores	Las emisiones de olores pueden monitorizarse mediante: —normas EN (por ejemplo, olfatometría dinámica con arreglo a la norma EN 13725 para determinar la concentración de olor o la norma EN 16841-1 o -2 a fin de determinar la exposición a olores), — cuando se apliquen métodos alternativos para los que no se disponga de normas EN (por ejemplo, la estimación del impacto de los olores), normas ISO, normas nacionales u otras normas internacionales que garanticen la obtención de datos de calidad científica equivalente.	
Monitoreo de la generación anual de residuos	La monitorización incluye mediciones directas, cálculos o registros mediante, por ejemplo, contadores adecuados o facturas. La monitorización se desglosa al nivel más adecuado (por ejemplo, a	

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	nivel de proceso o de planta/instalación) y considera cualquier cambio significativo que se produzca en la planta/instalación	
Emisiones a la atmósfera		
Reducir al mínimo los tiempos de permanencia	Reducción al mínimo del tiempo de permanencia de los residuos (potencialmente) olorosos en los sistemas de almacenamiento o manipulación (por ejemplo, tuberías, depósitos, contenedores), en particular en condiciones anaerobias. Cuando procede, se adoptan disposiciones adecuadas para la aceptación de picos estacionales del volumen de residuos.	Aplicable únicamente a los sistemas abiertos.
Aplicación de un tratamiento químico	Utilización de sustancias químicas para impedir o reducir la formación de compuestos olorosos (por ejemplo, para oxidar o precipitar el sulfuro de hidrógeno).	Esta técnica no es aplicable si puede comprometer la calidad deseada de la salida
Optimización del tratamiento aerobio	El tratamiento aerobio de residuos líquidos de base acuosa puede incluir lo siguiente: — utilización de oxígeno puro, — eliminación de la espuma de los depósitos, — mantenimiento frecuente del sistema de aireación. Para el tratamiento aerobio de residuos distintos de los residuos líquidos de base acuosa	Aplicable con carácter general.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
<p>Minimizar el número de fuentes potenciales de emisión difusa</p>	<p>Esto puede lograrse con técnicas como las siguientes: — configuración adecuada del trazado de las tuberías (por ejemplo, minimizar la longitud del recorrido de las tuberías, reducir el número de bridas y válvulas, utilizar piezas y tubos soldados), — utilización preferente de traslados por gravedad antes que por bombas, — limitación de la altura de caída de los materiales, — limitación de la velocidad del tráfico, — utilización de barreras cortaviento</p>	<p>Aplicable con carácter general.</p>
<p>Selección y uso de equipos de alta integridad</p>	<p>Esto puede lograrse con medidas como las siguientes: — válvulas con prensaestopas dobles u otro equipo igual de eficaz, — juntas de alta integridad (tales como las espirometálicas y las juntas de anillo) para aplicaciones críticas, — bombas, compresores o agitadores provistos de sellos mecánicos en lugar de prensaestopas, — bombas, compresores o agitadores de accionamiento magnético, — orificios de salida para mangueras de acceso, tenazas perforadoras y brocas adecuados, por ejemplo, para la desgasificación de RAEE que contengan VFC y/o VHC.</p>	<p>Su aplicabilidad puede verse limitada en las instalaciones existentes debido a condicionamientos de funcionamiento.</p>

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Prevención de la corrosión	Esto puede lograrse con técnicas como las siguientes: — selección adecuada de los materiales de construcción, — revestimiento de la maquinaria y pintura de las tuberías con inhibidores de corrosión.	Aplicable con carácter general.
Contención, recogida y tratamiento de las emisiones difusas	Esto puede lograrse con técnicas como las siguientes: — almacenamiento, tratamiento y manipulación de residuos y materiales que puedan generar emisiones difusas en edificios y/o en equipos cubiertos (por ejemplo, cintas transportadoras), — mantenimiento de la maquinaria o los edificios cerrados a una presión adecuada, — recogida y conducción de las emisiones hacia un sistema de reducción adecuado a través de un sistema de extracción y/o de sistemas de aspiración de aire próximos a las fuentes de emisión.	La utilización de maquinaria o edificios cerrados puede verse limitada por consideraciones de seguridad, como el riesgo de explosión o de agotamiento del oxígeno. El uso de maquinaria o edificios cerrados también puede verse limitado por el volumen de residuos.
Humectación	Humectación de las fuentes potenciales de emisiones difusas de partículas (por ejemplo, lugares donde se almacenan los residuos, zonas de circulación y procesos de manipulación abiertos) con agua o nebulizaciones.	Aplicable con carácter general.
Mantenimiento	Esto puede lograrse con técnicas como las	Aplicable con carácter general.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	siguientes: — acceso garantizado a maquinaria con riesgo potencial de fugas, —control periódico de los equipos de protección, como las cortinas laminares, las puertas rápidas, etc.	
Limpieza de las zonas de tratamiento y almacenamiento de residuos	Esto puede hacerse utilizando técnicas tales como la limpieza periódica de toda la zona de tratamiento de residuos (vestíbulos, zonas de circulación, zonas de almacenamiento, etc.), de las cintas transportadoras, de la maquinaria y de los depósitos	Aplicable con carácter general
Programa LDAR (detección y reparación de fugas)	Véase la sección 6.2. Cuando se prevé la generación de emisiones de compuestos orgánicos, se establece y aplica un programa LDAR siguiendo un planteamiento basado en los riesgos y teniendo en cuenta en particular el diseño de la instalación y la cantidad y características de los compuestos orgánicos de que se trate.	Aplicable con carácter general
Diseño correcto de la instalación	Este diseño debe prever un sistema de recuperación de gases con capacidad suficiente y la utilización de válvulas de alivio de alta integridad.	Aplicable con carácter general a las instalaciones nuevas. El sistema de recuperación de gases puede ser actualizado a las instalaciones existentes.
Gestión de la instalación	Se trata de equilibrar el sistema de gas y de utilizar un control avanzado del proceso	Aplicable con carácter general.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Diseño correcto de los dispositivos de combustión en antorcha	Optimización de la altura y la presión, ayuda mediante vapor, aire o gas, tipo de boquillas del quemador, etc., con objeto de permitir un funcionamiento fiable y sin humos y garantizar la combustión eficiente del excedente de gas.	Aplicable con carácter general a las antorchas nuevas. En las instalaciones existentes, la aplicabilidad puede verse limitada debido, por ejemplo, a la disponibilidad de tiempo de mantenimiento.
Monitorización y registro como parte de la gestión de las antorchas	Esto incluye una monitorización continua de la cantidad de gas enviado a la antorcha. Puede incluir estimaciones de otros parámetros [por ejemplo, composición del flujo de gases, contenido calorífico, proporción de ayuda, velocidad, caudal del gas de purga, emisiones contaminantes (por ejemplo, NOx, CO, hidrocarburos), ruido]. El registro del uso de antorchas incluye normalmente la duración y el número de usos y permite cuantificar las emisiones y eventualmente evitar futuros casos de uso de antorchas	Aplicable con carácter general.
Ruido y vibraciones		
Ubicación adecuada de edificios y maquinaria	Los niveles de ruido pueden atenuarse aumentando la distancia entre el emisor y el receptor, utilizando los edificios como pantallas antirruído y reubicando las entradas y salidas del edificio	En el caso de las instalaciones existentes, la reubicación de la maquinaria y de las salidas o entradas del edificio puede verse limitada por falta de espacio o por costes excesivos.
Medidas operativas	Medidas tales como las siguientes: inspección y	Aplicable con carácter general.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	mantenimiento de la maquinaria, ii. cierre de las puertas y ventanas de las zonas cerradas, en la medida de lo posible, iii. dejar el manejo de la maquinaria en manos de personal especializado, iv. evitar actividades ruidosas durante la noche, en la medida de lo posible, v. medidas de control del ruido durante las actividades de mantenimiento, circulación, manipulación y tratamiento.	
Maquinaria de bajo nivel de ruido	Esto puede incluir motores, compresores, bombas y antorchas con accionamiento directo.	Aplicable con carácter general.
Aparatos de control del ruido y las vibraciones	Esto puede incluir técnicas como las siguientes: i. reductores del ruido, ii. aislamiento acústico y vibratorio de la maquinaria, iii. confinamiento de la maquinaria ruidosa, iv. insonorización de los edificios	Su aplicabilidad puede verse limitada por falta de espacio (en el caso de las instalaciones existentes).
Atenuación del ruido	La propagación del ruido puede reducirse intercalando obstáculos entre emisores y receptores (por ejemplo, muros de protección, terraplenes y edificios).	Aplicable únicamente a las instalaciones existentes, ya que el diseño de las instalaciones nuevas debería hacer que esta técnica fuera innecesaria. En el caso de las instalaciones existentes, la intercalación de obstáculos puede verse limitada por falta de espacio. En el caso del tratamiento mecánico mediante trituradoras de residuos metálicos, su

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
		aplicabilidad está condicionada por el riesgo de deflagración en las trituradoras.
Emisiones al agua		
Gestión del agua	El consumo de agua se optimiza aplicando medidas como las siguientes: — planes de ahorro de agua (por ejemplo, establecimiento de objetivos de eficiencia en el uso del agua, diagramas de flujo y balances de masas hídricas), — optimización del uso del agua de lavado (por ejemplo, limpieza en seco en lugar de lavado con manguera, utilización de un mando de activación en todos los aparatos de lavado), — reducción del uso de agua en la generación de vacío (por ejemplo, utilización de bombas de anillo líquido con líquidos de alto punto de ebullición).	Aplicable con carácter general
Recirculación del agua	Las corrientes de agua se hacen recircular dentro de la instalación, en caso necesario después de su tratamiento. El grado de recirculación está condicionado por el balance hídrico de la instalación, el contenido de impurezas (por ejemplo, compuestos olorosos) y/o las características de las corrientes de agua (por ejemplo, contenido de nutrientes).	Aplicable con carácter general.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Superficie impermeable	En función de los riesgos que planteen los residuos en términos de contaminación del agua y/o del suelo, se impermeabiliza la superficie de toda la zona de tratamiento de residuos (por ejemplo, zonas de recepción, manipulación, almacenamiento, tratamiento y expedición de residuos).	Aplicable con carácter general.
Técnicas para reducir la probabilidad de que se produzcan desbordamientos y averías en depósitos y otros recipientes y para minimizar su impacto	En función de los riesgos que planteen los líquidos contenidos en depósitos y otros recipientes en términos de contaminación del agua y/o del suelo, tales técnicas pueden incluir, por ejemplo, las siguientes: — detectores de desbordamientos, — tuberías de rebosamiento conectadas a un sistema de drenaje confinado (es decir, el confinamiento secundario pertinente u otro recipiente), — depósitos para líquidos situados en un confinamiento secundario adecuado; normalmente, el volumen se adapta de modo que el confinamiento secundario pueda absorber la pérdida de confinamiento del depósito más grande, — aislamiento de depósitos y otros recipientes y del confinamiento secundario (por ejemplo, mediante el cierre de válvulas).	Aplicable con carácter general.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Instalación de cubiertas en las zonas de tratamiento y de almacenamiento de residuos	En función de los riesgos que planteen los residuos en términos de contaminación del agua y/o del suelo, el almacenamiento y el tratamiento de los residuos se realizan en zonas cubiertas para impedir el contacto con el agua de lluvia y minimizar así el volumen de aguas de escorrentía contaminadas.	Su aplicabilidad puede estar condicionada cuando se almacenan o tratan grandes volúmenes de residuos (por ejemplo, en el caso del tratamiento mecánico mediante trituradoras de residuos metálicos).
Separación de corrientes de agua	Recogida y tratamiento por separado de cada corriente de agua (por ejemplo, escorrentías superficiales y aguas de proceso), según el contenido de contaminantes y la combinación utilizada de técnicas de tratamiento. En particular, las corrientes de aguas residuales no contaminadas se separan de las corrientes de aguas residuales que requieren tratamiento.	Aplicable con carácter general a las instalaciones nuevas. Aplicable con carácter general a las instalaciones existentes con los condicionamientos asociados a la configuración del sistema de recogida de aguas.
Infraestructura de drenaje adecuada	La zona de tratamiento de residuos está conectada a una infraestructura de drenaje. El agua de lluvia que cae sobre la zona de tratamiento y almacenamiento se recoge en la infraestructura de drenaje, junto con el agua de lavado, los derrames ocasionales, etc., y, en función del contenido de sustancias contaminantes, se hace recircular o se envía para un tratamiento posterior	Aplicable con carácter general a las instalaciones nuevas. Aplicable con carácter general a las instalaciones existentes con los condicionamientos asociados a la configuración del sistema de drenaje.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Disposiciones en materia de diseño y mantenimiento que permitan la detección y reparación de fugas	Monitorización periódica, basada en los riesgos, de posibles fugas, y reparaciones necesarias de la maquinaria. Se reduce al mínimo la utilización de componentes subterráneos. Cuando se utilizan componentes subterráneos, y en función de los riesgos que planteen los residuos presentes en esos componentes en términos de contaminación del agua y/o del suelo, se procede al confinamiento secundario de esos componentes subterráneos	El uso de componentes de superficie es aplicable con carácter general a las instalaciones nuevas. No obstante, puede estar condicionado por el riesgo de congelación. En el caso de las instalaciones existentes, la instalación de confinamientos secundarios puede verse limitada.
Capacidad adecuada de almacenamiento intermedio	Se dispone de una capacidad adecuada de almacenamiento intermedio para las aguas residuales generadas en condiciones distintas a las condiciones normales de funcionamiento aplicando un planteamiento basado en los riesgos (por ejemplo, teniendo en cuenta las características de los contaminantes, los efectos del tratamiento de las aguas residuales en fases posteriores, y el medio receptor). El vertido de aguas residuales procedentes de este almacenamiento intermedio solo es posible después de que se hayan tomado las medidas adecuadas (por ejemplo, monitorización, tratamiento, reutilización).	Aplicable con carácter general a las instalaciones nuevas. En el caso de las instalaciones existentes, su aplicabilidad puede verse condicionada por el espacio disponible y por la configuración del sistema de recogida de aguas.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Emisiones resultantes de accidentes e incidentes		
Medidas de protección	Entre tales medidas pueden incluirse las siguientes: — protección de la instalación contra actos hostiles, — sistema de protección contra incendios y explosiones que contenga equipos de prevención, detección y extinción, — accesibilidad y operatividad de los equipos de control pertinentes en situaciones de emergencia	
Gestión de las emisiones resultantes de accidentes e incidentes	Se han establecido procedimientos y disposiciones técnicas para gestionar (en términos de posible confinamiento) las emisiones resultantes de accidentes e incidentes, como las procedentes de derrames, del agua de extinción de incendios o de válvulas de seguridad.	
Sistema de registro y evaluación de accidentes e incidentes	Incluye elementos tales como los siguientes: — libro o diario de registro de todos los accidentes e incidentes, de los cambios en los procedimientos y de las conclusiones de las inspecciones, — procedimientos para identificar incidentes y accidentes, responder ante los mismos y aprender de ellos	
Eficiencia en el uso de materiales		
sustituir los materiales por residuos	Para el tratamiento de los residuos, se utilizan residuos en lugar de otros materiales (por ejemplo,	La aplicabilidad puede verse limitada debido al riesgo de contaminación que plantea la presencia de

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	utilización de residuos alcalinos o ácidos para ajustar el pH, o cenizas volantes como aglutinantes)	impurezas (por ejemplo, metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, sales, patógenos) en los residuos utilizados en sustitución de otros materiales. Otra limitación es la compatibilidad de los residuos utilizados en sustitución de otros materiales con los residuos que entran en la instalación
Eficiencia energética		
Plan de eficiencia energética	En los planes de eficiencia energética se determina y calcula el consumo energético de cada actividad (o actividades), se establecen indicadores anuales clave de funcionamiento (por ejemplo, consumo específico de energía expresado en kWh/tonelada de residuos tratados) y se prevén objetivos periódicos de mejora y las medidas correspondientes. El plan está adaptado a las especificidades del tratamiento de residuos en términos del proceso o procesos llevados a cabo, el flujo o flujos de residuos tratados, etc.	
Registro del balance energético	Los registros del balance energético desglosan el consumo y la generación de energía (incluida la exportación) por tipo de fuente (es decir, electricidad, gas,	

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	<p>combustibles líquidos convencionales, combustibles sólidos convencionales y residuos). Incluye lo siguiente: i) información sobre el consumo de energía en términos de energía suministrada, ii) información sobre la energía exportada fuera de la instalación, iii) información sobre los flujos de energía (por ejemplo, diagramas Sankey o balances energéticos) que muestre cómo se utiliza la energía a lo largo de todo el proceso. El registro del balance energético está adaptado a las especificidades del tratamiento de residuos en términos del proceso o procesos llevados a cabo, el flujo o flujos de residuos tratados, etc.</p>	
Reutilización de envases		
<p>maximizar la reutilización de envases como parte del plan de gestión de residuos</p>	<p>Se reutilizan los envases (bidones, contenedores, RIG, palés, etc.) para contener residuos cuando estén en buen estado y suficientemente limpios, después de comprobar la compatibilidad entre las sustancias contenidas (en usos consecutivos). Si resulta necesario, los envases se someten a un tratamiento adecuado antes de su reutilización (por ejemplo,</p>	<p>La aplicabilidad puede verse limitada debido al riesgo de contaminación de los residuos por los envases reutilizados.</p>

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
	reacondicionamiento, limpieza).	

Fuente: Modificado de (European Commission, 2018)

En cuanto conclusiones de las MTD en el tratamiento mecánico de residuos, el uso ciclones como separadores preliminares de partículas gruesas y la inyección de agua en la trituradora, son las más relevantes; es importante tener en cuenta que su aplicabilidad depende de las condiciones locales y las a características de los residuos sólidos.

Con respecto al mejoramiento ambiental global, las técnicas recomendadas por (European Commission, 2018), se destacan la aplicación de un procedimiento de inspección antes de la trituración para garantizar la calidad y tipo de residuo, de acuerdo a la línea a tratar; otro aspecto es el retiro de residuos peligrosos y garantizar la eliminación segura de estos y por último la verificación del origen de los residuos por medio de la declaración de los generadores.

Para garantizar la eficiencia energética en el tratamiento mecánico de residuos, la MTD consiste en mantener una alimentación estable de la trituradora, es decir que se debe conservar la nivelación de la alimentación de la trituradora, evitando interrupciones o sobrecargas de la alimentación de residuos que podrían provocar paradas o arranques no deseados de la trituradora (European Commission, 2018).

En relación a algunas corrientes de residuos peligrosos, la (European Commission, 2018) recomienda las MTD, que se resumen en la Tabla 46.

Tabla 46. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento de Residuos Peligrosos

Técnica	Descripción
Optimización de la eliminación y captura de aceites y refrigerantes	Eliminación y captura por un sistema de succión al vacío de todos los refrigerantes y aceites presentes en los RAEE que contengan VFC o VHC (por ejemplo, eliminando por lo menos el 90 % de los refrigerantes). Separación de los refrigerantes de los aceites y desgasificación de esos últimos. Reducción al mínimo de la cantidad de

Técnica	Descripción
	aceite que queda en el compresor (para que este no gotee).
Condensación criogénica	Los gases residuales que contienen compuestos orgánicos como los VFC/VHC se dirigen a una unidad de condensación criogénica donde se licúan (véase la descripción en la sección 6.1). El gas licuado se almacena en recipientes a presión para su tratamiento posterior
Adsorción	Los gases residuales que contienen compuestos orgánicos como los VFC/VHC se dirigen a sistemas de adsorción (véase la descripción en la sección 6.1). El carbón activo usado se regenera mediante el bombeo de aire caliente al filtro para desorber los compuestos orgánicos. Posteriormente, el gas residual regenerado se comprime y enfría para licuar los compuestos orgánicos (en algunos casos por condensación criogénica). A continuación, el gas licuado se almacena en recipientes a presión. Por lo general, el gas residual restante de la etapa de compresión se vuelve a introducir en el sistema de adsorción para reducir al mínimo las emisiones de VFC/VHC.

Fuente: (European Commission, 2018)

Con respecto a los residuos peligrosos tipo RAEE que contienen mercurio, (European Commission, 2018), las recomendaciones se extienden de acuerdo a los factores ambientales que pueda afectar, como son:

Las MTD para reducir las emisiones de mercurio de la atmósfera:

- Aislar, a presión negativa, la maquinaria que se utilice para el tratamiento de los RAEE que contienen mercurio y conectarla a un sistema de ventilación por extracción localizada (VEL),

- Someter el gas residual de los procesos a tratamiento con técnicas de eliminación de partículas tales como ciclones, filtros de mangas y filtros HEPA y, a continuación, a adsorción en carbón activo
- Monitorizar la eficiencia del tratamiento de los gases residuales
- Medir con frecuencia (por ejemplo, una vez por semana) los niveles de mercurio en las zonas de tratamiento y almacenamiento para detectar posibles fugas de mercurio.

Las conclusiones de la (European Commission, 2018) sobre el tratamiento biológico de los residuos, se resumen en la Tabla 47.

Tabla 47. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Biológico de Residuos

Técnica	Descripción
<i>Comportamiento ambiental global</i>	
reducir las emisiones de olores y mejorar el comportamiento ambiental global,	consiste en proceder a la pre-aceptación, la aceptación y la clasificación de los residuos que entran en la instalación de tal manera que se garantice que son adecuados para el tratamiento, por ejemplo en términos de balance de nutrientes, humedad o presencia de compuestos tóxicos que puedan reducir la actividad biológica.
<i>Emisiones a la atmósfera</i>	
Adsorción	<i>Ver tabla 32</i>
Biofiltración	Cuando el contenido de NH ₃ es alto (por ejemplo, 5–40 mg/Nm ³), puede resultar necesario proceder a un pretratamiento de los gases residuales antes de la biofiltración (por ejemplo, con un depurador de ácido o agua) para controlar el pH del medio y limitar la formación de N ₂ O en el biofiltro. Otros compuestos olorosos (por ejemplo, los mercaptanos, el H ₂ S) pueden acidificar el medio del biofiltro y requieren el uso de un depurador alcalino o de agua para el pretratamiento de los gases residuales antes de introducirlos en el biofiltro.

Técnica	Descripción
Filtración por filtro de mangas	Véase la sección 6.1. El filtro de mangas se utiliza en caso de tratamiento mecánico-biológico de residuos
Oxidación térmica	<i>Ver tabla 32</i>
Depuración húmeda	Los depuradores de agua, ácidos o alcalinos se utilizan en combinación con la biofiltración, la oxidación térmica o la adsorción en carbón activo.
Emisiones al agua y consumo de agua	
Separación de corrientes de agua	El lixiviado de las pilas y trincheras de compost se separa de las escorrentías superficiales
Recirculación del agua	Recirculación de las corrientes de agua de proceso (por ejemplo, del secado del digerido líquido de procesos anaerobios) o utilizando todo lo posible otras corrientes de agua (por ejemplo, el agua de condensación, el agua de enjuagado, el agua de escorrentía superficial). El grado de recirculación está condicionado por el balance hídrico de la instalación, el contenido de impurezas (por ejemplo, metales pesados, sales, patógenos, compuestos olorosos) y/o las características de las corrientes de agua (por ejemplo, contenido de nutrientes).
Minimización de la generación de lixiviados	Optimizar el contenido de humedad de los residuos para reducir al mínimo la generación de lixiviados

Fuente: (European Commission, 2018)

Las conclusiones de la (European Commission, 2018) sobre el tratamiento aerobio de los residuos, se resumen en la Tabla 48.

Tabla 48. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Aerobio de Residuos

Técnica	Descripción
Emisiones a la atmósfera y mejorar el comportamiento ambiental global	
Monitorizar y/o controlar los principales parámetros del proceso y de los residuos	Monitorización y/o control de los principales parámetros del proceso y de los principales residuos, en particular: — las características de los residuos que entran

Técnica	Descripción
	en la instalación (por ejemplo, relación C/N, tamaño de las partículas), — la temperatura y el contenido de humedad en diferentes puntos de la trinchera, — la aireación de la trinchera (por ejemplo, frecuencia de volteo de las trincheras, concentración de O ₂ y/o CO ₂ en la trinchera, temperatura de las corrientes de aire en caso de aireación forzada), — la porosidad, altura y anchura de la trinchera
<i>Olores y emisiones difusas a la atmósfera</i>	
Utilización de cubiertas de membrana semipermeable	Las trincheras de compostaje activas se cubren con membranas semipermeables.
Adaptación de las operaciones a las condiciones meteorológicas	Pueden aplicarse técnicas como las siguientes: —Tener en cuenta las condiciones y previsiones meteorológicas cuando se lleven a cabo actividades de procesos importantes al aire libre. Por ejemplo, evitar la formación o el volteo de trincheras o pilas, el cribado o la trituración en caso de condiciones meteorológicas adversas en términos de dispersión de las emisiones (por ejemplo, la velocidad del viento es demasiado alta o demasiado baja, o el viento sopla hacia receptores sensibles). — Orientar las trincheras de tal manera que quede expuesta al viento dominante la menor superficie posible de la masa en compostaje para reducir la dispersión de contaminantes desde la superficie de las trincheras. Las trincheras y pilas están situadas preferiblemente a la altura más baja posible dentro de todo el emplazamiento.

Fuente: (European Comission, 2018)

Las conclusiones de la (European Comission, 2018) sobre el tratamiento anaerobio de los residuos, se resumen en Tabla 49.

Tabla 49. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Anaerobio de Residuos

Técnica	Descripción
<i>Emisiones a la atmósfera</i>	
Monitorizar y/o controlar los principales parámetros del proceso y de los residuos	Aplicación de un sistema de monitorización manual y/o automático para: — garantizar un funcionamiento estable del digestor, — reducir al mínimo las dificultades operativas, como la formación de espuma, que pueden dar lugar a emisiones de olor, — dar una alerta suficientemente temprana cuando se produzcan fallos en los sistemas que puedan provocar una pérdida del confinamiento y explosiones. Esto incluye la monitorización y/o control de los principales parámetros del proceso y de los residuos, en particular: — pH y alcalinidad de la alimentación del digestor, — temperatura de funcionamiento del digestor, — proporción de carga hidráulica y orgánica de la alimentación del digestor, — concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y de amoníaco en el digestor y el digerido, -cantidad, composición (por ejemplo, H ₂ S) y presión del biogás, — niveles de líquido y espuma en el digestor

Fuente: (European Commission, 2018)

Las conclusiones de la (European Commission, 2018) sobre el tratamiento mecánico - biológico de los residuos, se resumen en la Tabla 50.

Tabla 50. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Mecánico - Biológico de Residuos

Técnica	Descripción
<i>Emisiones a la atmósfera</i>	
Separación de flujos de gas residual	División del flujo total de gases residuales en flujos con alto y bajo contenido de contaminantes
Recirculación de los gases residuales	
Recirculación en el proceso biológico de los gases residuales con bajo contenido en contaminantes, seguida de un tratamiento	

Técnica	Descripción
de esos gases adaptado a la concentración de contaminantes (véase la MTD 34). El uso de los gases residuales en el proceso biológico puede estar condicionado por la temperatura del gas residual o el contenido de sustancias contaminantes. Puede resultar necesario condensar el vapor de agua contenido en los gases residuales antes de su reutilización. En tal caso, la refrigeración es necesaria, y el agua condensada se hace recircular cuando sea posible (véase la MTD 35) o se somete a tratamiento antes de su vertido.	

Fuente: (European Commission, 2018)

Las conclusiones de la (European Commission, 2018) sobre el tratamiento físico - químico de los residuos pastosos, se resumen en la Tabla 51.

Tabla 51. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Físico – Químico de los residuos pastosos

Técnica	Descripción
<i>Comportamiento ambiental global</i>	
monitorizar la entrada de residuos como parte de los procedimientos de pre-aceptación y aceptación de residuos	Monitorización de la entrada de residuos, por ejemplo en términos de lo siguiente: — contenido de compuestos orgánicos, agentes oxidantes, metales (por ejemplo, mercurio), sales, compuestos olorosos, — potencial de formación de H ₂ tras la mezcla con agua de los residuos del tratamiento de gases de combustión, por ejemplo cenizas volantes.
<i>Emisiones a la atmósfera</i>	
Adsorción	Ver tabla 32
b. Biofiltración	
c. Filtración por filtro de mangas d.	
Depuración húmeda	

Fuente: (European Commission, 2018)

Las conclusiones de la (European Commission, 2018) sobre el tratamiento físico - químico de los residuos con poder calorífico, se resumen en la Tabla 52

Tabla 52. Mejores Técnicas Disponibles para el Tratamiento Físico – Químico de los residuos con poder calorífico

Técnica	Descripción
<i>Emisiones a la atmósfera</i>	
Adsorción	<i>Ver tabla 32</i>
Condensación criogénica	
Oxidación Térmica	
Depuración húmeda	

Fuente: (European Commission, 2018)

En la Tabla 53 se realiza una descripción de algunas de las técnicas que se referencian en los BREF, como se muestra a continuación.

Tabla 53. Emisiones canalizadas a la atmósfera

Técnica	Contaminante(s) típico(s) reducido(s)	Descripción
Adsorción	Mercurio, compuestos orgánicos volátiles, sulfuro de hidrógeno, compuestos olorosos	La adsorción es una reacción heterogénea en la que las moléculas de gas son retenidas sobre una superficie sólida o líquida que prefiere determinados compuestos frente a otros y, así, los elimina de las corrientes de efluentes. Cuando la superficie ha adsorbido todo lo que puede, se procede a la sustitución del adsorbente o a la desorción del contenido adsorbido como parte de la regeneración del adsorbente. Una vez desorbidos, los contaminantes suelen estar a una concentración más elevada, por lo que, a continuación, pueden valorizarse o eliminarse. El adsorbente más común es el carbón activo granular.
Biofiltración	Amoníaco, sulfuro de hidrógeno, compuestos orgánicos volátiles,	El flujo de gases residuales pasa a través de un lecho de material orgánico (por ejemplo, turba, brezo, compost, raíces, corteza de árbol, madera blanda y distintas combinaciones de estos materiales) o de algún material inerte (como arcilla, carbón activo y poliuretano), donde experimenta

Técnica	Contaminante(s) típico(s) reducido(s)	Descripción
	compuestos olorosos	una oxidación biológica por la acción de microorganismos naturalmente presentes, formándose dióxido de carbono, agua, sales inorgánicas y biomasa. En el diseño del biofiltro se tiene en cuenta el tipo o tipos de residuos que entran en la instalación. Para el lecho se selecciona un material adecuado, por ejemplo, desde el punto de vista de la capacidad de retención de agua, densidad aparente, porosidad o integridad estructural. También es importante que la superficie y la altura del lecho del filtro sean adecuadas. El biofiltro se conecta a un sistema apropiado de circulación de aire y de ventilación a fin de garantizar una distribución uniforme del aire en el lecho y un tiempo de permanencia suficiente del gas residual en su interior.
Condensación y condensación criogénica	Compuestos orgánicos volátiles	La condensación es una técnica que elimina los vapores de disolvente de los flujos de gases residuales reduciendo su temperatura por debajo de su punto de rocío. En el caso de la condensación criogénica, la temperatura de funcionamiento puede llegar hasta $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero en la práctica suele situarse entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el dispositivo de condensación. La condensación criogénica es adecuada para todos los COV y todos los contaminantes inorgánicos volátiles, independientemente de su presión de vapor. Las bajas temperaturas aplicadas propician eficiencias de condensación muy elevadas, de manera que resulta idónea como técnica final de control de las emisiones de COV
Uso de ciclones	Partículas	Los precipitadores electrostáticos funcionan de tal modo que las partículas se cargan y separan bajo la influencia de un campo eléctrico. Los precipitadores electrostáticos pueden funcionar en condiciones muy diversas. En un PE seco, el material recogido se elimina por medios mecánicos (por ejemplo, por agitación, vibración o con aire comprimido), mientras que en un PE húmedo, se retira con un chorro de un líquido adecuado, normalmente agua.

Técnica	Contaminante(s) típico(s) reducido(s)	Descripción
Filtración por filtro de mangas	Partículas	Los filtros de mangas, también denominados filtros de tela, están fabricados con telas porosas tejidas o afieltradas a través de las cuales se hacen pasar los gases para retirar las partículas. La utilización de filtros de mangas exige la selección de una tela adecuada para las características de los gases residuales y la temperatura de funcionamiento máxima.
Filtración por filtro HEPA	Partículas	Los filtros HEPA (filtros de aire de partículas de alta eficiencia) son filtros absolutos. El medio filtrante consiste en papel o un fieltro de fibras de vidrio con alta densidad de empaquetado. El flujo de gases residuales pasa a través del medio filtrante, donde se recogen las partículas
Oxidación térmica	Compuestos orgánicos volátiles	Oxidación de los gases combustibles y las sustancias olorosas presentes en un flujo de gases residuales calentando la mezcla de contaminantes con aire u oxígeno por encima de su punto de autoignición en una cámara de combustión y manteniéndola a altas temperaturas el tiempo suficiente para completar su combustión en dióxido de carbono y agua
Depuración húmeda	Partículas, compuestos orgánicos volátiles, compuestos ácidos gaseosos (depurador alcalino), compuestos gaseosos alcalinos (depurador ácido)	Eliminación de los contaminantes gaseosos o en partículas de un flujo de gas mediante la transferencia de masa hacia un disolvente líquido, normalmente agua o una solución acuosa. Puede llevar aparejada una reacción química (por ejemplo, en una depuradora ácida o alcalina). En algunos casos, pueden recuperarse los compuestos del disolvente.

Fuente: (European Commission, 2018)

10.5.3 MTD En La Valorización O Eliminación De Residuos (Incineración De Residuos Sólidos Municipales)

El objetivo de la incineración de residuos, criterio de la mayoría de tratamientos de residuos, es de reducir el volumen y la peligrosidad de estos, capturando o eliminando las sustancias potencialmente nocivas. Mientras que pueden permitir la recuperación del contenido energético, mineral o químico de los residuos (Feal Veira, 2011).

En términos básicos, la incineración de residuos es la oxidación de las materias combustibles contenidas en los residuos. Estos son generalmente, materiales altamente heterogéneos, compuestos esencialmente por sustancias orgánicas, minerales, metales y agua. Durante la incineración, se crean gases de combustión que contienen la mayoría de la energía de combustión disponible en forma de calor. Una vez el poder calorífico del residuo y el suministro de oxígeno es suficiente, se puede producir una reacción térmica en cadena y combustión autoalimentada, es decir, que no requiere la adición de otros combustibles. (Feal Veira, 2011).

En la eliminación y valorización de los residuos, las MTD se aplican a las siguientes actividades:

- Valorización o eliminación de residuos en instalaciones de incineración para residuos no peligrosos, con una capacidad superior a 3 toneladas por hora y para residuos peligrosos, con una capacidad superior a 10 toneladas por día.
- Valorización o eliminación de residuos en instalaciones de coincineración para residuos no peligrosos, con una capacidad superior a 3 toneladas por hora y para residuos peligrosos, con una capacidad superior a 10 toneladas por día; cuyo objetivo principal no es la generación de productos materiales y donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones:
 - I. Se queman residuos salvo los definidos en el Artículo 3, apartado 31, letra b), de la Directiva 2010/75/UE; más del 40 % del calor generado procede de residuos peligrosos;
 - II. Se queman residuos municipales mezclados.

III. Eliminación de residuos no peligrosos con una capacidad superior a 50 toneladas por día que implique el tratamiento de escorias y/o cenizas de fondo provenientes de la incineración de residuos.

- Recuperación, o combinación de recuperación y eliminación, de residuos no peligrosos con una capacidad superior a 75 toneladas por día que implique el tratamiento de escorias y/o cenizas de fondo provenientes de la incineración de residuos.
- Eliminación o recuperación de residuos peligrosos con una capacidad superior a 10 toneladas por día que implique el tratamiento de escorias y/o cenizas de fondo provenientes de la incineración de residuos.

Para mejorar el rendimiento ambiental global de la instalación de incineración por medio de la gestión de acuerdo a la corriente de los residuos, las MTD deben utilizar las recomendaciones que se indican a continuación (Feal Veira, 2011):

Sistemas de gestión ambiental

Para mejorar el rendimiento ambiental general, las MTD consisten en elaborar e implantar un sistema de gestión ambiental (SGA) que reúna todas las características siguientes (Feal Veira, 2011):

- El compromiso, el liderazgo y la responsabilidad de la dirección, incluida la alta dirección, para la aplicación de un sistema de gestión ambiental eficaz;
- Un análisis que incluya la determinación del contexto de la organización, la identificación de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la identificación de las características de la instalación asociadas con los posibles riesgos para el medio ambiente (o la salud humana), así como de los requisitos legales aplicables en materia de medio ambiente;
- Desarrollo de una política ambiental que promueva la mejora continua del comportamiento ambiental de la instalación;

- Establecimiento de objetivos e indicadores de rendimiento en relación con aspectos ambientales significativos, incluyendo la garantía del cumplimiento de los requisitos legales aplicables;
- Planificación y aplicación de los procedimientos y acciones necesarios (incluidas, en su caso, las acciones correctivas y preventivas) para alcanzar los objetivos ambientales y evitar los riesgos ambientales;
- determinación de las estructuras, funciones y responsabilidades en relación con los aspectos y objetivos ambientales y aportación de los recursos financieros y humanos necesarios;
- Garantía de la competencia y sensibilización necesarias del personal cuyo trabajo puede afectar al comportamiento ambiental de la instalación (por ejemplo, facilitando información y formación);
- Comunicación interna y externa;
- fomento de la participación de los empleados en las buenas prácticas de gestión ambiental;
- Establecimiento y mantenimiento de un manual de gestión y procedimientos escritos para controlar las actividades con un impacto ambiental significativo, así como los registros pertinentes;
- Planificación operativa efectiva y control de procesos;
- Aplicación de programas de mantenimiento apropiados;
- Protocolos de preparación y respuesta ante situaciones de emergencia, entre ellos la prevención o la mitigación de los efectos adversos (ambientales) de las situaciones de emergencia;
- Cuando se (re)diseña una (nueva) instalación o parte de ella, la consideración de los impactos ambientales a lo largo de su vida, incluidos la construcción, el mantenimiento, la explotación y la clausura;
- Aplicación de un programa de monitorización y medición; en caso necesario, puede encontrarse información en el Informe de Referencia sobre la monitorización de las emisiones a la atmósfera y al agua procedentes de instalaciones DEI;

- Realización de evaluaciones comparativas periódicas con el resto del sector
- Auditoría interna periódica independiente (en la medida en que sea viable) y auditoría externa periódica independiente con el fin de evaluar el comportamiento ambiental y determinar si el SGA se ajusta o no a las disposiciones previstas y si se ha aplicado y mantenido correctamente;
- Evaluación de las causas de las no conformidades, aplicación de medidas correctoras en respuesta a las mismas, revisión de la eficacia de las medidas correctoras y determinación de si existen o pueden producirse no conformidades similares;
- Revisión periódica del SGA, por la alta dirección, para comprobar si sigue siendo conveniente, adecuado y eficaz;
- Seguimiento y consideración del desarrollo de técnicas más limpias.

Monitorización

Esta MTD consiste en determinar la eficiencia eléctrica bruta, la eficiencia energética bruta o la eficiencia de la caldera de la instalación de incineración en su conjunto o de todas las partes relevantes de la instalación de incineración (Feal Veira, 2011).

En el caso de una nueva instalación de incineración o después de cada modificación de una instalación de incineración existente que pueda afectar significativamente la eficiencia energética, se determinarán la eficiencia eléctrica bruta, la eficiencia energética bruta o la eficiencia de la caldera, realizando una prueba de rendimiento a plena carga (Feal Veira, 2011).

En el caso de una instalación de incineración existente que no haya realizado una prueba de rendimiento, o donde por razones técnicas no pueda realizarse una prueba de rendimiento a plena carga, se podrá determinar la eficiencia eléctrica bruta, la eficiencia energética bruta o la eficiencia de la caldera, teniendo en cuenta los valores de diseño en las condiciones de la prueba de rendimiento (Feal Veira, 2011).

Los parámetros clave del proceso que son pertinentes para monitorear se indican a continuación:

Tabla 54. Parámetros a monitorear en procesos de incineración de residuos

Fuente/Ubicación	Parámetro (s)	Monitorización
Gases de combustión procedentes de la incineración de residuos	Flujo, contenido de oxígeno, temperatura, presión, contenido de vapor de agua	Medición en continuo
Cámaras de combustión	Temperatura	
Aguas residuales resultantes de una LGC húmeda	Flujo, pH, temperatura	
Aguas residuales procedentes de instalaciones de tratamiento de cenizas de fondo	Flujo, pH, conductividad	

Fuente: (Feal Veira, 2011)

10.6 OPORTUNIDADES DE MEJORA

10.6.1 Análisis DOFA

La inadecuada gestión de los residuos sólidos afecta la salud y el medioambiente; deteriora los recursos naturales como el suelo, el aire y el agua; incrementando el riesgo de incendios y generando condiciones que favorece la proliferación de insectos y roedores, vectores de enfermedades (Agudelo C. & Carmona V., 2004) .

Para determinar las oportunidades de mejora que presenta la inadecuada gestión de los residuos sólidos en Caldas, Quindío y Risaralda, este trabajo empleo un análisis DOFA con las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, lo que permitió identificar y priorizar de manera ordenada los factores determinantes de los medios externo e interno, en la gestión integral de los residuos en el área de estudio.

Caldas

Debilidades

Oportunidades

El 80% de los municipios de Caldas no cuentan con gestión integral de los residuos sólidos municipales

Se cuenta con una oficina a nivel de gobernación que brinda recursos para maquinaria, herramientas y equipos para mejorar la prestación de los componentes de recolección, transporte y barrido

La prestación del servicio de aseo en más del 50% de los municipios es prestado por una sola empresa concesionaria del servicio

Los órganos de control a nivel departamental y municipal han venido fortaleciendo el seguimiento a la prestación del servicio de aseo en los municipios, lo que ha permitido que se incremente la voluntad política para mejorar la gestión integral de residuos sólidos municipales

Las empresas de carácter municipal presentan no conocen las normas técnicas de la prestación del servicios de aseo al igual que las responsabilidades frente a la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA

Las administraciones municipales cuentan con herramientas jurídicas y legales para la actualización de componentes de la prestación del servicio de aseo, donde intervienen nuevos actores de manera legal en la prestación del servicio

Modelos de aprovechamiento de residuos operando en algunos municipios de Caldas

Marco regulatorio actualizado que cobija las actuaciones de los entes municipales , tales como limpieza de áreas espacio públicos, corta de césped y poda de árboles,

Prácticas monopolistas que pueden afectar componentes de aprovechamiento dentro de los municipios

Debilidades

Oportunidades

aprovechamiento y tratamiento de residuos, entre otros.

La prestación del servicio de aseo se ha convertido en un negocio atractivo para inversionistas privados que se han interesado en la gestión integral de residuos sólidos municipales, conformando empresas a las que se les puede concesionar todos o alguno de los componentes en la prestación ser servicio

Interés creciente de los habitantes de los municipios en la adecuada gestión de residuos sólidos municipales, en tratamientos alternativos a la disposición final de residuos y al fortalecimiento de cadenas productivas asociadas a la GIRS

Desconocimiento normativo de los administradores municipales en aspectos técnicos - operativos y tarifarios, maximizando los riesgos del balance financiero de las empresas municipales prestadoras del servicio público de aseo

Altos costos en las tarifas de prestación del servicio que no se relaciona con la capacidad de pago de los habitantes de los municipios, desestabilizando financieramente al prestador del servicio público de aseo,

Pocos años de vida útil para los rellenos sanitarios regionales del departamento. Caso crítico el Relleno La Doradita de la Dorada que solo le queda un año.

Quindío

Debilidades

El 75% de la prestación actual del servicio de aseo, lo hace una empresa pública que no cuenta con el músculo financiero para la atención de contingencias

Equipos obsoletos para la prestación del servicio público de aseo

Más del 30% de los municipios del Quindío no han puesto en marcha los PGIRS al año 2018

El 70% de los municipios no cuentan con el programa para RCD dentro del PGIRS

Las administraciones municipales no tiene clara su competencia frente a la gestión integral de residuos sólidos en los municipios y tienen a recargas estas responsabilidades en las empresas prestadoras del servicio público de aseo

Las administraciones municipales no ha realizado un apoyo concreto a los recicladores identificados

Pocos profesionales en los municipios en el manejo del PGIRS

Incipiente capacitación en gestión ambiental ara la separación en la fuente, en

Oportunidades

Se cuenta con una oficina a nivel de gobernación para la atención del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

Debilidades

Oportunidades

los municipios diferentes a la capital del departamento; ya que las empresas de aseo por su nivel de recaudo no contemplan esta inversión dentro de la facturación

Fortalezas

Amenazas

Los 100% de municipios del Quindío tiene recolección de residuos no aprovechables en las zonas urbanas

Alta dependencia de la disposición final en el Relleno Sanitario de Circasia

El 30% de los municipios del Quindío cuenta con acciones de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos

La CRQ no es fuerte en el seguimiento de programa de aprovechamiento y prestación del servicio público de aseo

Risaralda

Debilidades

Oportunidades

El 75% de la prestación actual del servicio de aseo, lo hace una empresa pública que no cuenta con el músculo financiero para la atención de contingencias

Se cuenta con una oficina a nivel de gobernación para la atención del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

Equipos obsoletos para la prestación del servicio público de aseo

Aplicación del aprovechamiento para los cálculos tarifarios

Sólo 4 de 14 municipios cuentan con sistema de recolección diferenciada

Más del 40% de los municipios para el año 2019 se encontraban gestionando permisos

Debilidades

Oportunidades

Ninguno de los municipios presta el componente de aprovechamiento.

para sitios de disposición final de RCD o puntos limpios para los mismo residuos

El municipio de Guática cuenta con sitio de disposición final de RCD debidamente autorizada y manejo técnicamente operativo, lo cual la puede llevar a convertirse en regional por su cercanía con Quinchía, Belén de Umbría, Mistrató, La Virginia, Viterbo (Caldas), entre otras.

En el 90% de los municipios no cuentan con prestación del servicio de recolección de residuos en el área rural

Fortalezas

Amenazas

En el 100% de los municipios de Risaralda se cumplen con el ordenamiento jurídico para la prestación del servicio de aseo, en lo relacionado con la cabeceras municipales

Alta dependencia de la disposición final de residuos en relleno sanitario la Glorita

Pereira cuenta con el 100% de cobertura del servicio en el área rural

Inadecuada gestión de los recursos por parte del PDA, los cuales se concentran en maquinaria, equipos y herramientas; sin que con ello se dejen capacidades técnicas instaladas para la gestión integral de residuos sólidos municipales

Más del 70% de los municipios cuentan en el POT con disponibilidad de terrenos para

Debilidades

Oportunidades

punto de disposición final de escombros y puntos limpios para estos residuos.

Manizales

Debilidades

Oportunidades

Bajas coberturas del servicio de aso en la zona rural

Alto porcentaje de residuos generados susceptibles de aprovechamiento, tratamiento y valorización

Poca información sobre el aprovechamiento de residuos actual

Iniciativas de valorización y aprovechamiento que pueden escalar a escalas mayores

Falta de capacidades técnicas, económicas y humanas para la formulación, ejecución, seguimiento y control de los PGIRS

Esquemas de aprovechamiento y valorización de residuos en algunos municipios que pueden servir para replica en la zona de estudio

Poca información sobre puntos críticos de residuos

Tecnologías disponibles para mejorar la gestión integral de residuos y la salud ambiental

Desarticulación de los Planes de Ordenamiento del Territorio (POTs) con los Planes de Gestión Integral de Residuos

Alto potencial de aprovechamiento – tratamiento de residuos orgánicos de la

Debilidades

Sólidos PGIRS, en los municipios para los usos del suelo

Falta consolidación de la información sobre la gestión integral de residuos en los municipios

Desconocimiento normas y tecnologías aplicables a la gestión de residuos sólidos municipales

Bajas partidas presupuestales para la gestión integral de los residuos sólidos en los municipios

Desconocimiento del potencial de aprovechamiento en los municipios

Falta de evaluaciones de alternativas diferentes al relleno sanitario para la disposición técnica de residuos municipales

Oportunidades

agroindustria y la industria de alimentos de la región

Estrategia nacional en economía circular

Fortalezas

Coberturas del servicio de aseo superiores al 75% en las zonas urbanas

Disposición final de residuos de una forma técnica en rellenos sanitarios

Amenazas

Desconocimiento de alternativas de tratamiento y valoración de residuos en la zona rural

Pocos años de vida útil para la mayoría de los rellenos sanitarios de la zona de estudio

Conocimiento sobre residuos que van a disposición final	Desconocimiento de las afectaciones a salud por la inadecuada gestión de los residuos sólidos
Esquemas regionales de disposición final	Incremento de residuos para disposición final en los últimos años por falta de esquemas formales de aprovechamiento y valorización de residuos
Formalización en la prestación del servicio de aseo en la mayoría de los municipios	Costos de disposición final menores que los de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos Escaza cultura ciudadana frente al reciclaje y la separación en la fuente
	Conformidad con las caracterizaciones de residuos sólidos municipales existentes, que fueron hechas en los sitios de disposición final Pérdida de plusvalía en las áreas aledañas a los rellenos sanitarios de la región

10.6.2 Estrategias De Intervención Para Mejorar La Gestión Integral De Residuos Sólidos En El Área De Estudio

Para generar estrategias que mejoren la gestión integral de residuos sólidos en los municipios que conforman los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, existen dos marcos de información y referencia muy importantes que son los PGIRS municipales y los aplicativos RUA y RESPEL del IDEAM.

Los resultados obtenidos allí generan la línea base que permite formular las estrategias de mejoramiento para la adecuada gestión de los residuos sólidos municipales en la zona de estudio y que se mencionan en este documento.

10.6.3 Estrategia 1: Conformación De Un Sistema De Información Geográfica, Que Articule La Información Sobre La Gestión De Residuos En Los Municipios

La deficiente información disponible sobre la generación, origen, corrientes, tratamiento, aprovechamiento y cumplimiento normativo, entre otros aspectos importantes en la gestión integral de residuos sólidos en los municipios; hace indispensable no solo pensar en organizar la información de una manera sistémica sino también especializada. Una herramienta recomendada para el análisis de información de este tipo es el Sistema de Información Geográfico (SIG) o GIS por sus siglas en inglés.

Se entiende por SIG a la conjunción de datos relacionados con el espacio físico con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software; este permite crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio. La información geográfica va a ser aquella información que tiene algún componente espacial, es decir, una ubicación, y, además, una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión, como fecha, origen de los datos, clasificación o tipo entre otros, facilitando así el análisis de la misma y por ende la toma de decisiones más rápidas basadas en información confiable.

En la gestión integral de residuos sólidos se propone como una estrategia que permita el seguimiento, toma de decisiones y el reporte de información estandarizada, con respecto a la generación, transporte, aprovechamiento, valorización y disposición final de los residuos sólidos municipales, por parte de cada uno de los actores que intervienen a nivel municipal y departamental en la gestión de los residuos sólidos municipales. Actualmente los PGIRS evidencian incumplimientos normativos, indicadores que no son acordes a las necesidades reales del contexto y poco seguimiento de esta información para la toma de decisiones, sin embargo, no se tiene trazabilidad sobre la información presentada

en los anteriores PGIRS municipales de tal manera que no hay información completa de la situación que llevó a ciertas circunstancias en la gestión de los residuos en los municipios.

La estrategia 1, daría solución a esta problemática y estandarización la norma formación para un reporte confiable de la línea base de residuos municipales. Es muy importante resaltar que la plataforma del SIG que propone esta estrategia es tan robusta que amerita la integración de los municipios para que sea un esfuerzo por lo menos a nivel departamental.

La plataforma que se propone sería de tipo modular, en donde se suba la información sobre la prestación del servicio de aseo, al igual que la correspondiente a los residuos especiales y de tipo peligroso, sin dejar de lado los temas de aprovechamiento y valorización de residuos con sus diferentes actores.

10.6.4 Estrategia 2: Regionalización En Temas De Aprovechamiento

El éxito económico en el aprovechamiento y la valorización de los residuos depende de varios factores, tales como la disponibilidad y frecuencia de generación de los materiales, las características de entrega de estos a las empresas gestoras y/o logísticas, la estabilidad en los acuerdos comerciales entre generadores y gestores y las cantidades a procesar, entre otras. Esto hace que las empresas entidades a procesar, entre otras. Esto hace que las empresas gestoras no se vean como competencia sino como aliados en la búsqueda de residuos y la logística que implican algunos de estos, aprovechando las economías de escala.

Teniendo en cuenta que la generación de residuos orgánicos de fácil putrefacción tiene un alto potencial de aprovechamiento y constituye más del 60% de los residuos que van a disposición final, la estrategia 2 plantea integración intermunicipal para el planteamiento de plantas de aprovechamiento de este tipo de residuos, preferiblemente en aquellas zonas o municipios que no tengan rellenos sanitarios; ya que generalmente este tipo de modelos, donde los municipios hacen parte de las alternativas de disposición final, ven el aprovechamiento como una competencia en la prestación del servicio de aseo.

En compostaje existen varias alternativas que pueden garantizar la inocuidad del producto, sin embargo, las certificaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para la venta y el uso del producto en cultivos de pan coger son complejas cuando no hay garantías de una buena separación en la fuente. Pero el alto potencial de la agroindustria y la industria alimenticia en los departamentos que forman parte del estudio, permite que los abonos obtenidos puedan ser fácilmente comercializados. Esta región también es fuerte en la producción agrícola, lo cual permitiría la aplicación de estos fácilmente, al igual que serviría de factor diferenciador en el mercado nacional e internacional.

A la fecha los modelos regionales de gestión de residuos se han venido desarrollando únicamente en el tema de disposición final de residuos, sin embargo y en lo que se refiere a residuos municipales, otro modelo interesante para el aprovechamiento y valorización de los residuos, a parte de la línea de orgánicos, está en los de residuos de construcción y demolición (RCD).

De acuerdo con la resolución 0472 de 2017, los RCD deben tener aprovechamiento y valorización para ser reincorporados en las construcciones nuevas que se desarrollen después de la vigencia de la norma en cuestión. Esto potencializa el aprovechamiento de esta línea o corriente de residuos en el país y debido a las inversiones y la cantidad que se produce, se deben generar nuevos esquemas de negocios al respecto, que permita el aprovechamiento de las economías de escala. Estos modelos deben ser apoyados por las entidades públicas encargadas de obras y construcciones en los municipios objeto del estudio; tal como prensa en Bogotá, donde el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) tiene esquemas de recolección de RCD con plantas de aprovechamiento y valorización de este tipo de residuos, para luego ser convertidos en prefabricados o materiales granulares que son utilizados de nuevo en las mismas obras de donde fueron desechados.

10.6.5 Estrategia 3: Educación Ambiental Para Gestión Integral De Residuos Sólidos

El actual crecimiento económico del país posee patrones insostenibles de producción y consumo, el cual hace parte del modelo lineal, donde básicamente se extrae, fabrica y elimina. Debido a las crecientes tendencias del mercado, el ciclo de vida de los

productos, es decir, desde que son fabricados hasta que se convierten en residuos, es muy corto; agotando rápidamente los recursos disponibles e incrementando la explotación de los mismos en lugares destinados a la conservación.

La economía circular es la apuesta mundial para quitar la presión actual sobre el medio natural y consiste en que productos, materiales y recursos naturales perduren el mayor tiempo posible, minimizando así la generación de residuos. Para garantizar el éxito de la economía circular, se deben tener en cuenta a todos los actores, siendo uno de los más importantes los consumidores, quienes con su criterio pueden hacer que las tendencias de producción cambien desde el consumo de bienes y servicios que favorezcan la gestión integral de los residuos sólidos, incluyendo la minimización de estos.

Es allí donde la cultura ciudadana en gestión responsable de residuos sólidos cobra gran importancia, siendo uno de los eslabones en los diferentes modelos económicos. También es importante mencionar que el éxito en la reincorporación de residuos en cadenas de valor nuevas o existentes, radica en la presentación y limpieza de estos a las empresas gestoras; ya que, si estos vienen mezclados o características de peligrosidad, los costos de separación y tratamiento pueden hacer insostenibles alternativas de aprovechamiento y valorización frente a las de disposición final.

Esta estrategia consiste en integrar los entes, instituciones y entidades territoriales encargadas de la educación de los diferentes departamentos y la región, para que en conjunto con las empresas gestoras del territorio se capaciten a los ciudadanos, no solo en la forma de separación y presentación adecuada de los residuos para que conserven su potencial de aprovechamiento, sino también en el consumo inteligente de bienes y servicios, bien sea porque tengan ya incorporados residuos, la vida útil sea superior a los que ofrece normalmente el mercado, manejan el ecodiseño, hacen parte de programas posconsumo o alguna gestión organizada y no poseen tantos empaques, entre otros que pueden ser criterios ambientales a la hora de la compra.

La estrategia 3 de educación ambiental para la gestión integral de los residuos sólidos debe articularse desde los comités de educación ambiental departamentales e irradiar a los municipales, donde participa las empresas más importantes, las empresas de

servicios públicos y varias de las secretarías de los entes territoriales, junto con las autoridades ambientales y de salud, además de los diferentes gremios. Es en este escenario donde se debe priorizar la línea de gestión de residuos y convocar a los programas de residuos posconsumo para que apoyen las estrategias, al igual que al programa de envases y empaques que fueron aprobados por la Autoridad Nacional en Licencias Ambientales (ANLA).

De esta manera no solo se llevará a cabo la educación ambiental en las instituciones educativas, sino también en los diferentes escenarios de participación ciudadana y empresarial que tienen los departamentos.

10.6.6 Estrategia 4: Políticas Regionales Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos

Otro eje importante en la economía circular es la concepción misma de los productos y servicios, ya que las alternativas de minimización de los residuos no se pueden seguir basando en alternativas de final de tubo. Es allí donde los generadores requieren de políticas que les permita acceder a conocimiento y recursos en el desarrollo y concepción de productos y servicios desde el ecodiseño y la producción más limpia.

Si bien es cierto que el CONPES 3874 de 2016 sobre la gestión integral de residuos sólidos genera las pautas para que los municipios y departamentos presente proyectos de economía circular, estos no han sido identificados por los alcaldes, gobernadores y demás tomadores de decisiones. En este sentido, la ruta no es clara y actualmente se está a la espera de la nueva política de Economía Circular y con ella los recursos económicos para tales procesos.

La estrategia nacional de economía circular, lanzada el año pasado por la presidencia de la república, tiene como objeto incentivar a productores, proveedores y consumidores en Colombia para que desarrollen e implementen nuevos modelos de negocio que incorporen la gestión de los residuos sólidos en el manejo eficiente de las materias primas. Uno de los grandes retos en la concepción misma del producto, en donde indiscutiblemente, se debe incrementar el ciclo de vida de los mismos, contrario a las

estrategias del mercado actual, en donde se la duración de los productos es corta con el propósito de generar más ventas, pero consecuentemente, se producen más residuos.

Acordes con las metas de la estrategia nacional en economía circular, los municipios deben desarrollar políticas e incluir dentro de sus planes de desarrollo, el apoyo a los proyectos de gestión de residuos, pero también los temas de producción más limpia. Siendo el estado uno de los grandes consumidores de bienes y servicios es importante que incorporen en sus sistemas de contrataciones, licitaciones e invitaciones públicas, la asignación de puntajes a aquellas ofertas y empresas que tengan la gestión integral de residuos dentro de sus procesos y propuestas, es decir que minimicen los residuos, les den una adecuada gestión y/o tengan interiorizados procesos de producción más limpia.

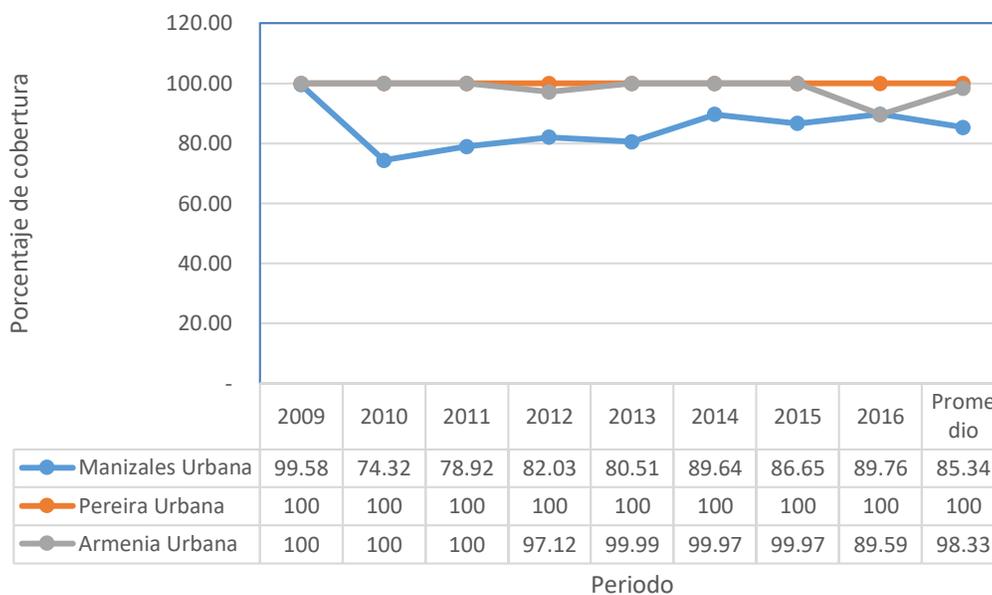
En este punto también es importante el llamado a las universidades, para que incorporen el ecodiseño y la producción más limpia en los procesos industriales y de servicio, dentro de los grupos de investigación; de tal manera que se puedan generar tecnologías de fácil aplicación y de bajo costo para las empresas de la región, fortaleciendo las alianzas Universidad – Empresa – Estado.

10.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aunque la información disponible presenta problemas de consistencia, dificultando el análisis, es evidente que la cobertura urbana supera ampliamente, en la mayoría de los casos, a la cobertura de aseo rural, generando una gran brecha de la prestación del servicio en ambas zonas. Lo cual apoya la prestación del servicio diferenciado en este sector, al igual que las estrategias de valorización y aprovechamiento insitu. Las dificultades de accesibilidad que tiene la zona rural en los diferentes municipios de la región de estudio, no solo hacen que se dificulte la prestación del servicio de aseo, sino también las opciones de valorización de los residuos con alternativas externas.

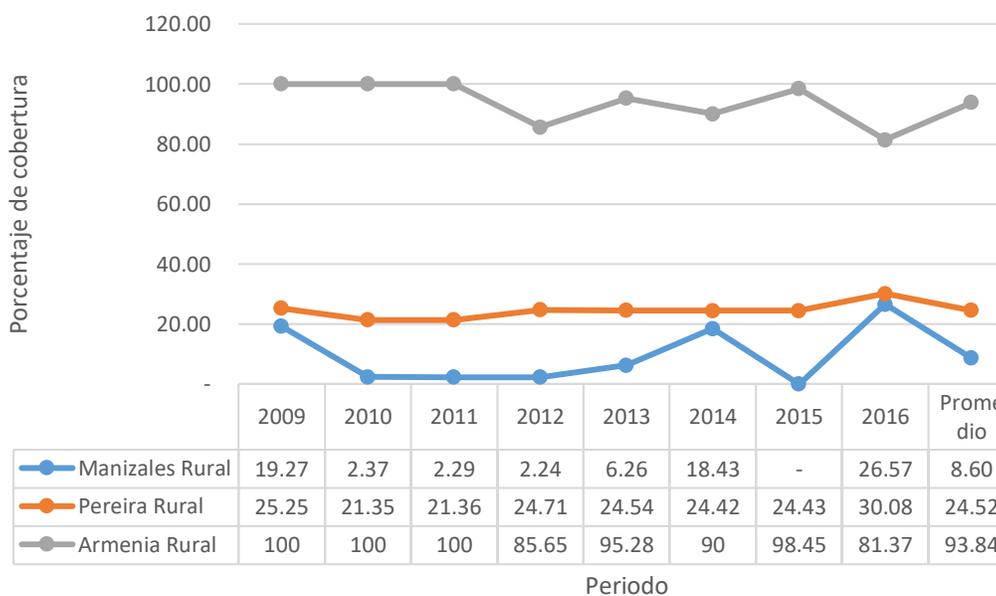
En la Figura 65 y la Figura 66 de la cobertura del servicio en las ciudades capitales de la zona de estudio, se notan las brechas de la prestación del servicio para la parte urbana y rural.

Figura 65. Cobertura urbana del servicio público de aseo en las ciudades capitales de la zona de estudio, de 2009 a 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2018

Figura 66. Cobertura rural del servicio público de aseo en las ciudades capitales de la zona de estudio, de 2009 a 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de SUI 2018

Uno de los parámetros que mide los impactos de los residuos sólidos en la salud ambiental es la frecuencia de recolección, pues cuando esta es menor a 2 veces/semana, las comunidades tienden a disponer los residuos en las fuentes hídricas o esquinas, lo cual genera puntos críticos de residuos que son focos de vectores y olores molestos que afectan la salud.

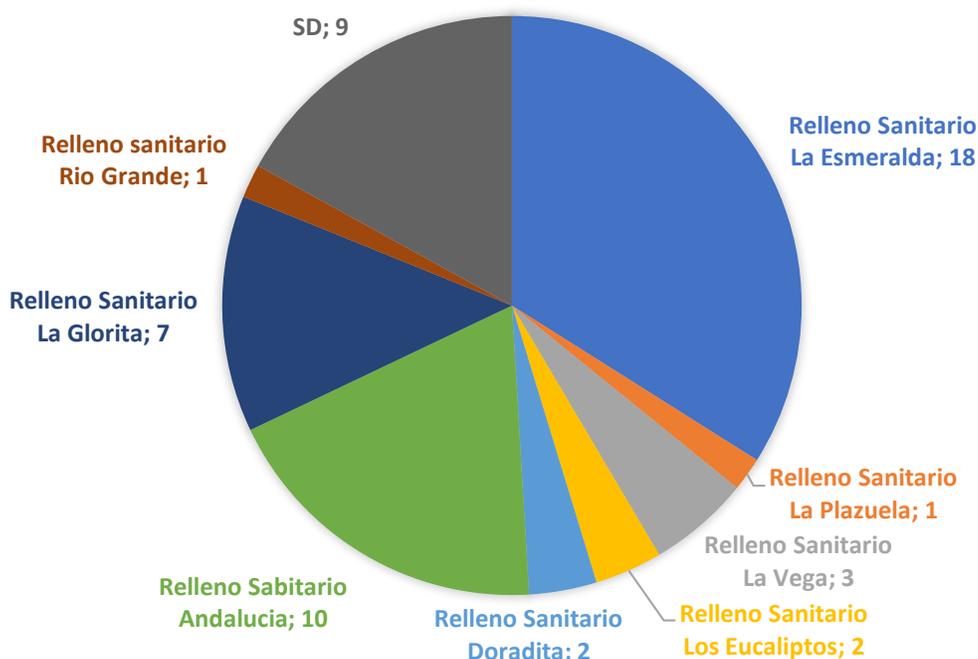
En la zona de estudio el promedio de recolección para la zona urbana tiene un promedio de 2 veces/semana, solo en algunos municipios muy pequeños reportan una frecuencia inferior como San José (Caldas), Circasia y Buenavista (Quindío). El censo de puntos críticos de residuos para la zonas urbana y rural, es uno de los aspectos más importante a tener en cuenta dentro de los PGIRS, sin embargo, no fue posible acceder a esta información para el análisis dentro de este estudio. En cuanto al tipo de recolección, cabe la pena mencionar que es de tipo mixta, es decir que se lleva a cabo de forma que los residuos son mezclados en el vehículo recolector, de acuerdo a lo reportado a 2008; lo cual dificulta el análisis de la incidencia de la resolución CRA 720 de 2015 en el esquema tarifario dentro de una ruta selectiva y el componente de aprovechamiento dentro de la prestación del servicio de aseo municipal.

Lo anterior no discrepa de la recolección selectiva que hacen los recicladores puerta a puerta, el problema está en el fortalecimiento de los mismos por medio de esquemas asociativos de trabajo que les permita proveer el componente de aprovechamiento de acuerdo a las condiciones actuales de la prestación del servicio público de aseo bajo los principios de continuidad, calidad y cobertura. La información sobre el censo de recicladores y las asociaciones de recicladores que pueden estar ofreciendo uno o varios de los componentes de la prestación del servicio debe reposar en los PGIRS municipales, sin embargo, esta información no fue objeto de análisis debido a que no fue reportada en dichos documentos a su actualización en 2013.

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta para medir la salud ambiental es el tipo de disposición final de los residuos y las características de manejo de estos. De acuerdo con la información recabada en este estudio, la mayoría de los municipios depositan los residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios regionales, los cuales cuentan

con Licencia Ambiental, según información de las autoridades ambientales regionales. En la figura se puede observar la cantidad de municipios que disponen en cada uno de los rellenos sanitarios de la zona de estudio, sin embargo hay un alto número (9) que no reportaron en el PGIRS la disposición final que le dan a sus residuos sólidos municipales.

Figura 67. Participación de la disposición final por municipio de la zona de estudio, 2013



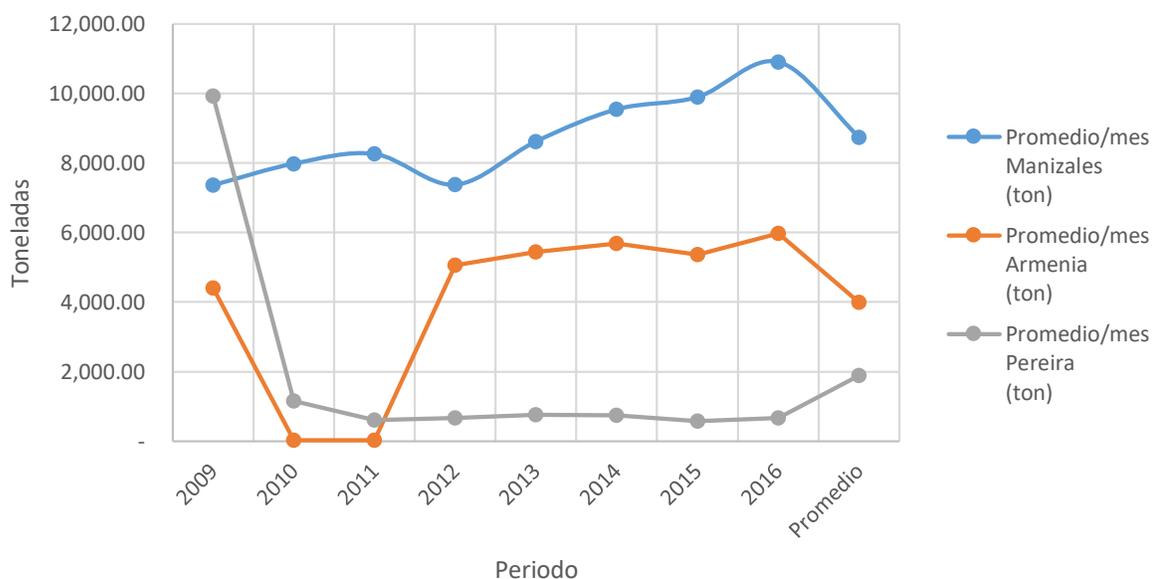
Fuente: Elaboración propia a partir de los PGIRS municipales

La información de disposición final fue también consultada en las Corporaciones Autónomas Regionales y en el SUI, sin embargo no fue posible tener una respuesta oficial para este estudio. De acuerdo con Acodal (La Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2020), la mayoría de los rellenos sanitarios en el país no cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales y las existentes no cumplen con los límites máximo permisibles de carga contaminante en los vertimientos (Resolución 631 de 2015), contaminando las fuentes hídricas superficiales y subterráneas cercanas a estos sitios, afectando la salud y el ambiente de las comunidades aguas abajo. De acuerdo con los antecedentes que se buscaron para este trabajo, en Caldas, Quindío y Risaralda no existen

estudios que muestren las afectaciones a la salud debido a los sitios de disposición final de residuos sólidos.

La generación de residuos en los municipios objeto del estudio fueron extraídos a partir de la cantidad de residuos que van a disposición final, sin embargo es importante resaltar que la generación total en los municipios es la sumatoria de estos, más los residuos generados en los puntos críticos, más los residuos aprovechados (valorizados/tratados); sin embargo es una cuestión técnica que no está muy clara de los análisis de los PGIRS y por lo tanto las proyecciones de generación no son confiables. Estos análisis viabilizan los proyectos de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos municipales, por ello es importante aclarar en dichos documentos la fuente de información sobre la generación de los residuos sólidos en cada municipio.

Figura 68. Residuos llevados disposición final en Manizales, Armenia y Pereira



Fuente: Elaboración propia a partir SUI

Como se puede observar en la Figura 68, se evidencia que la ciudad capital que más genera residuos es Manizales con un promedio mes de 8.745 toneladas, seguida de Armenia (3.998 ton) y por último Pereira (1.886 ton). Es indiscutible el incremento en la generación

de residuos que ha tenido Manizales durante periodo 2009 - 2016, mientras que en Armenia es leve y en Pereira se ha mantenido estable. Sin duda alguna Armenia y Pereira presentaron problemas en los reportes de 2009 a 2011, ya que se nota la poca consistencia de los datos de esos años con respecto a los demás; eso puede influir en el dato de generación/mes promedio.

Figura 69. Producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios en Manizales, Armenia y Pereira



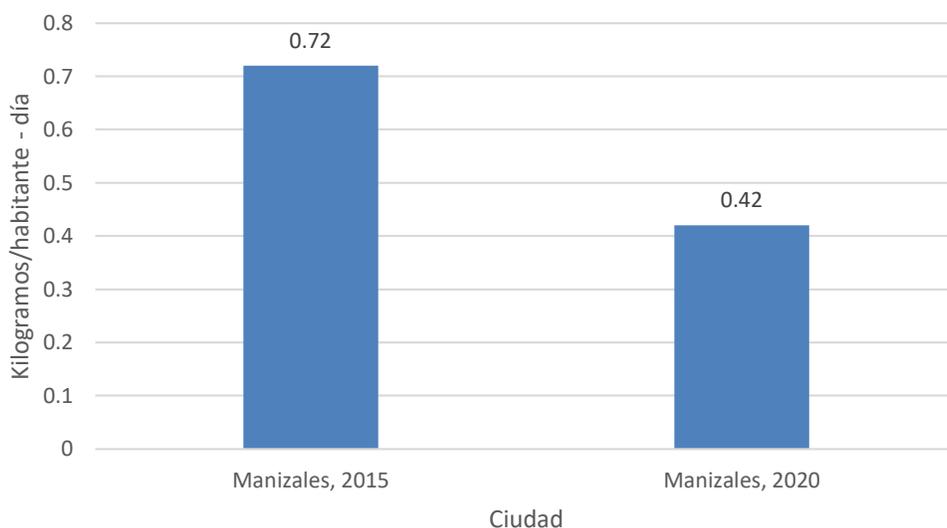
Fuente: Elaboración propia a partir de los PGIRS, 2015

Con respecto al PPC en las capitales de la región, se puede observar en la Figura 69 que Pereira tiene la generación per cápita de las tres ciudades. Es importante mencionar que la generación per cápita no proviene de un estudio de caracterización de residuos en la fuente, para ninguna de las tres ciudades capitales de la zona de estudio; este fue el reportado por los PGIRS de cada ciudad, donde tomaron los datos de disposición final y lo dividieron entre la cantidad de habitantes reportados por el DANE para el mismo año de actualización del Plan.

Durante el 2019 fue actualizado el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Manizales, en donde se elaboró la caracterización de residuos en la fuente para los usuarios domiciliarios, como se reportó en el punto 8.4 de este documento. En la Figura se puede

notar la diferencia entre los datos, los cuales no son comparables dadas las metodologías de generación de la información.

Figura 70. Producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios en Manizales



Fuente: Elaboración propia a partir del PGIRS 2015 y la actualización del PGIRS 2019

La importancia de ambos datos radica en los objetivos para los cuales fueron obtenidas, mientras que en PGIRS 2015 la caracterización fue desarrollada en el sitio de disposición final para optimizar los componentes en la prestación del servicio de aseo; en la actualización del PGIRS 2019 se hizo en la fuente para determinar las principales corrientes de residuos aprovechables, de acuerdo a sus características de peso, densidad y humedad, entre otras; esta última con el propósito aportar información base para los proyectos de aprovechamiento/valorización de residuos del Plan y para determinar el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos para los usuarios domiciliarios.

En este sentido y de acuerdo con la resolución CRA 720 de 2015, la cual no había comenzado cumplimiento a la fecha de la actualización de los PGIRS, preocupa actualmente a los municipios que tiene rellenos sanitarios, dado que un aumento del aprovechamiento y, por ende, la disminución en las toneladas a disposición final, pueden generar dificultades de ingresos operacionales en estos modelos.

Teniendo en cuenta el estudio de caso en Manizales, donde el porcentaje de residuos orgánicos fácilmente putrescibles supera el 60% para todos los estratos de los usuarios residenciales, es imperativo generar proyectos de tratamiento de estos residuos, priorizándolos solo los inorgánicos. De esta manera la reincorporación de los residuos orgánicos al ciclo productivo, no solo conlleva a beneficios ambientales sino también al apoyo de los proyectos de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos municipales. Es decir, que aplicando Valor del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos del decreto 2412 de 2018, en el cual se le asigna una tasa adicional del 0,80% al costo por tonelada que va a disposición final, los proyectos de valorización tendrán mayores posibilidades de dar cierre financiero, ya que los costos de dicho modelo de disposición de residuos van a poder ser incrementados, sino que también tendrán derecho a esos mismos recursos que de acuerdo a la resolución 176 del 2020, deben ir a un fondo que anualmente financie proyectos de tratamiento y aprovechamiento de residuos bajo criterios de sostenibilidad ambiental, económica y social.

De acuerdo con la caracterización de los residuos sólidos de Manizales, durante la actualización del PGIRS en el 2019, el potencial de aprovechamiento en los usuarios domiciliarios y comerciales, permiten proponer alternativas de valorización que puedan dar cierres financieros, ambientales y sociales. Y si los proyectos se presentan para usuarios industriales, en donde los residuos no requieren de campañas de separación en la fuente y donde la cantidad es superior a los domiciliarios, se pueden plantear esquemas de aprovechamiento, bien sea con las empresas de servicios públicos que fujan su papel actualmente o con nuevas asociaciones de recicladores que así lo pretenda.

De acuerdo con las mejores técnicas y procedimientos para la gestión integral de residuos sólidos municipales consultadas para este estudio, lo más aconsejable para Manizales en cuanto a residuos orgánicos, tanto domiciliarios como industriales (gracias al potencial de la industria de alimentos en la ciudad), a los costos por inversión, condiciones de manejo ambiental, accesibilidad, compatibilidad y adaptación insitu de tecnologías, son las de tipo biológico; específicamente las de tratamiento de orgánicos de fácil putrefacción por medios de técnicas de compostaje. Entre las cuales existen diferentes alternativas que

maximizan el tiempo del proceso y a mínimos precios de producción, de acuerdo con la cantidad a tratar, los sitios disponibles y las características físico – químicas de los residuos, al igual que la disponibilidad de celulosa para el manejo de la humedad.

11 CONCLUSIONES

En este estudio de investigación se determinaron estrategias de intervención para la gestión integral de residuos sólidos municipales, teniendo en cuenta la información recopilada de los PGIRS, Los aplicativos RUA y RESPEL, además de la revisión de literatura, los resultados obtenidos y la experiencia de más de 10 años en el área de gestión de residuos y la formulación de Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales.

De acuerdo con la revisión documental para determinar la caracterización en la gestión de los residuos sólidos en los municipios de estudio, a partir de los PGIRS de la zona de estudio, se pudo determinar que a pesar de que todos los municipios del departamento de Caldas tienen formulados y aprobados sus PGIRS, esto no ha sido garantía para su implementación y respectivo seguimiento, debido principalmente al desconocimiento de las autoridades municipales frente a las responsabilidades que tienen en materia de la prestación de un servicio público básico como lo es el aseo. Esta situación aunada a las falencias técnicas en la formulación de los planes, ha impedido que los diferentes procesos de reciclaje y aprovechamiento de residuos no avancen en la medida esperada, impactando fuertemente en el componente de disposición final, para lo cual el departamento cuenta con cinco rellenos sanitarios (Manizales, Aguadas, La Dorada, Marquetalia y Samaná) de los cuales cuatro son de carácter regional y se encuentran en promedio a 2 años de cumplir su vida útil

El estudio de caso sobre se realizó sobre la caracterización de Residuos Sólidos Urbanos para la ciudad de Manizales, el cual se llevó a cabo en el marco de la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), como parte en el convenio entre la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas), la Alcaldía de Manizales por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y la Universidad Católica de Manizales, para el fortalecimiento de la línea base en la gestión de los residuos sólidos en Manizales.

De manera general se puede concluir que la composición de los residuos sólidos en Manizales está representada en un 62% de residuos orgánicos fácilmente putrescibles, 25% por residuos inorgánicos y 13% de residuos sanitarios (proveniente de los baños); para el sector residencial. Es decir que el potencial de aprovechamiento - tratamiento de los residuos en Manizales para el sector residencial es superior al 80% del total que se generan en los hogares.

De acuerdo al estudio de caracterización que llevó a cabo el equipo técnico de la actualización del PGIRS de Manizales en 2019, el sector domiciliario genera más de 53 toneladas al día, es decir una cuarta parte de lo que reporta Emas S.A E.S.P que llega al relleno sanitario diariamente. Si se tiene en cuenta que el más del 80% es susceptible de aprovechamiento – tratamiento, se puede decir que con sistemas adecuados de gestión de residuos adecuados unas 42 toneladas al día dejarían de disponerse en el relleno sanitario de Manizales.

El análisis de estadística inferencial confirma diferencias estadísticamente significativas en el total de residuos generados por estrato. Dado que los datos de generación por estrato se ajustan a una distribución normal, se evidencian 4 subconjuntos, donde se comprueban variaciones significativas por estratos y mayores generaciones en los estratos 3 y 2.

En lo que respecta a la generación de residuos de acuerdo al día de la semana en el sector residencial, no existen diferencias en cuanto a media de la generación, es decir que los modelos de recolección de los residuos para aprovechamiento se pueden generar más por dinámicas de transporte y vías que por kilogramos en un día en específico.

Durante la caracterización de residuos se separó la corriente de residuos sólidos sanitarios, debido a su naturaleza de bajo o nulo aprovechamiento; de acuerdo con el análisis de estadística descriptiva por estrato, la variación y los percentiles que se llevaron a cabo en este trabajo, se evidencia una mayor generación en el estrato 3 y menores valores, en promedio, en los estratos 5 y 6. El análisis de estadística inferencial corrobora diferencias estadísticamente significativas por estrato.

En cuanto a la generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios se evidencian diferencias por estratos, que se confirman con el análisis de estadística inferencial, en

donde se puede evidenciar mayor heterogeneidad en los estratos 4 y 5, en cuanto a generación se refiere. Pero cuando hablamos de porcentaje de residuos orgánicos sobre el total de residuos, estos no presentan diferencias significativas, en lo que respecta a la media.

En los últimos cinco años el país, a través del Gobierno Nacional, avanzó de manera significativa en el desarrollo de políticas públicas y normatividad para la gestión integral de residuos sólidos que impactan no solo el desarrollo del servicio público de aseo, sino también el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos, con objetivos, metas y acciones que requieren respuesta oportuna de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, que le den dinamismo de este sector.

12 RECOMENDACIONES

En este ítem se proponen recomendaciones para los diferentes entes territoriales, autoridades ambientales, gremios, asociaciones, generadores de residuos, gestores, comunidad académica y universidades.

A los gobiernos departamentales y municipales

El gobierno departamental verificara mediante programas de gobierno el estado de avance en la actualización e implementación de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos –PGIRS- y la concordancia con las políticas nacionales, con el fin de fortalecer los diferentes componentes que hacen parte del PSAU.

En cuanto a los entes territoriales se recomienda incluir dentro de sus agendas, planes de desarrollo, comités de seguimiento y control, mesas de competitividad, entre otros escenarios de planificación y desarrollo; la gestión integral de residuos sólidos y la estrategia de economía circular.

De acuerdo a la legislación ambiental actual aplicable a la GIRS, la corporación autónoma regional de caldas Corpocaldas, es la encargada del seguimiento y verificación a los alcances y compromisos del componente de aprovechamiento; por lo que su fortalecimiento, técnico, operativo con herramientas y equipos, es fundamental para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por las autoridades municipales

Para mejorar la gestión integral de los residuos sólidos municipales, es necesario apoyar y democratizar los PGIRS, entender que son documentos de planificación y no solo competencia del servicio de aseo, donde se deben priorizar los procesos de valorización y aprovechamiento de los residuos sólidos municipales, ante la disposición final en rellenos sanitarios por técnica y confiable que esta sea.

Es necesario generar una buena línea base dentro de los PGIRS, es por ello que se recomienda llevar acabo caracterizaciones técnicas de los residuos, en donde se identifiquen plenamente los residuos generados en la fuente; y que estos resultados pueden

viabilizar procesos de aprovechamiento y valorización de residuos en los sectores residencial, comercial e industrial de una zona determinada.

Los municipios deben reconocer y apoyar a los gestores de residuos presentes en su territorio, así como lo hacen con los recicladores, ya que estos se encargan de cerrar el ciclo dentro de la economía circular.

Los entes territoriales son los llamados a apoyar a los programas posconsumo para que incrementen sus metas de recolección de residuos especiales y peligrosos, objeto de la norma por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Verificar caso de éxito de la alcaldía de Manizales por medio de la secretaría de medio ambiente, Corpocaldas y los grandes centros comerciales de la ciudad, con la campaña de Soy Ecomanizaleño, porque consumo inteligente. Este proyecto busca incrementar los niveles de recuperación de residuos posconsumo por medio de puntos.

Fortalecer como entidad territorial con personal técnico, equipos y software especializado para el seguimiento a la prestación del servicio público de aseo, reconociendo la PSAU como esencial en relación a la salud pública y como componente dinamizador de la GIRS en los municipios

A las Autoridades Ambientales

Las autoridades ambientales en conjunto con las entidades territoriales, como se mencionó en el ítem anterior, son los llamados a apoyar a los programas posconsumo para que incrementen sus metas de recolección de residuos especiales y peligrosos, objeto de la norma por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Cómo parte del comité coordinador de los PGIRS, las autoridades ambientales deben promover el cumplimiento de los compromisos plasmados en estos, después de la adopción por parte de los alcaldes; en cumplimiento de la resolución 0754 de 2014.

Fortalecer técnicamente al personal de seguimiento y control de los PGIRS, en temas adicionales al aprovechamiento y valorización de residuos, tales como los esquemas de en la prestación del servicio público de aseo urbano (PSAU), reconociéndolo como

esencial en la relación a la salud pública y como componente dinamizador de la GIRS en los municipios.

En concordancia con la Estrategia Nacional de Economía Circular, las autoridades ambientales deben apoyar, priorizar e incentivar los proyectos de aprovechamiento y valorización de residuos. De la misma manera se deben priorizar los procesos de economía circular, incentivando las iniciativas de reutilización y reciclado, a la par que debe impulsar medidas de desarrollo en los ámbitos de la producción, el consumo, la gestión de residuos, el mercado secundario de materias primas y las acciones sectoriales (plásticos, residuos alimentarios, materias primas críticas, construcción y demolición, y biomasa y bioproductos) junto con el fomento de la I+D+i como elemento transversal clave en el proceso

De acuerdo con las funciones de la Corporaciones Autónomas Regionales, únicamente son objeto de seguimiento y control, en el tema de residuos, aquellas empresas que manejan residuos de características peligrosas, sin tener en cuenta que los residuos ordinarios generan grandes impactos si no son gestionados adecuadamente. Es por ello que se recomienda que se busquen alternativas de control y seguimiento a la gestión de los residuos ordinarios, de tal manera que esto ayude a la formalización de los gestores de todo tipo de residuos y a la responsabilidad extendida de productor o generador.

A las Universidades y la Comunidad Académica

A las universidades y la comunidad académica en general es importante recomendarles fortalecer las alianzas Universidad - Empresa – Estado, con el desarrollo de proyectos dentro de la economía circular, el ecodiseño y la producción más limpia, en donde no se limiten a alternativas de final de tubo, modelo que corrige sobre los efectos, sino propendan por incorporar enfoques de minimización e incorporación de residuos en la industria, entre otras alternativas de gestión integral de residuos sólidos.

Las universidades en conjunto con los municipios y departamentos, deben buscar alternativas tecnológicas que mejoren el reporte de información en la generación, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final de todos los residuos

municipales generados. Esto con el objeto de conocer la situación de los residuos en cualquier momento y tomar rápidamente decisiones que ayuden al desarrollo del territorio y la conservación de los recursos naturales.

Mediante iniciativas como universidad – empresa - estado, acercar la academia a los procesos de contratación pública, atendiendo y aplicando los principios de transparencia, economía, responsabilidad y equilibrio contractual, permitiendo el fortalecimiento e interiorización de los principios para el desarrollo de nuevos procesos, donde se evidencia más interacción entre la administración pública y la universidad.

Mediante la aplicación del conocimiento, la universidad debe promover e impulsar programas de emprendimiento que involucre la valorización de los residuos sólidos, reintegrándolos al mercado, atendiendo el principio básico de la economía circular.

Fortalecer procesos de investigación universitaria que den valor a los residuos y economías de escala comprobables, que permitan colocar los procesos de valorización a un nivel competitivo frente a las actuales alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

A los Empresarios de la Región

La gestión de residuos debe verse como un factor competitivo entre los empresarios y los territorios, la implementación de estrategias de economía circular ayuda a superar el modelo lineal de producción y consumo, de tal manera, que por lo menos se preserven los recursos naturales existentes.

Actualmente los residuos ordinarios no tienen una normatividad que permita su reporte o registro ante las autoridades ambientales, dado que la gran mayoría no tiene alguna característica especial o condiciones diferenciadas para la gestión; sin embargo, existen gestores que no cuentan con permisos y/o avales de la autoridad ambiental, sin que ello implique que estén autorizados para emitir certificados de disposición final. Por tal motivo es importante que los empresarios o generadores verifiquen la gestión integral de los residuos y busquen gestores que contemplen condiciones de trabajo dignas y cuenten con todos los permisos ambientales, si les aplica.

13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADB. (2014). *Solid Waste Management in the Pacific: Financial Arrangements*. 1–8.
- Agudelo C., R., & Carmona V., S. (2004). Análisis de la gestión integral de residuos sólidos en la zona sur del Área Metropolitana del valle del Aburrá (2004). *Facultad Nacional de Salud Pública: El Escenario Para La Salud Pública Desde La Ciencia*, 22(2), 5.
- Castillo M. and Hardter. (2014). *Integrated Solid Waste Management in Island Regions*. Retrieved from http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/integrated_solid_waste_management_in_island_regions.pdf
- CEPAL (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2010). *El Desarrollo Sostenible En América Latina Y El Caribe: Tendencias, Avances Y Desafíos En Materia De Consumo Y Producción Sostenibles, Minería, Transporte, Productos Químicos Y Gestión De Residuos*. Retrieved from <http://www.responsible.net/sites/default/files/latinamericacarib-documentopreliminarrimlac.pdf#page=22>
- Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, C. (2015). *Documento de Trabajo proyecto general: Marco regulatorio del servicio de aseo, resolución CRA 720 DE 2015*. <https://doi.org/10.5897/ERR2015>
- Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, C. (2020). *Bases de los estudio para la revisión de las fórmulas tarifarias para el servicio público de aseo aplicable a los municipios o distritos de más de 5.000 suscriptores en el área urbana*. 32. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- CONPES 3530, 2008. *Consejo Nacional de Política Económica y Social; República de Colombia; Departamento Nacional de Planeación. Lineamientos y Estrategias para Fortalecer el Servicio Público de Aseo en el Marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos*
- CONPES 3550, 2008. *Consejo Nacional de Política Económica y Social; República de Colombia; Departamento Nacional de Planeación. Lineamientos Para La Formulación De La Política Integral De Salud Ambiental Con Énfasis En Los Componentes De Calidad De Aire, Calidad De Agua Y Seguridad Química*.

- CONPES 3819, 2014. *Consejo Nacional de Política Económica y Social; República de Colombia; Departamento Nacional de Planeación. Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia.* 69. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3819.pdf>
- CONPES 3874, 2016. *Consejo Nacional de Política Económica y Social; República de Colombia; Departamento Nacional de Planeación. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.* 73. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3177-8>
- CONPES 3934, 2018. *consejo Nacional de Política Económica y Social; República de Colombia; Departamento Nacional de Planeación. Política Nacional de Crecimiento Verde.*
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Informe Nacional de Aprovechamiento 2016.* 71.
- Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, T. (2017). *Guía para los Responsables de la Toma de Decisiones en Países.*
- DNP, Fedesarrollo, & Instituto Global de Crecimiento Verde Colombia. (2017). *Evaluación de potencial de Crecimiento Verde para Colombia. Dialógo para la identificación del potencial de Crecimiento Verde.*
- Domiciliarios, S. de S. P. (2018). *Disposición Final de Residuos Sólidos Nacional Informe de Informe Disposición Final de Residuos Sólidos – 2018 Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2018 Elaborado 2019.* 97.
- El, E. N., La, M. D. E., & Basilea, C. D. E. (2000). *Convención de basilea sobre el control del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación* (Vol. 009).
- Ellen macarthur foundation. *Towards the circular economy. economic and business rationale for an accelerated transition.* journal of industrial ecology. 2014
- European Comission. (2018). *Conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el tratamiento de residuos, de conformidad con la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo.* 38–90.
- Feal Veira, A. (2011). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos.* In *Ingeniería Química* (Vol. 33).

- Gobierno de Colombia. Estrategia nacional de economía circular : Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio Industria y Turismo., Coord.: Saer, Alex José ; González, Lucy Esperanza. ----. Bogotá D.C.: Colombia. Presidencia de la República; 2019
- Gobierno de España. *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea en el ámbito de las Grandes Instalaciones de Combustión*. 2013. <https://doi.org/M-36733-2013>.
- IDEAM. (2017a). *Desechos peligrosos en colombia 2016*.
- IDEAM. (2017b). *Informe Nacional - Generación y manejo de residuos o desechos peligrosos en Colombia*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, I. (2013). *"Manual de diligenciamiento aplicativo RUA - MF para el sector mnanufacturero*.
- Macdonald, M. (2017). Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia. *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*, 107. Retrieved from <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Guía de Manejo de Residuos 2017.pdf>
- Marín López, C., Maldonado, A., & Castrodelfrío Ceballos, J. A. (2015). *Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)*. 112. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.016>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , Ministerio de Comercio, I. y T. (2019). *Estrategia nacional de economía circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio* (p. 84). p. 84.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS). 2015.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano/Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. Bogotá, D.C. Colombia, 2012. 264 p
- Ministerio de Salud (2013). Plan Decenal de Salud Pública 2012 - 2021. Ministerio de Salud y Protección Social
- Municipio de Anserma - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Apia - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2013

Municipio de Aranzazu - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Armenia - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Balboa - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Belalcázar - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Belén De Umbría - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Buenavista - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Calarcá - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*.

Municipio de Chinchiná - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2014

Municipio de Circasia - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Córdoba - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Dosquebradas - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Filadelfia - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Filandia - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2010

Municipio de Génova - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Guática - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de La Celia - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de La Dorada - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de La Merced - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de La Tebaida - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2010

Municipio de La Virginia - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Manizales - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2014

Municipio de Manzanares - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Marmato - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Marquetalia - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Marsella - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Marulanda - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Mistrató - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Montenegro - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2009

Municipio de Neira - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Norcasia - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Pacora - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Palestina - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Pensilvania - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Pereira - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015

Municipio de Pijao - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016

Municipio de Pueblo Rico - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2013

- Municipio de Quimbaya - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016
- Municipio de Quinchía - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Riosucio - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016
- Municipio de Risaralda - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Salamina - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2014
- Municipio de Salento - Quindío. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2016
- Municipio de Samaná - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2014
- Municipio de San José - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Santa Rosa De Cabal - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2014
- Municipio de Santuario - Risaralda. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Supía - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Victoria - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Villamaría - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2015
- Municipio de Viterbo - Caldas. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. 2014
- ONU Medio Ambiente (2018). *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá
- Organización Panamericana de la Salud y CEPIS (2005). *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*. Hojas de divulgación técnica, HDT No. 97.
- Pacheco, J. F., & Contreras, E. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*.

- PNUMA OMS. (2013). *Guía para la Elaboración de Estrategias Nacionales de Gestión de Residuos*.
- PNUMA (2016). *Flujos de Materiales y Productividad de los Recursos a Escala Mundial*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Sánchez-, E., Kulsum, T., & Awe, A. Y. (2006). *Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia*.
- SCE, S. del C. de E. (2011). *Convenio de Estocolmo - Los principales logros de estos 10 años*.
- Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and F. V. W. (2018). *What a Waste 2.0: A global Snapshot of Solid Waste Management 2050*.
- TECNALIA. (2017). *S4_ Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde. Producto 1. Diagnóstico de eficiencia en el uso de materiales y cierre de ciclos en los sectores manufacturero y de construcción*. 276. Retrieved from <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/21034>
- UNEP. (2016). *GEO-6 LAC, Caribbean., Regional Assessment for Latin America and the Caribbean*.
- UNEP. (2018). *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. In *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe (PNUMA)*. Retrieved from <https://www.unenvironment.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>
- UNEP, & ISWA. (2015). *The Global Waste Management Outlook (GWMO)*. <https://doi.org/10.1177/0734242X15616055>
- Universidad Nacional de Colombia. (2016). *Análisis y evaluación de la situación actual de la internalización de costos ambientales y de salud por la gestión de residuos en Colombia*. 227.
- Wilson, D. C., & Velis, C. A. (2015). *Waste management – still a global challenge in the 21st century: An evidence-based call for action*. In *Waste Management & Research* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1177/0734242X15616055>

Páginas web

Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ACODAL
<http://www.acodal.org.co/>

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. CRA.
<https://cra.gov.co/seccion/inicio.html>

Corporación Autónoma Regional de Caldas. CORPOCALDAS.
<http://www.corpocaldas.gov.co/>

Corporación Autónoma Regional de Quindío. CRQ. <https://www.crq.gov.co/>

Corporación Autónoma Regional de Risaralda. CARDER. <https://www.carder.gov.co/>

Departamento Nacional de Planeación. DNP. <https://www.dnp.gov.co/>

Instituto de Hidrología , Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM.
<http://www.ideam.gov.co/>

Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. SUI.
<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/logon.jsp>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Superservicios.
<https://www.superservicios.gov.co/>

Normatividad

Ley 142 de 1994. “Por medio de la cual se establece el régimen de servicios públicos domiciliarios y dictan otras disposiciones”.

Ley 689 de 2001. Por medio de la cual se modifica la ley 142 de 1994 y nace el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI), donde alcaldías y empresa de servicios públicos deben reportar periódicamente

Ley 1252 de 2008. “Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.”

Ley 1672 de 2013. Sobre gestión Integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

- Decreto 838 de 2005. “Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002. “Sobre la disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”.
- Decreto 4741 de 2005. del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”.
- Decreto 780 de 2006, reglamentario del sector de salud, que compila el Decreto 351 de 2014. “Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades”.
- Decreto 2981 de 2013. “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”.
- Decreto 1076 de 2015. “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.
- Decreto 1077 de 2015. “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”, el cual compiló los siguientes decretos de importancia en la materia.
- Decreto 596 de 2016 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones".
- Resolución 1362 de 2007 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los Artículo 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
- Resoluciones 372 de 2009 y 361 de 2011 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre planes de devolución posconsumo de baterías usadas plomo ácido.
- Resolución 371 de 2009 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen los Planes de Devolución de Fármacos y Medicamentos Vencidos.
- Resoluciones 1297 de 2010 y 2246 de 2017, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establecen sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y acumuladores.
- Resolución 1023 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. “Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, para el sector manufacturero y se dictan otras disposiciones”.

- Resolución 1511 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones.
- Resolución 1675 de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas.
- Resolución 754 de 2014. “Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos”.
- Resolución CRA 720 de 2015 de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.
- Resoluciones 668 de 2016 y 1397 de 2018 que regulan el uso de bolsas plásticas en Colombia.
- Resolución 0472 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. “Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones”.
- Resolución 1326 de 2017, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establece sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas.
- Resolución 1407 de 2018, por la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamenta la gestión de residuos de envases y empaques en Colombia.
- Resolución 316 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados.
- Resolución 1407 de 2018, por la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal.
- Resolución 0176 del 2020 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. “Por la cual se reglamenta el capítulo 7, del título 2, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, en lo relacionado con los criterios de elegibilidad y demás aspectos de los proyectos que pretendan acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos”