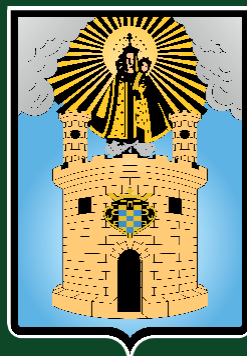


**INFORME FINAL DE LA
CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS EN EL SECTOR NO
RESIDENCIAL DE MEDELLÍN EN EL ÁREA
URBANA Y RURAL DE LOS CINCO
CORREGIMIENTOS**



Alcaldía de Medellín
— Distrito de —
Ciencia, Tecnología e Innovación



Alcaldía de Medellín
— Distrito de —
Ciencia, Tecnología e Innovación

Esta publicación es producto del Contrato N° 4600098235 de 2023 Caracterización de los residuos en los sectores residencial y no residencial de Medellín y en el área urbana y rural de los cinco corregimientos

DIRECCIÓN

ANA PAOLA CORREA GONZALEZ

Administradora Ambiental

SUPERVISIÓN

JULIA ALEJANDRA BARRIOS BARRERA

Ingeniera Ambiental

COORDINACIÓN TÉCNICA

ANDRES FELIPE JIMENEZ VASQUEZ

Ingeniero Ambiental

SANDRA MILENA RODRÍGUEZ GARCÉS

Ingeniera Ambiental

JUAN FELIPE RIVILLAS RAMIREZ

Ingeniero Ambiental

ARLEIDY VICTORIA CHAVEZ PEREZ

Ingeniera Ambiental

GILDARDO DE JESÚS TOBÓN GÓMEZ

Ingeniero sanitario y ambiental

CLAUDIA MERCEDES GIL ZAPATA

Profesional Social

LAURA VANESSA GONZÁLEZ LONDOÑO

Profesional en Estadística

FRANCISCO DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ

Especialista en sistemas de información geográfico

Tabla de contenido

1	INTRODUCCION.....	18
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo General	20
2.2	Objetivos Específicos	20
3	BOSQUEJO NORMATIVO QUE RIGE LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	21
4	IDENTIFICACIÓN DE ACTORES QUE PUEDEN SUMINISTRAR INFORMACIÓN	25
4.1	BASES DE DATOS ANALIZADAS.....	26
5	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	27
6	PLAN DE COMUNICACIONES	32
6.1	Objetivo General	32
6.2	Objetivos Específicos.....	32
6.3	Estrategias comunicacionales asociadas al sector no residencial.....	32
7	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MEDELLÍN.....	36
8	DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO.....	41
8.1	Población y tamaño de muestra objeto del estudio	42
8.2	Vinculación de subsectores no residenciales y diseño de la encuesta:.....	44
8.3	Asignación de código único de identificación a cada actor:.....	45
8.4	Recolección de muestras:.....	46
8.5	Procedimiento para el cálculo de la densidad	48
8.6	Procedimiento para realizar el método del cuarteo	50
8.7	Estimación de la composición física porcentual	52
8.8	Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	56
8.9	Valores de referencia para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras	61
9	RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y DENSIDAD PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL EN LOS CINCO CORREGIMIENTOS Y MEDELLÍN.....	64

9.1	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector educativo	64
9.1.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector educativo	68
9.2	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector hotelero	70
9.3	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector restaurantes	73
9.3.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector restaurantes	76
9.4	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector centros comerciales	78
9.4.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector centros comerciales	80
9.5	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector salud	81
9.5.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector salud	85
9.6	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector oficial ...	86
9.6.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector oficial	89
9.7	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector Plazas de mercado	91
9.7.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector plazas de mercado	92
9.8	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector comercial	94
9.8.1	Proyección de la producción per cápita en el subsector comercial	95
9.9	Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector industrial.	97
9.9.1	Industria de alimentos.	98
9.9.2	Industria de Metalmecánica.....	100
9.9.3	Industria de Manufactura.....	103
9.9.4	Industria de químicos.	106

9.9.5	Industria de plásticos.....	109
9.9.6	Otras industrias.....	111
9.9.7	Proyección de la producción per cápita en el subsector industrial.....	113
9.10	Resultados de PPC y densidades en los estudios de caracterización de los años 2014, 2018 y 2023.....	115
10	RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN PORCENTUAL.....	119
10.1	Resultados de la composición porcentual en el subsector educativo.....	119
10.2	Resultados de la composición porcentual en el subsector hotelero.....	126
10.3	Resultados de la composición porcentual en el subsector restaurantes..	131
10.4	Resultados de la composición porcentual en el subsector centros comerciales.....	137
10.5	Resultados de la composición porcentual en el subsector salud.....	143
10.6	Resultados de la composición porcentual en el subsector Oficial.....	149
10.7	Resultados de la composición porcentual en el subsector plazas de mercado.	155
10.8	Resultados de la composición porcentual en el subsector comercial.....	161
10.9	Resultados de la composición porcentual en el subsector Industrial.....	167
10.9.1	Industria de alimentos.....	172
10.9.2	Industria de metalmecánica.....	178
10.9.3	Industria de manufactura.....	183
10.9.4	Industria de químicos.....	188
10.9.5	Industria de plásticos.....	194
10.9.6	Otras industrias.....	199
10.10	Consolidado de residuos aprovechables que se desvían del relleno sanitario.	205
10.11	Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023.....	209
10.11.1	Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector educativo.....	215
10.11.2	Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector restaurantes.....	217
10.11.3	Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector centros comerciales.....	219
10.11.4	Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector salud.....	221

10.11.5 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector oficial.	223
10.11.6 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector plazas de mercado.....	225
10.11.7 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector comercial.	227
10.11.8 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector industrial.	229

11 RESULTADOS DE COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA..... 232

11.1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector industrial	233
11.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Centros Comerciales	234
11.3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Oficial.....	235
11.4 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Instituciones Educativas	236
11.5 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Salud	237
11.6 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Restaurantes	239
11.7 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Plazas de Mercado	240
11.8 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Comercial.....	241
11.9 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Hotelero	242
11.10 Análisis general de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del sector no residencial	243
11.11 Resultados de poder calorífico para las muestras del sector no Residencial	245

12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA DE LOS SUBSECTORES NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN 255

12.1 Análisis estadístico de la Producción Per Cápita por subclasificación industrial.....	270
--	-----



13	GENERACIÓN DE RESIDUOS DEL SECTOR NO RESIDENCIAL	280
13.1	Proyección de la generación del sector no residencial	292
14	CONCLUSIONES	300
15	RECOMENDACIONES.	303
16	Bibliografía	306

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Marco normativo nacional.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2. Marco normativo regional.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3. Marco normativo municipal.....</i>	<i>24</i>
Tabla 4. Distribución político-administrativa de Medellín.....	27
Tabla 5. Estrategias del plan de comunicaciones,	34
Tabla 6. Distribución de la muestra en subsectores.....	43
Tabla 7. Codificación de subsectores.	45
Tabla 8. Formato para determinación de densidad libre de residuos sólidos...	49
Tabla 9. Planilla de consolidación de los valores en peso encontrados para cada una de las tipologías de residuos a evaluar	53
Tabla 10. Convenciones usadas en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos	61
Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos para productos agrícolas obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos separados en la fuente	62
Tabla 12. Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos según normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos	62
Tabla 13. Porcentajes para macro contaminantes en muestras según NTC 5167	63
Tabla 14. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector educativo.	65
Tabla 15. Resultados promedios y desviación estándar del subsector educativo.	67
Tabla 16. Proyección PPC para el subsector educativo.....	68
Tabla 17. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Hotelero.	70
Tabla 18. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Hotelero.	72
Tabla 19. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Restaurantes.	74

Tabla 20. Promedios y desviación estándar del subsector Restaurantes.	75
Tabla 21. Proyección PPC para el subsector restaurantes.	76
Tabla 22. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Centros Comerciales.	78
Tabla 23. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Centros Comerciales.	78
Tabla 24. Proyección PPC para el subsector centros comerciales.	80
Tabla 25. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Salud.	82
Tabla 26. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Salud. .	83
Tabla 27. Proyección PPC para el subsector salud.	85
Tabla 28. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Oficial.	87
Tabla 29. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Oficial. 88	
Tabla 30. Proyección PPC para el subsector oficial.	89
Tabla 31. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Plazas de mercado.	91
Tabla 32. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Plazas de mercado.	91
Tabla 33. Proyección PPC para el subsector plazas de mercado.	92
Tabla 34. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Comercial.	94
Tabla 35. Resultados promedios y desviación estándar del subsector comercial.	94
Tabla 36. Proyección PPC para el subsector comercial.	95
Tabla 37. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Industrial de alimentos.	98
Tabla 38. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de alimentos.	99
Tabla 39 Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Industrial de metalmecánica.	100
Tabla 40. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de metalmeccanica.	101
Tabla 41. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector Industrial de manufactura.	103
Tabla 42. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de manufactura.	105
Tabla 43. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m ³) del subsector industrial de químicos.	107

Tabla 44. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de quimicos.	107
Tabla 45. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector Industrial de plásticos.	109
Tabla 46. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de plásticos.....	109
Tabla 47. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector Industrial de otras industrias.	111
Tabla 48. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de otras industrias.	112
Tabla 49. Proyección PPC para el subsector industrial.	113
Tabla 50. Resultados PPC en los años 2014, 2018 y 2023	115
Tabla 51. Resultados de densidad (Kg/m3) en los años 2014, 2018 y 2023..	117
Tabla 52. Composición porcentual del subsector Educativo.	120
Tabla 53. Composición porcentual del subsector Hotelero.	126
Tabla 54. Composición porcentual del subsector restaurantes.....	132
Tabla 55. Composición porcentual del subsector Centros Comerciales	137
Tabla 56. Composición porcentual del subsector Salud	143
Tabla 57. Composición porcentual del subsector Oficial.....	149
Tabla 58. Composición porcentual del subsector Plazas de mercado.	155
Tabla 59. Composición porcentual del subsector Comercial.....	161
Tabla 60. Composición porcentual del subsector industrial.	167
Tabla 61. Composición porcentual del subsector industrial de alimentos.	173
Tabla 62. Composición porcentual del subsector industrial de metalmeccanica.	178
Tabla 63. Composición porcentual del subsector industrial de manufactura..	184
Tabla 64. Composición porcentual del subsector industrial de quimicos.	189
Tabla 65. Composición porcentual del subsector industrial de plásticos.....	194
Tabla 66. Composición porcentual del subsector industrial de otras industrias.	199
Tabla 67. Residuos aprovechados por los 31 suscriptores no residenciales que entregaron certificados de aprovechamiento.	206
Tabla 68. Composición porcentual de residuos en los años 2022 y 2023 en los diferentes subsectores.....	211
Tabla 69. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Industrial.....	233
Tabla 70. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Industrial.....	233
Tabla 71. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Centros Comerciales	234

Tabla 72. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Industrial	234
Tabla 73. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Oficial	235
Tabla 74. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Oficial	235
Tabla 75. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Instituciones Educativas	236
Tabla 76. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Instituciones Educativas	237
Tabla 77. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Salud	238
Tabla 78. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Salud	238
Tabla 79. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Restaurantes	239
Tabla 80. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Restaurantes	239
Tabla 81. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Plazas de Mercado	240
Tabla 82. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Plazas de Mercado	240
Tabla 83. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Comercial	241
Tabla 84. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Comercial	241
Tabla 85. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Hotelero	242
Tabla 86. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Hotelero	242
Tabla 87. Rangos para la aplicación de procesos de incineración	251
Tabla 88. Resultados promedio de poder calorífico por método práctico y porcentaje de Humedad	251
Tabla 89. Componentes porcentuales tenidos en cuenta para el cálculo de poder calorífico por métodos analíticos	252
Tabla 90. Resultados del poder calorífico por subsector mediante método analítico de (KUNITOSHI S. G., 1998)	252
Tabla 91. Resultados de poder calorífico promedio para el subsector No residencial por métodos analíticos	253
Tabla 92. Indicadores de la PPC para el sector No residencial de Medellín ..	255

Tabla 93. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para sector no residencial.	257
Tabla 94. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector de centros comerciales.....	258
Tabla 95. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector comercial.	259
Tabla 96. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector educativo.	260
Tabla 97. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector hotelero.	262
Tabla 98. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial.	263
Tabla 99. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector oficial.	265
Tabla 100. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector de plazas de mercado.	266
Tabla 101. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector restaurantes.	267
Tabla 102. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector salud.....	269
Tabla 103. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de alimentos.....	270
Tabla 104. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de manufactura.	272
Tabla 105. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de metalmecánica.	273
Tabla 106. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de otras industrias.....	275
Tabla 107. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de plásticos.	276
Tabla 108. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de químicos.....	278
Tabla 109. Generación de residuos en los años 2022 y 2023, a partir de datos de la caracterización 2023 y base de datos de la cámara de comercio de Medellín, para Antioquia.	281
Tabla 110. Diferencia en generación entre los años 2022 y 2023, calculado con datos del estudio.....	283
Tabla 111. Diferencia de numero de actores del año 2022 a 2023.	283
Tabla 112. Diferencia en generación del año 2022, calculado con datos del estudio versus generación 2022 calculada con bases de datos.....	284

Tabla 113. Generación y numero de actores de los subsectores en las comunas de Medellín.	285
Tabla 114. Resultados de proyección geométrica general para la generación no residencial	292
Tabla 115. Proyección de la generación por subsector y comuna en Medellín.	293

Índice de gráficas

Gráfica 1. Proyección PPC para el subsector educativo	69
Gráfica 2. Proyección PPC para el subsector restaurantes.	77
Gráfica 3. Proyección PPC para el subsector centros comerciales.....	81
Gráfica 4. Proyección PPC para el subsector salud.....	86
gráfica 5. Proyección PPC para el subsector oficial.....	90
Gráfica 6. Proyección PPC para el subsector plazas de mercado.	93
Gráfica 7. Proyección PPC para el subsector comercial.	96
Gráfica 8. Proyección PPC para el subsector industrial.	114
Gráfica 9. Resultados de PPC en los años 2014, 2018 y 2023.....	116
Gráfica 10. Consolidado de resultados de densidad en los años 2014, 2018 y 2023	117
Gráfica 11. Composición porcentual del subsector Educativo	123
Gráfica 12. Composición porcentual consolidado del subsector Educativo. ..	124
Gráfica 13. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector educativo.	125
Gráfica 14. Composición porcentual del subsector Hotelero.....	129
Gráfica 15. Composición porcentual consolidado del subsector Hotelero.....	130
Gráfica 16. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Hotelero.	131
Gráfica 17. Composición porcentual del subsector restaurantes	134
Gráfica 18. Composición porcentual consolidado del subsector restaurantes.	135
Gráfica 19. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Restaurantes.	136
Gráfica 20. Composición porcentual del subsector Centros Comerciales.	140
Gráfica 21. Composición porcentual consolidado del subsector Centros Comerciales.....	141
Gráfica 22. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Centros comerciales.	142
Gráfica 23. Composición porcentual del subsector Salud.	146

Gráfica 24. Composición porcentual consolidado del subsector Salud.	147
Gráfica 25. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Salud.	148
Gráfica 26. Composición porcentual del subsector oficial.	152
Gráfica 27. Composición porcentual consolidada del subsector Oficial.	153
Gráfica 28. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Oficial.	154
Gráfica 29. Composición porcentual del subsector Plazas de mercado.	158
Gráfica 30. Composición porcentual consolidada del subsector plazas de mercado.	159
Gráfica 31. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Plazas de mercado.	160
Gráfica 32. Composición porcentual del subsector Comercial.	164
Gráfica 33. Composición porcentual consolidada del subsector comercial. ...	165
Gráfica 34. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector comercial.	166
Gráfica 35. Composición porcentual del subsector industrial.	170
Gráfica 36. Composición porcentual consolidado del subsector industrial.	171
Gráfica 37. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial.	172
Gráfica 38. Composición porcentual del subsector industrial de alimentos. ...	175
Gráfica 39. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de alimentos.	176
Gráfica 40. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de alimentos.	177
Gráfica 41. Composición porcentual del subsector industrial de metalmecánica.	181
Gráfica 42. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de metalmecánica.	182
Gráfica 43. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de metalmecánica.	183
Gráfica 44. Composición porcentual del subsector industrial de manufactura.	186
Gráfica 45. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de manufactura.	187
Gráfica 46. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de manufactura.	187
Gráfica 47. Composición porcentual del subsector industrial de químicos.	191
Gráfica 48. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de químicos.	192

Gráfica 49. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de químicos.	193
Gráfica 50. Composición porcentual del subsector industrial de plásticos.	197
Gráfica 51. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de plásticos.	198
Gráfica 52. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de plásticos.	198
Gráfica 53. Composición porcentual del subsector industrial de otras industrias.	202
Gráfica 54. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de otras industrias.	203
Gráfica 55. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector otras industrias.	204
Gráfica 56. Composición porcentual de los 31 suscriptores no residenciales que entregaron certificados de aprovechamiento	206
Gráfica 57. Composición porcentual de los residuos en los diferentes subsectores en los años 2018 y 2023.	212
Gráfica 58. Consolidado general porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector educativo.	215
Gráfica 59. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector educativo.	216
Gráfica 60. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector restaurantes.	217
Gráfica 61. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector restaurantes.	218
Gráfica 62. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector centros comerciales.	219
Gráfica 63. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector centros comerciales.	220
Gráfica 64. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector salud.	221
Gráfica 65. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector salud.	222
Gráfica 66. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector oficial.	223
Gráfica 67. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector oficial.	224
Gráfica 68. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector plazas de mercado.	225

Gráfica 69. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector plazas de mercado.	226
Gráfica 70. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector comercial.	227
Gráfica 71. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector comercial.	228
Gráfica 72. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector industrial.	229
Gráfica 73. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector industrial.	230
Gráfica 74. Histograma de PPC sector no residencial.	256
Gráfica 75. Dispersión del subsector centros comerciales.	258
Gráfica 76. Dispersión del subsector comercial.	259
Gráfica 77. Dispersión del subsector educativo.	261
Gráfica 78. Dispersión del subsector hotelero.	262
Gráfica 79. Dispersión del subsector industrial.	264
Gráfica 80. Dispersión del subsector oficial.	265
Gráfica 81. Dispersión del subsector plazas de mercado.	266
Gráfica 82. Dispersión del subsector restaurantes.	268
Gráfica 83. Dispersión del subsector salud.	269
Gráfica 84. Dispersión del subsector industrial de la industria de alimentos. ..	271
Gráfica 85. Dispersión del subsector industrial de la industria de manufactura.	272
Gráfica 86. Dispersión del subsector industrial de la industria de metalmecánica.	274
Gráfica 87. Dispersión del subsector industrial de la industria de otras industrias.	275
Gráfica 88. Dispersión del subsector industrial de la industria de plásticos. ..	277
Gráfica 89. Dispersión del subsector industrial de la industria de químicos. ..	278
Gráfica 90. Generación de residuos en los años 2022 y 2023 por subsector.	282

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos.	42
Ilustración 2. Mapa de actores caracterizados.	47
Ilustración 3. Método del cuarteo.	51

Ilustración 4. Cantidad y porcentaje de residuos aprovechados por EMVARIAS
SA ESP en su ruta selectiva 207

1 INTRODUCCION

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

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

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

El presente informe describe la metodología y procesos llevados a cabo, así como los resultados obtenidos y el análisis de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos en el sector residencial del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

Teniendo en cuenta las diferencias esperadas en cuanto a la generación de los residuos sólidos en los sectores urbano y rural, esta caracterización, se realiza de manera diferenciada para sus comunas y corregimientos, entendiéndose entonces que el sector urbano se refiere a las 16 comunas de Medellín y el análisis del sector rural corresponde a los centros poblados y zona dispersa de



los 5 corregimientos del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.



2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Caracterizar los residuos sólidos en los sectores residencial y no residencial de Medellín y en el área urbana y rural de los cinco corregimientos.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un diagnóstico sobre caracterizaciones realizadas en Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín a partir de información secundaria disponible de las entidades públicas y privadas involucradas en la gestión de residuos sólidos.
- Conocer la cantidad, la composición y características físicas y químicas de los residuos sólidos que se producen en el sector residencial por estrato socioeconómico y comuna en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus cinco corregimientos.
- Estimar la producción per cápita de los residuos sólidos generados en el sector residencial y no residencial, del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus cinco corregimientos.
- Conocer la composición física y química de los residuos sólidos generados en el sector no residencial del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y sus cinco Corregimientos.

3 BOSQUEJO NORMATIVO QUE RIGE LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

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

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

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

El Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”, establece que los municipios y distritos, deberán elaborar, implementar y mantener actualizado un plan municipal o distrital para la gestión integral de residuos o desechos sólidos (PGRIS) en el ámbito local y regional según el caso (Artículo 2.3.2.2.3.87). Dicho Decreto también establece en su Artículo 2.3.2.2.3.91, que, para considerar la viabilidad de un proyecto de aprovechamiento, se “deberá realizar la cuantificación y caracterización de los residuos para determinar el potencial de aprovechamiento, de acuerdo con sus propiedades y condiciones de mercado”. De este modo, el conocimiento de las cantidades y características fisicoquímicas de los residuos sólidos hace posible la estructuración de programas, proyectos y metas ajustados al potencial de generación de éstos, además de lo cual se posibilita el diseño y dimensionamiento de infraestructuras y equipos para la prestación del servicio público de aseo.

La normativa que reglamenta la gestión de los residuos sólidos en Colombia se expide por diferentes organismos como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo



sostenible; el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, el Departamento Nacional de Planeación y las instituciones locales, como el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, por lo que a continuación se presenta en orden cronológico, un compendio del marco normativo que rige la gestión de residuos sólidos y su caracterización.

Tabla 1. Marco normativo nacional

Norma	Descripción
Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el régimen de servicios públicos domiciliarios
Documento CONPES 3530 de 2008	Establece los lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo
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, PGIRS.
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 1076 de 2015	Por medio de la cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiental y desarrollo sostenible.
Decreto 1077 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio
Decreto 596 de 2016	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 276 de 2016	Por el cual se reglamentan los lineamientos del esquema operativo de la actividad del servicio público de aseo y del régimen transitorio para formalización de los recicladores de .
Documento CONPES 3874 de 2016	Política Nacional Para La Gestión Integral de Residuos Sólidos
Resolución 0330 de 2017	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".
Decreto 1784 de 2017	Mediante el cual se reglamentan las condiciones para realizar actividades de disposición final y tratamiento de residuos sólidos en la prestación del servicio público de aseo. El objetivo del decreto es promover y facilitar la planificación, construcción y operación de rellenos sanitarios en el país y los procesos para el tratamiento de residuos sólidos

Resolución 472 de 2017	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos sólidos generados en las actividades de construcción y demolición - RCD y se dictan otras disposiciones.
Decreto 284 de 2018	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos -RAEE Y se dictan otras disposiciones”
Resolución 1397 de 2018	Por la cual se adiciona a la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 1407 de 2018	Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques y se toman otras determinaciones.
Resolución 1397 de 2018	Por la cual se adiciona a la Resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones
Resolución 2184 de 2019	Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. En el artículo 4 se establece el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente.
Resolución 938 de 2019.	Por lo cual se reglamenta lo relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final en el servicio público de aseo
Resolución 176 de 2020.	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.
Resolución 1342 de 2020	Por la cual se modifica la Resolución 1407 de 2018 y se toman otras consideraciones. Introdujo una modificación al marco normativo aplicable a la gestión ambiental de envases y empaques. Los cambios se relacionan con: el ámbito de aplicación de la norma; las fechas límite para la presentación de planes e informes de avance; la metodología para evaluar el cumplimiento; la certificación de eficiencia y retorno y las obligaciones del consumidor final.

Resolución 1344 de 2020	Por la cual se adiciona un párrafo al artículo 4 de la Resolución 2184 de 2019 y se dictan otras disposiciones. Esta norma extendió el plazo para implementar el código de colores para la presentación de residuos sólidos no peligrosos en bolsas u otros recipientes, hasta el 1 de julio de 2022, para las actividades de qué trata el artículo 2.8.10.2 del Decreto 780 de 2016.
Resolución 1257 de 2021.	Por la cual se modifica la Resolución 472 de 2017 sobre la gestión integral de RCD
Decreto 802 de 2022.	Por el cual se modifica el Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015 en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 547 de 2022.	Por la cual se reglamenta 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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Marco normativo regional

Norma	Descripción
Ordenanza 10 de 2016	Por el cual se institucionaliza el programa “Basura Cero” en el departamento de Antioquia
Resolución Metropolitana 879 de 2007	Por la cual se adopta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá
Acuerdo Metropolitano 23 de 2018	Por el cual se adoptó la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá (PGIRS - Regional),
Acuerdo Metropolitano 24 de 2018	Por el cual se adopta el plan de gestión integral de residuos o desechos peligrosos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, como instrumento de autogestión y autorregulación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Marco normativo municipal

Norma	Descripción
Decreto 0440 de 2009	Por medio del cual se adopta el manual para el manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y se dictan disposiciones generales para la gestión integral de residuos sólidos en el Municipio de Medellín.
Decreto 1131 de 2021	Mediante el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS - del Municipio de Medellín

Fuente: Elaboración propia

4 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES QUE PUEDEN SUMINISTRAR INFORMACIÓN

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

Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín: a) Secretaría de Medio Ambiente, b) Secretaría de Educación, c) Secretaría de Gestión y Control Territorial y d) Secretaría de Salud.

- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquía.
- E.S.E. Metrosalud.
- Usuarios no residenciales: sector industrial, centros comerciales, oficial, instituciones educativas, sector salud, restaurantes, plazas de mercado y sector comerciales, quienes participaran en el proyecto con la entrega de información y con el suministro de las muestras para la caracterización.
- Emvarias SA ESP: participación mediante el suministro de información sobre horarios, frecuencias y prestación del servicio público de aseo en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.
- Universidad de Medellín, Universidad de Antioquia y otras instituciones educativas que desarrollen estudios o investigaciones asociadas con la caracterización de residuos en Medellín.

4.1 BASES DE DATOS ANALIZADAS

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

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

- Estudio de caracterización de residuos sólidos realizado por la Universidad de Medellín en el año 2014 para los sectores residencial y no residencial.
- Estudio de caracterización de residuos sólidos realizado por el Consorcio Residuos Sólidos Medellín en el año 2018.
- Aplicativo de proyecciones del PGIRS 2015, desarrollado por la Alcaldía de Medellín y la Universidad de Medellín, para el análisis de datos poblacionales y la definición de la muestra del estudio de caracterización.
- Informes técnicos generados en el marco del Contrato interadministrativo 4600068361 de 2016 de administración delegada para estudios de ubicación de sitios geográficos estratégicos para la gestión de residuos sólidos.
- Estructura empresarial - cámara de comercio de Medellín para Antioquia 2022
- Estructura empresarial - cámara de comercio de Medellín para Antioquia 2023
- Bases de datos y reportes disponibles en el SUI (Sistema Único de Información de servicios públicos domiciliarios) como son los reportes de disposición final y aprovechamiento

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



5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

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

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

Según la distribución político-administrativa de Medellín, la zona urbana está dividida en 16 comunas, que se dividen a su vez en 249 barrios urbanos oficiales y la zona rural está conformada por cinco corregimientos: Altavista, Santa Elena, San Sebastián de Palmitas, San Antonio de Prado y San Cristóbal, como se muestra en la Tabla 4 y el Mapa 1.

Tabla 4. Distribución político-administrativa de Medellín

Comuna	Barrios
1 - Popular	Santo Domingo Sabio Nº 1, Santo Domingo Sabio Nº 2, Popular, Granizal, Moscú Nº 2, Villa Guadalupe, San Pablo, Aldea Pablo VI, La Esperanza Nº 2, El Compromiso, La Avanzada, Carpinelo.
2 - Santa cruz	La Isla, El Playón de Los Comuneros, Pablo VI, La Frontera, La Francia, Andalucía, Villa del Socorro, Villa Niza, Moscú Nº 1, Santa Cruz, La Rosa.
3 - Manrique	La Salle, Las Granjas, Campo Valdes Nº 2, Santa Inés, El Raizal, El Pomar, Manrique, Central Nº 2, Manrique Oriental, Versalles Nº 1, Versalles Nº 2, La Cruz, Oriente, Maria Cano - Carambolas, San José La Cima Nº 1, San José La Cima Nº 2

Comuna	Barrios
4 - Aranjuez:	Berlín, San Isidro, Palermo, Bermejál - Los Álamos, Moravia, Sevilla, San Pedro, Manrique Central N° 1, Campo Valdes N° 1, Las Esmeraldas, La Piñuela, Aranjuez, Brasilia, Miranda.
5 - Castilla:	Toscaza, Las Brisas, Florencia, Tejelo, Boyacá, Héctor Abad Gómez, Belalcazar, Girardot, Tricentenario, Castilla, Francisco Antonio Zea, Alfonso López, Caribe.
6 - Doce de Octubre:	Santander, Doce de Octubre N° 1, Doce de Octubre N° 2, Pedregal, La Esperanza, San Martín de Porres, Kennedy, Picacho, Picachito, Mirador del Doce, Progreso N° 2, El Triunfo.
7 - Robledo	Cerro El Volador, San Germán, Barrio Facultad de Minas, La Pilarica, Bosques de San Pablo, Altamira, Córdoba, López de Mesa, El Diamante, Aures N° 1, Aures N° 2, Bello Horizonte, Villa Flora, Palenque, Robledo, Cucaracho, Fuente Clara, Santa Margarita, Olaya Herrera, Pajarito, Montecarlo, Nueva Villa de La Iguañá.
8 - Villa Hermosa:	Villa Hermosa, La Mansión, San Miguel, La Ladera, Batallón Girardot, Llanaditas, Los Mangos, Enciso, Sucre, El Pinal, Trece de Noviembre, La Libertad, Villa Tina, San Antonio, Las Estancias, Villa Turbay, La Sierra (Santa Lucía - Las Estancias), Villa Lilliam.
9 - Buenos Aires:	Juan Pablo II, Barrios de Jesús, Bombona N° 2, Los Cerros El Vergel, Alejandro Echevarría, Barrio Caicedo, Buenos Aires, Miraflores, Cataluña, La Milagrosa, Gerona, El Salvador, Loreto, Asomadera N° 1, Asomadera N° 2, Asomadera N° 3, Ocho de Marzo.
10 - La Candelaria:	Prado, Jesús Nazareno, El Chagualo, Estación Villa, San Benito, Guayaquil, Corazón de Jesús, Calle Nueva, Perpetuo Socorro, Barrio Colón, Las Palmas, Bombona N° 1, Boston, Los Ángeles, Villa Nueva, La Candelaria, San Diego.
11 - Laureles -	Estadio: Carlos E. Restrepo, Suramericana, Naranjal, San Joaquín, Los Conquistadores, Bolivariana, Laureles, Las Acacias, La Castellana, Lorena, El Velódromo, Estadio, Los Colores, Cuarta Brigada, Florida Nueva.
12 - La América	Ferrini, Calasanz, Los Pinos, La América, La Floresta, Santa Lucía, El Danubio, Campo Alegre, Santa Mónica, Barrio Cristóbal, Simón Bolívar, Santa Teresita, Calasanz Parte Alta.
13 - San Javier	El Pesebre, Blanquizal, Santa Rosa de Lima, Los Alcázares, Metropolitano, La Pradera, Juan XIII - La Quiebra, San Javier N° 2, San Javier N° 1, Veinte de Julio, Belencito, Betania, El Corazón, Las Independencias, Nuevos Conquistadores, El Salado, Eduardo Santos, Antonio Nariño, El Socorro, La Gabriela.

Comuna	Barrios
14 - El Poblado	Barrio Colombia, Simesa, Villa Carlota, Castropol, Lalinde, Las Lomas N° 1, Las Lomas N° 2, Altos del Poblado, El Tesoro, Los Naranjos, Los Balsos N°1, San Lucas, El Diamante N° 2, El Castillo, Los Balsos N° 2, Alejandría, La Florida, El Poblado, Manila, Astorga, Patio Bonito, La Aguacatala, Santa María de Los Ángeles.
15 - Guayabal:	Tenche, Trinidad, Santa Fe, Shellmar, Parque Juan Pablo II, Campo Amor, Noel, Cristo Rey, Guayabal, La Colina
16 - Belén	Fátima, Rosales, Belén, Granada, San Bernardo, Las Playas, Diego Echavarria, La Mota, La Hondonada, El Rincón, La Loma de Los Bernal, La Gloria, Altavista, La Palma, Los Alpes, Las Violetas, Las Mercedes, Nueva Villa de Aburrá, Miravalle, El Nogal - Los Almendros, Cerro Nutibara.

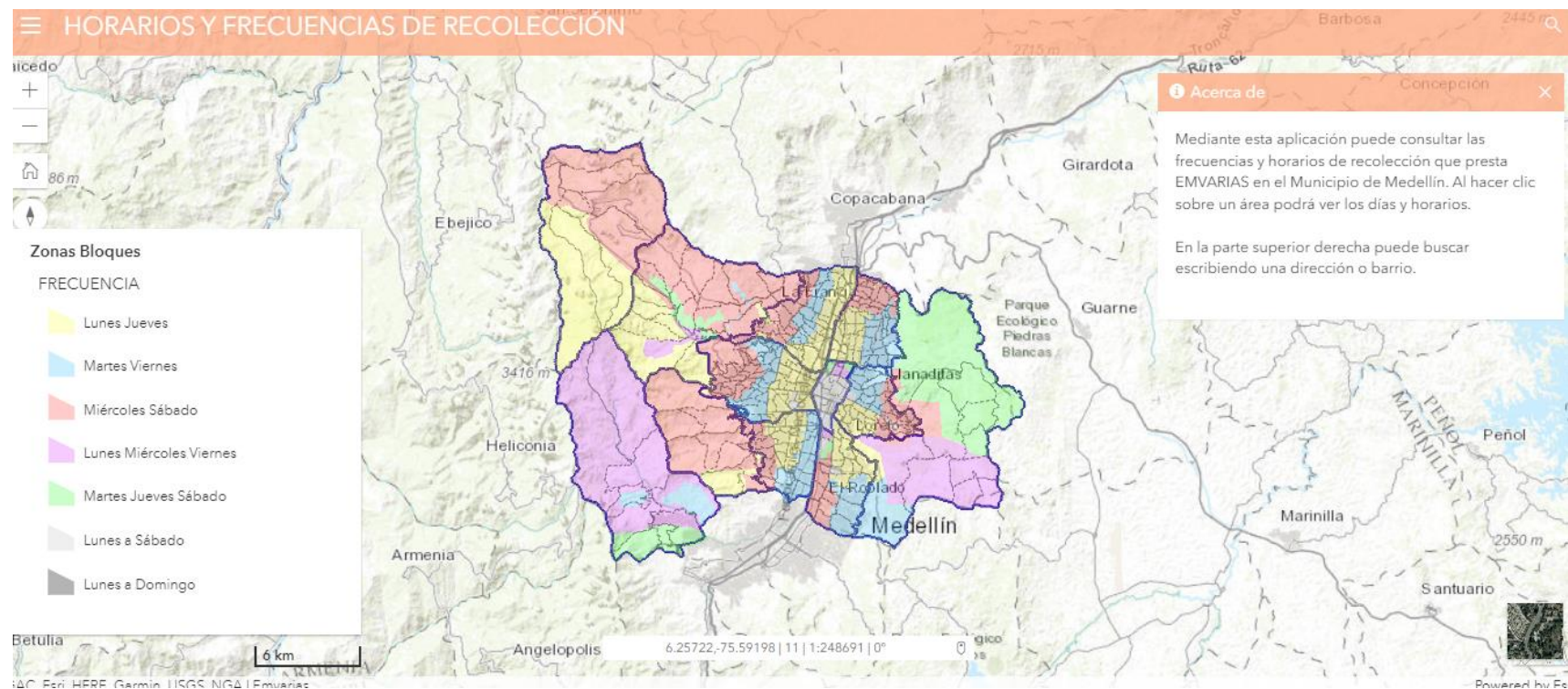
Fuente: Contrato Nro. 4600077223 de 2018 - Tomado de (Informe de calidad de vida de Medellín 2017, 2018)

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

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

Históricamente el sector residencial de Medellín ha sido atendido por Emvarias SA ESP mediante dos días de recolección de residuos no aprovechables por semana. Sin embargo, a partir de diciembre de 2022, el prestador del servicio público de aseo inició un plan piloto para la implementación de una tercera frecuencia de recolección de residuos en los corregimientos de Medellín. Este ejercicio piloto, al igual que los nuevos cambios que se implementen en las frecuencias y horarios del servicio público de aseo, deberán ser considerados por el proyecto, para el ejercicio logístico de recolección de muestras que serán objeto de caracterización.

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



Fuente: (Emvarias SA ESP, 2023)

6 PLAN DE COMUNICACIONES

El estudio de caracterización de los residuos sólidos en el sector no residencial de Medellín tiene como propósito principal comprender y analizar la generación de residuos sólidos en los diversos subsectores no residenciales de la ciudad de Medellín. Para lograr este objetivo, se requiere la participación y la sensibilización de los actores involucrados en estos sectores, lo que implica el diseño e implementación de estrategias de comunicación según las características de cada subsector.

6.1 Objetivo General

El objetivo general del plan de comunicaciones del proyecto es diseñar y desarrollar acciones encaminadas a la sensibilización y socialización del estudio de caracterización de los residuos sólidos en el sector no residencial de Medellín. Esto implica generar una mayor conciencia sobre la importancia de la gestión adecuada de los residuos y promover la participación de los diferentes actores involucrados en la muestra objeto de estudio.

6.2 Objetivos Específicos

- Generar estrategias de información, sensibilización y difusión del proyecto que permitan la participación del sector no residencial en la conformación de la muestra de estudio.
- Desarrollar estrategias de medios que faciliten la visualización del proyecto y promuevan la participación del sector no residencial en las actividades del estudio de caracterización.

6.3 Estrategias comunicacionales asociadas al sector no residencial

La estrategia para vincular a los participantes del proyecto pertenecientes al sector no residencial se fundamenta en las siguientes acciones principales:

- **Llamadas:** Utilizando la base de datos proporcionada por la supervisión y con la información obtenida por los profesionales del proyecto, se redactó un guion para realizar llamadas telefónicas con el fin de vincular a los suscriptores no



residenciales del servicio público de aseo y fomentar su participación en el proyecto. Esta estrategia se destacó por su efectividad en el establecimiento de contacto directo con los actores clave.

- **Correos y Cartas:** Se enviaron correos electrónicos y cartas aprobadas por la supervisión a los diferentes subsectores no residenciales, incluyendo la encuesta correspondiente y un texto explicativo inicial. Además, se utilizó una e-card y el enlace a la encuesta a través de Google Forms para facilitar su diligenciamiento. Esta estrategia fue vital para llegar a una amplia audiencia y brindar información detallada sobre el proyecto.
- **Visitas Presenciales:** Se realizaron visitas presenciales para llevar a cabo la encuesta sobre el manejo de residuos sólidos entre los suscriptores no residenciales participantes del proyecto. Estas visitas también sirvieron para vincular a los participantes con las actividades del proyecto y promover su compromiso con el mismo. Esta estrategia demostró ser especialmente la más efectiva para establecer relaciones cercanas y construir confianza con los actores del sector no residencial.
- **Estrategia Auditiva, Difusión de Cuña Radial:** Se desarrolló una cuña radial para transmitir información clave sobre el proyecto "Caracterización de los residuos sólidos en el sector no residencial de Medellín". La cuña, con una duración de 15 segundos, se diseñó con el objetivo de generar conciencia y reconocimiento sobre esta labor en la ciudad.

La cuña radial se emitió por Olímpica Estéreo, una emisora de alto impacto. Se han programado tres emisiones diarias durante 15 días, abarcando los horarios de la mañana, tarde y noche para garantizar un amplio alcance entre la audiencia.

El guion de la cuña radial se centra en informar a la comunidad sobre la caracterización de residuos sólidos en las comunas y corregimientos de Medellín. Con un tono informativo y motivador, invitando a la ciudadanía a estar atenta a las visitas de campo, llamadas o llegada de correos electrónicos.

Estas acciones fueron complementadas con el uso de volantes, e-cards, afiches y reuniones con agremiaciones, lo que contribuyó a fortalecer la difusión del proyecto y aumentar la participación de los sectores no residenciales en el estudio de caracterización de residuos sólidos en Medellín.

- **Estrategia visual:** conformado por cinco piezas gráficas, diseñadas y aprobadas por la sección de comunicaciones de la Secretaría de Gestión y Desarrollo Territorial con el apoyo de la supervisión del proyecto.

Tabla 5. Estrategias del plan de comunicaciones,

REFERENCIA	IMAGEN	ESTRATEGIA
E- CARD		Teniendo en cuenta la base de datos de empresas inscritas en cámara de comercio, se incluyó esta pieza gráfica en los correos enviados, que buscaba dar a conocer el proyecto en las zonas de influencia y tener un primer contacto con la comunidad.
AFICHE		De distribuyó el afiche entre población residencial y no residencial objeto de estudio buscando dar a conocer el proyecto en las zonas de influencia del mismo.

REFERENCIA	IMAGEN	ESTRATEGIA
VOLANTE		Se entregó a los actores no residenciales, con el fin de recordarles en qué consiste el proyecto y los días que se recogerían las muestras de residuos sólidos a caracterizar.
CARRUSEL DIGITAL		Se publicó en las redes sociales de la alcaldía el resumen del proyecto, para dar a conocer sus actividades específicas.

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

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

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



Adicionalmente, los hábitos de consumo de la población también se ven reflejados en un mayor consumo y una mayor generación de residuos sólidos en determinadas épocas del año.

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

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

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

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

Según datos del Informe de Calidad de Vida de Medellín 2020, a diferencia de lo que se registra a nivel nacional, la clase media ha sido la de más importancia dentro de la distribución social. Medellín es la ciudad que registra la mayor proporción de clase media, es la primera ciudad con mayor población perteneciente a la clase alta (3,6%) y la segunda con menor proporción de población clasificada como pobre (32,9%)

(Informe de Calidad de Vida de Medellín, 2016-2019 Pobreza y equidad), lo puede influir significativamente en la cantidad total de residuos generados.

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

Otro factor importante es la inmigración de personas de otras ciudades debido a la violencia y a la búsqueda de una mejor calidad de vida en la ciudad, lo que genera un aumento en la población, afectando claramente el aumento de los residuos que se generan en Medellín.

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

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

Lo anterior muestra una correlación entre la operación industrial y la generación de residuos, dado que durante este año de decrecimientos en las actividades industriales también se presentó una disminución en la cantidad de residuos generados asociado a este, y otros factores de análisis.



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

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

De acuerdo con cifras preliminares del ministerio de comercio, industria y turismo, los visitantes no residentes en Medellín para el año 2022 aumentaron un 232% respecto a 2020 siendo en términos de ciudades de destino, la segunda ciudad que recibió el mayor número de extranjeros no residentes después de Bogotá.

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

- **Pandemia:** los cambios de los hábitos sociales, el cese de actividades económicas, el confinamiento de la población en sus hogares, varió los hábitos de consumo y los lugares de generación de residuos; la permanencia de las personas en sus residencias, la suspensión de clases en centros educativos públicos y privados y la interrupción de actividades lúdicas y comerciales impactaron la generación de residuos; estos cambios se vieron reflejados en la disminución de residuos por parte del sector productivo; sin embargo, dicha generación se trasladó al ámbito residencial. Con el levantamiento de las medidas de aislamiento, muchos sectores fueron retomando los hábitos de antes de pandemia y con ellos la generación habitual de residuos sólidos.

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

En cuanto a dinámicas de consumo de la población es sabido que los tipos de residuos generados se asocian a los hábitos culturales de consumo y alimentación de los generadores. Según lo anterior, algunas comunidades podrán generar más cantidad de residuos orgánicos cuando consumen productos alimenticios sin procesar. Otras comunidades tienen la tendencia a consumir alimentos procesados, lo que implica que para ese segundo caso específico se reduce la cantidad de

residuos orgánicos, pero se incrementa la generación de plásticos, vidrio, metales y materiales de empaque. Aunque no se sabe con certeza, los comportamientos asociados a la generación de residuos orgánicos pueden estar asociados hacia un cambio de costumbres que se relacionan con una menor preparación de alimentos en los hogares, o incluso el aprovechamiento de éstos en aquellos lugares donde se cuenta con espacio físico o condiciones para la implementación de tecnologías de aprovechamiento de residuos orgánicos.

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

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

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

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

Finalmente, como hecho importante se tiene que en 2020 se presentó una disminución en la generación de residuos sólidos debido a la pandemia Covid 19, debido al cierre de establecimientos comerciales, industriales e instituciones, además de cambio de hábitos en las viviendas; este cambio evidenció una disminución en las cantidades de residuos que se llevaron a disposición final. Durante pandemia se evidenció un incremento en la generación de residuos de tapabocas y guantes; sin embargo, no se presentaron cambios significativos en la composición física porcentual de los residuos que se dispusieron en relleno sanitario.



8 DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO

El diseño metodológico del estudio se fundamenta en el uso de herramientas estadísticas para determinar el tamaño de la muestra de residuos generados por el sector no residencial, lo que generaría una fiabilidad de la información al considerar la población objeto, la muestra y las unidades de análisis y su representatividad. Se realiza una investigación cualitativa, involucrando a los actores de manera voluntaria, y se recolectan las respectivas muestras siguiendo un protocolo del método del cuarteo para garantizar su representatividad. La caracterización de los residuos abarca la determinación de su composición fisicoquímica, densidad y parámetros microbiológicos, proporcionando una visión integral para proponer acciones de manejo sostenible.

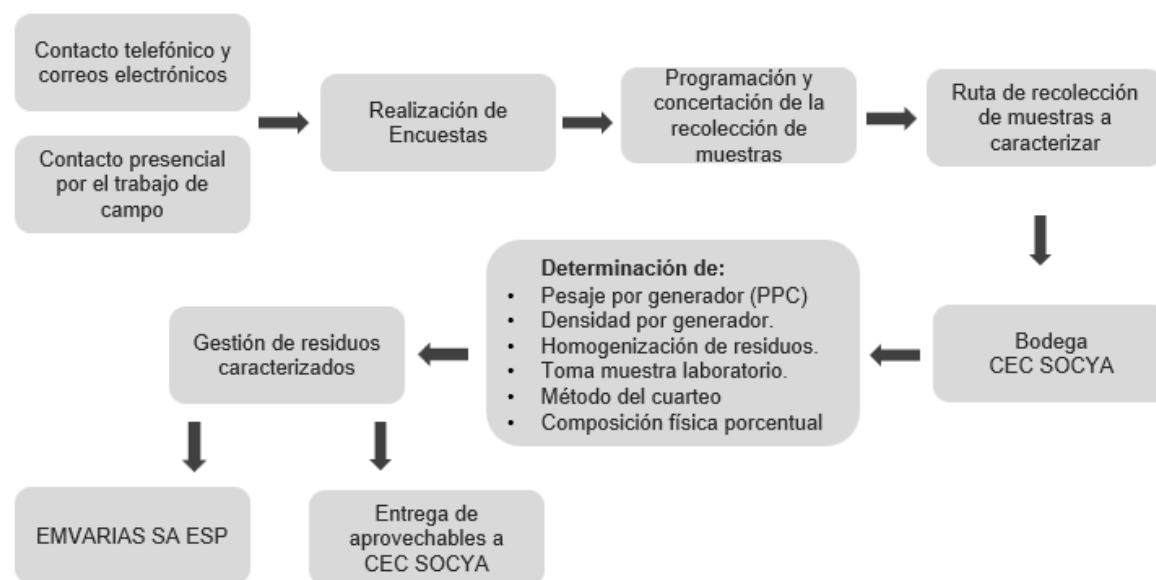
El diseño estadístico para el muestreo se basa en la investigación cualitativa, que busca comprender la experiencia vivida desde el punto de vista de los actores involucrados. Esta perspectiva, apoyada en la teoría de Rosa María Cifuentes Gil, adopta un enfoque empírico analítico y descriptivo, dirigido a conocer objetivamente los hechos de la realidad y sus manifestaciones. Se enfatiza en la medición, la muestra y la representatividad en los proyectos de investigación.

En el contexto de la investigación sobre la caracterización de la composición física y química de los residuos sólidos no residenciales en Medellín y sus corregimientos, el objetivo es más amplio que simplemente identificar las composiciones. Se pretende determinar los componentes de los residuos, su cantidad y los aspectos relacionados con su manejo en cada uno de los sectores no residenciales. Esta aproximación integral permitirá obtener información valiosa para comprender mejor la gestión de los residuos en la ciudad y proponer acciones efectivas para su manejo sostenible.

A continuación, se presenta el diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos.



Ilustración 1. Diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia

8.1 Población y tamaño de muestra objeto del estudio

La población objeto del estudio comprende los establecimientos no residenciales matriculados y renovados en la base de datos de la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, ubicados en el perímetro de Medellín y sus corregimientos.

Para determinar el tamaño de la muestra necesaria, se emplea una ecuación que considera la probabilidad de éxito y fracaso, así como el nivel de confianza y el margen de error aceptable. A continuación, se presenta la ecuación para definir el tamaño de la muestra:

Ecuación 1. Tamaño de muestra

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

n : Tamaño óptimo de la muestra.

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

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

ϵ : Error Muestral

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

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

p : 0.5 q : 0.5 ϵ : 3,7%

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

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,037^2} = 701$$

$$n = 701$$

Se determina que se requieren un mínimo de 701 muestras para asegurar la caracterización de residuos sólidos generados por los suscriptores del sector no residencial. Sin embargo, durante el desarrollo del estudio y con el propósito de garantizar este mínimo, se llevan a cabo un número ligeramente mayor de muestras en algunos subsectores. Esto se realiza con el fin de cubrir posibles deserciones de actores durante la recolección de residuos o de información vital para el estudio por parte de estos. La distribución resultante en los subsectores se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Distribución de la muestra en subsectores

SUBSECTOR	ESTABLECIMIENTOS RECOLECTADOS
COMERCIAL	241

EDUCATIVO	80
HOTELERO	55
RESTAURANTE	43
INDUSTRIAL	172
CENTROS COMERCIALES	15
SALUD	73
OFICIAL	30
PLAZAS DE MERCADO	4
TOTAL	713

Fuente: Elaboración propia

8.2 Vinculación de subsectores no residenciales y diseño de la encuesta:

La participación de los suscriptores no residenciales en el proyecto y su contribución fueron completamente voluntarias. Para establecer contacto con ellas, se emplearon diversos métodos. Inicialmente, se enviaron correos electrónicos y se realizaron llamadas telefónicas a los suscriptores presentes en las bases de datos de la cámara de comercio de Medellín, con el fin de brindar información detallada sobre el proyecto.

Posterior al contacto inicial se envió una encuesta, la cual fue diseñada en una plataforma virtual. Contenía preguntas pertinentes relacionadas con el manejo de residuos en cada subsector, así como preguntas orientadas a aspectos logísticos que serían el insumo para la planificación de rutas y el acceso a las instalaciones. Este enfoque integral permitió recopilar información valiosa para comprender el panorama del manejo de residuos en el Distrito de Medellín y establecer estrategias efectivas para su gestión sostenible.

Además, se llevó a cabo un enfoque más directo mediante visitas en campo. El personal del proyecto se desplazaba a áreas previamente planificadas, donde se realizaban las actividades de vinculación de las empresas participantes del proyecto. Durante estas visitas, se presentaba el proyecto a los subsectores y se llevaba a cabo la encuesta. Asimismo, se concertaban fechas para la recolección de residuos o la caracterización in situ, según las necesidades específicas de cada uno de ellos.

Fotografía 1 Registro fotográfico de trabajo en campo



Fuente: Elaboración propia

8.3 Asignación de código único de identificación a cada actor:

Cada actor participante recibía un código único, compuesto por dos partes. La primera parte consistía en una sigla de tres letras correspondiente al subsector al que pertenecía como se muestra en la siguiente tabla. La segunda parte era un número de tres cifras que comenzaba desde el 000, Con el objetivo de generar una trazabilidad en la información para cada actor.

Tabla 7. Codificación de subsectores.

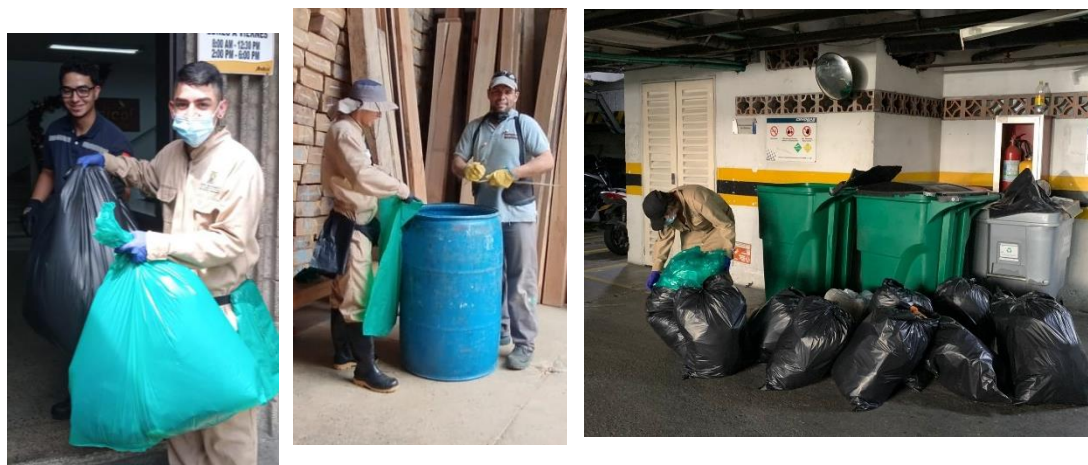
SUBSECTOR	PRIMERA PARTE DEL CODIGO
COMERCIAL	COM
EDUCATIVO	EDU
HOTELERO	HOT
RESTAURANTE	RES
INDUSTRIAL	IND
CENTROS COMERCIALES	CCO
SALUD	SAL
OFICIAL	OFI
PLAZAS DE MERCADO	PME

Fuente: Elaboración propia

8.4 Recolección de muestras:

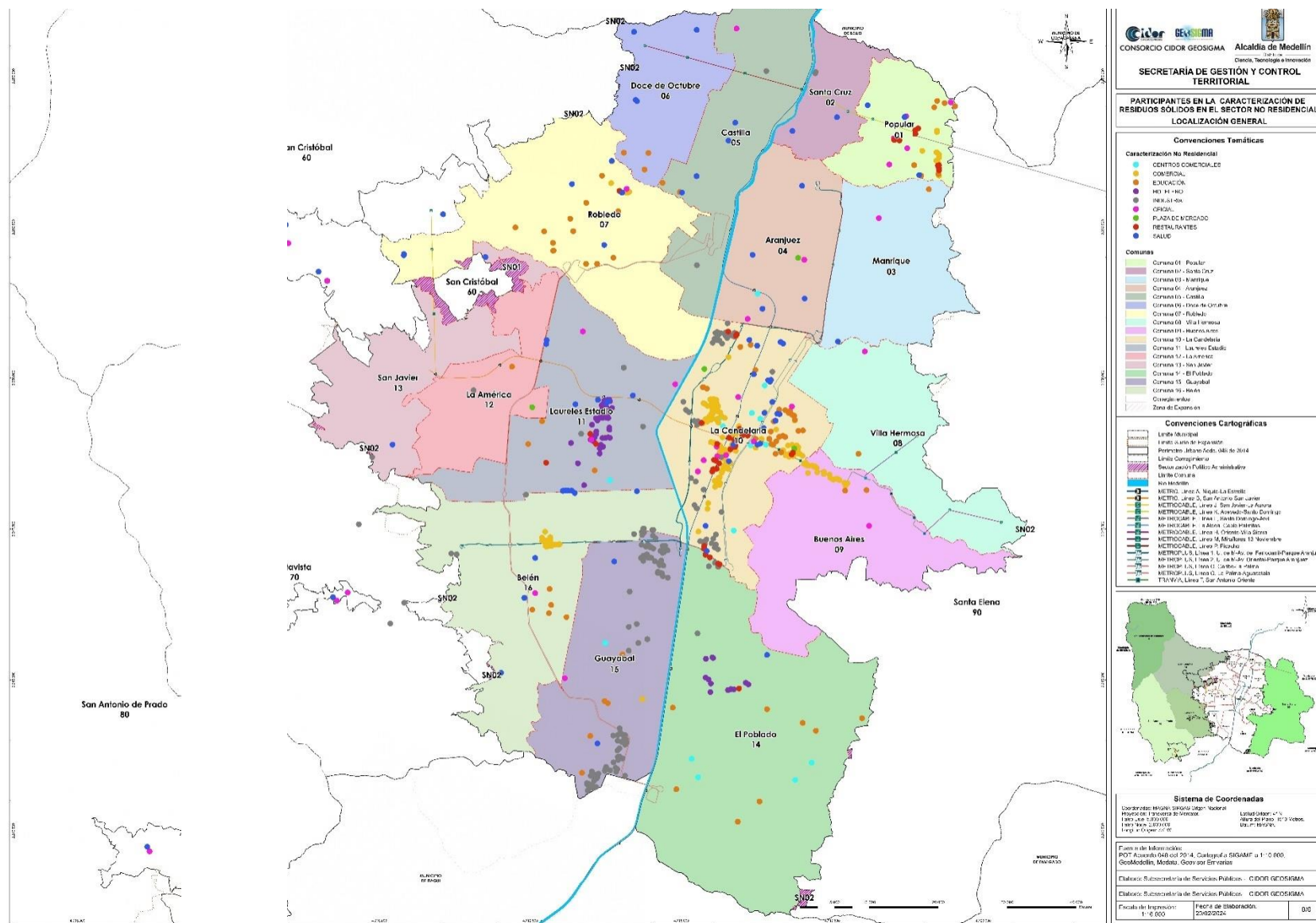
Para proceder a la recolección de las muestras, previamente se notificaban a los actores el día y hora aproximada, de acuerdo a la disponibilidad logística de los actores. En casos donde los actores no contaban con espacio para realizar la caracterización in situ, o por cuestiones logísticas u organizacionales no era posible hacerla en el lugar, las muestras se trasladaban a la bodega designada para la caracterización. Durante la recolección, el personal utilizaba los elementos de protección personal pertinentes y adicionales requeridos por cada actor. Se solicitaban certificados de aprovechamiento en caso de que la organización realizara alguna actividad de este tipo. Además, cada bolsa de residuos se rotulaba con el nombre del participante, el código asignado y los días de generación de los residuos.

Fotografía 1. Registro fotográfico de la recolección de muestras.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2. Mapa de actores caracterizados.



Fuente: Elaboración propia

8.5 Procedimiento para el cálculo de la densidad

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

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

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

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

Ecuación 2. Densidad.

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

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



Ecuación 3. Composición porcentual.

Porcentaje en peso de cada componente de la muestra (%)

$$= \frac{W_i \text{ (Kg)}}{\text{Peso total (Kg)}} * 100$$

Donde

W_i = peso de cada componente de los residuos sólidos

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

Los datos obtenidos se registran en el formato diseñado para la determinación de la densidad de los residuos sólidos del sector no residencial, el cual se muestra a continuación:

Tabla 8. Formato para determinación de densidad libre de residuos sólidos

FORMATO DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SECTOR NO RESIDENCIAL					
Fecha	Subsector	Peso muestra (Kg)	Vol (m³)	Densidad (Kg/m³)	Responsable

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el registro fotográfico para el cálculo de la densidad.

Fotografía 2. Registro fotográfico del cálculo de la densidad



Fuente: Elaboración propia

8.6 Procedimiento para realizar el método del cuarteo

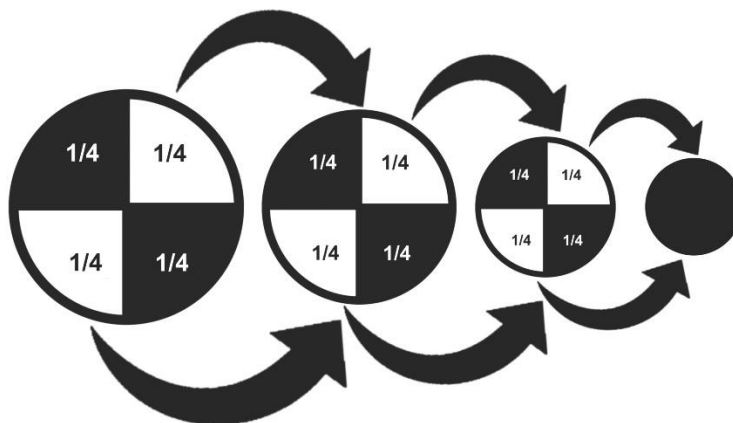
Se opta por el método del cuarteo debido a su eficacia para obtener muestras representativas de grandes volúmenes de residuos generados por los suscriptores del sector no residencial. Este método se selecciona como una estrategia para garantizar la homogeneidad de las muestras y maximizar la representatividad de los resultados obtenidos.

Inicialmente, las muestras se esparcieron sobre un plástico colocado en una mesa de trabajo, con el propósito de evitar la contaminación con impurezas presentes en el suelo y proporcionar un ambiente de trabajo más cómodo para el equipo técnico encargado de la actividad de cuarteo y posterior caracterización. Luego, se mezclaron las muestras sobre el plástico y se homogeneizaron los residuos para asegurar una distribución uniforme. Posteriormente, se aplicó el método del cuarteo, dividiendo las muestras en cuatro partes iguales. Se seleccionaron los dos cuartos opuestos o en diagonal como muestra definitiva, mientras que los residuos sobrantes fueron

descartados. Estas muestras se mezclaron nuevamente y se dividieron en cuatro partes iguales, repitiendo el proceso de selección de los dos cuartos opuestos. Con la proporción final obtenida del cuarteo, se procedió a realizar la caracterización.

En relación con la normativa colombiana, se puede mencionar que el porcentaje de cuarteo utilizado debe ser validado de acuerdo con las cifras recomendadas por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (RAS). Este régimen establece pautas para la gestión integral de los residuos sólidos en Colombia, incluyendo la caracterización de los mismos y recomienda el uso de métodos como el cuarteo para muestras de gran volumen, siempre y cuando se garantice la representatividad de la muestra final.

Ilustración 3. Método del cuarteo



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se registran las actividades realizadas en el sitio designado para la caracterización, desde la descarga de las muestras hasta el pesaje de las bolsas para el cálculo de la Producción Per Cápita y el cuarteo para extraer la muestra objeto de análisis en el laboratorio.

Fotografía 3. Registro fotográfico del método del cuarteo.



Fuente: Elaboración propia

8.7 Estimación de la composición física porcentual

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

Se procedió a la separación por tipología de residuo. Si bien el (RAS) sugiere un mínimo en los componentes a clasificar, el estudio buscó ser más detallado. Se buscó generar una clasificación similar a la usada en el mercado de los residuos aprovechables, con el fin de poder evaluar las viabilidades de aprovechamiento de ciertos materiales. Cada tipo de residuo se colocó en bolsas separadas, se pesó en una balanza y se registró su peso en el formato para la determinación de la composición física porcentual de los residuos sólidos del sector no residencial (ver Tabla 9). Con estos datos, se procedió a diligenciar una planilla de composición física de valores en peso para cada tipo de residuo. Posteriormente, se calculó el porcentaje de cada componente dividiendo el peso de cada tipo de residuo entre la suma total del peso de todas las muestras y multiplicando el resultado por 100.

Es importante destacar que el material aprovechable obtenido durante este proceso se entregaba al Centro de Economía Circular (CEC) de la Fundación Socya para su aprovechamiento y reincorporación a la cadena productiva, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. Además, para la caracterización, el personal responsable del proceso utilizaba el total de elementos de protección personal, que constaban de overol, botas de platina e impermeables largas, cubrebocas, gafas de seguridad, guantes de vinilo o látex y guantes de carnaza. Además, para las personas con cabello largo, se requería recogerlo para evitar cualquier posible contacto directo con los residuos a caracterizar.

Tabla 9. Planilla de consolidación de los valores en peso encontrados para cada una de las tipologías de residuos a evaluar

FORMATO DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA PORCENTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR NO RESIDENCIAL			
FECHA CARACTERIZACIÓN			PESO TOTAL (Kg)
ESTRATO SOCIO ECONÓMICO			PESO MUESTRA (Kg)
RESPONSABLE			
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES			
PAPEL		PESO (Kg)	CARTÓN
Archivo			Corrugado
Kraft			Plegadizo
Periódico			Tubos de cartón
Revista			CAJAS DE HUEVOS
PLÁSTICOS		PESO (Kg)	PLÁSTICOS
PET (1) Transparente			PP (5) Flexible
PET (1) Verde			PP (5) Rígido
PET (1) Ámbar			PS (6)
PET (1) Aceite			PS (6) Expandido (Icopor)
PEAD (2) Flexible			Otros (7)
PEAD (2) Rígido			Plásticos aluminizados
PVC (3)			ABS
PEBD (4) Flexible			Policarbonato
PEBD (4) Rígido			
VIDRIO		PESO (Kg)	VIDRIO
Blanco			Café - Ámbar
Verde			Plano

METALES		PESO (Kg)		CUERO		PESO (Kg)
Chatarra				Cuero		
Aluminio				CAUCHO		PESO (Kg)
Hierro gris				Caucho		
Latón				TETRAPACK		PESO (Kg)
Cobre (Amarillo)				Tetrapack		
Cobre (Rojo)				TEXTILES		PESO (Kg)
Latas de aluminio (karla)				Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados		
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES						
MATERIA ORGÁNICA						PESO (Kg)
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras						
Follaje y residuos de zonas verdes						
MADERA						PESO (Kg)
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)						
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tableros aglomerados, enchapes, entre otras)						
RESIDUOS NO APROVECHABLES						PESO (Kg)
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.						
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax.						
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio						
Calzado						
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomi, oasis, ceniza, parafina						
OTROS RESIDUOS						
RESIDUOS ESPECIALES						PESO (Kg)
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)						
Muebles y enseres						
PELIGROSOS						PESO (Kg)
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)						
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)						
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)						

Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	
Filtros contaminados con aceites lubricantes	
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos.	
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	
Fibra de vidrio	
RESIDUOS POSCONSUMO	PESO (Kg)
Llantas usadas	
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	
Fármacos o medicamentos vencidos	
Pilas y/o acumuladores	
Baterías usadas plomo ácido	
Bombillas	
Plaguicidas y envases	

Fuente: Elaboración propia

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

Ecuación 4. Composición porcentual.

Porcentaje en peso de cada componente de la muestra (%)

$$= \frac{W_i \text{ (Kg)}}{\text{Peso total (Kg)}} * 100$$

Donde

W_i = peso de cada componente de los residuos sólidos

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

Fotografía 4. Registro fotográfico de caracterización de residuos.



Fuente: Elaboración propia

8.8 Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Para el sector no residencial, se procedió a tomar un total de 22 muestras de laboratorio, distribuidas de la siguiente manera según el subsector:

- **Oficial:** 1 muestra
- **Industrial:** 4 muestras
- **Salud:** 3 muestras
- **Plazas de Mercado:** 2 muestras
- **Comercial:** 4 muestras
- **Restaurantes:** 1 muestra
- **Centros Comerciales:** 2 muestras
- **Educativo:** 3 muestras
- **Hotelero:** 2 muestras

Durante el método del cuarteo se realizó una mezcla para garantizar la uniformidad de la muestra. Cada una de estas tuvo un peso de 2 kg y fue transportada al laboratorio el mismo día de su recolección. Para preservar sus propiedades fisicoquímicas, se almacenaron y transportaron en una nevera con hielo.

Estas muestras de laboratorio fueron destinadas para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el propósito de conocer las propiedades de los residuos para sus posibles usos. De acuerdo con lo anterior, se analizaron y compararon los resultados con base a la norma NTC 5167 y los parámetros designados en la RAS.

En el Título F del RAS se recomienda que los residuos orgánicos estabilizados con posibilidades de uso en la categoría A, deben provenir de procesos de separación en la fuente, con la finalidad de minimizar los riesgos de contaminación por metales pesados y microorganismos patógenos. Por lo anterior, para el aprovechamiento de la fracción orgánica, se recomienda su separación en la fuente y la implementación de procesos de estabilización de la materia orgánica. A continuación, se presentan los parámetros físicos y químicos realizados a las muestras de residuos sólidos objeto de estudio por parte del presente proyecto:

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

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

Análisis fitotóxicos: Pruebas de germinación y actividad respirométrica.

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

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

A continuación, se presenta una breve explicación de los parámetros más importantes y su significado, lo que servirá de insumo para proponer los posibles

aprovechamientos principalmente de los residuos orgánicos, teniendo como base comparativa la NTC 5167.

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

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

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

Contenido de Humedad (%): Esta variable se utiliza para el control de calidad del producto debido a que cuando hay contenidos apreciables de humedad se reactiva la colonización microbial, cuya actividad provoca cambios considerables en el contenido de micro y macronutrientes en las muestras. El principio del método es la gravimetría. La humedad en las muestras de residuos que pasarán por un proceso biooxidativo para degradar la materia orgánica, permite el transporte de enzimas bacterianas para la formación de los abonos. Cuando los porcentajes de humedad son pequeños, el proceso fermentativo es lento, y cuando es alto se asocia a la putrefacción o procesos de degradación. La NTC 5167 presenta el porcentaje de humedad requerido dependiendo del tipo de material de origen a utilizarse para realizar abonos orgánicos; para residuos de origen animal, el máximo es 20% y para residuos vegetales el máximo es 35%.

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

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

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

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

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

Para una buena fertilidad del suelo debe haber una alta CIC que pueda retener cationes procedentes de la mineralización, meteorización o fertilización, y así evitar su pérdida por lixiviación. En un suelo productivo, por lo general el orden de iones intercambiables según la abundancia es el siguiente: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ \sim \text{NH}_4^+ \sim \text{Na}^+$.

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

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

En términos generales, se considera que una relación C/N óptima que debe tener el material “fresco o crudo” que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, es de 30 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir, $\text{C/N} = 30/1$.



Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptima (PNUD, FAO, & Gobierno Chile, 2011).

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

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

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

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

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

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

En la Tabla 10 se presentan las convenciones usadas para referirse a la técnica empleada, parámetro analizado y unidad de medida utilizada para la realización de los ensayos de laboratorio de caracterización fisicoquímica de las muestras objeto de estudio.

Tabla 10. Convenciones usadas en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetros	CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, C/N: carbono/nitrógeno, u.f.c / g: Unidades formadoras de colonia /gramo
Unidades	g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimenes, cm: centímetros, cm ³ : centímetro cúbico, ppm: partes por millón, P/V: Peso/Volumen y V/V: Volumen/Volumen.
Técnicas	A.A. Absorción Atómica, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte N°42, Versión 2.0, 1992.
Otras	Mta: muestra, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Official Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization.
Bs	Los cálculos se realizan en base seca.

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos para productos agrícolas obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos separados en la fuente

Parámetro	Título F del RAS 2018 Tabla F5.6 Categoría A	NTC 5167
Cenizas (%)	< 60%	Máximo 60%
Capacidad de Intercambio Catiónico CIC (meq/100g)	> 30,0	Mínimo 30 (meq/100g)
Carbono orgánico oxidable (%)	>15%	Mínimo 15%
Densidad (g/cm ³) en base seca	< 0,6	Mínimo 0,6
P ₂ O ₅ total (%)	Reportar si es mayor al 1%	Reportar si es mayor al 1%
K ₂ O total (%)	Reportar si es mayor al 1%	Reportar si es mayor al 1%
Humedad (%)	≤20%	Para materiales de origen vegetal máximo 30%. Para mezclas el contenido deberá ponderarse en proporción a la mezcla
N Total (%)	Reportar si es mayor al 1%	Reportar si es mayor al 1%
pH	4 < pH < 9	Mayor de 4 y menor de 9
Relación C/N	20:1 - 30:1	Reportar
CRA	>100,0%	Mínimo su propio peso

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

Tabla 12. Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos según normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos

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

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

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

Tabla 13. Porcentajes para macro contaminantes en muestras según NTC 5167

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

Fuente: NTC 5167 De 2011 y RAS Título F

9 RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y DENSIDAD PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL EN LOS CINCO CORREGIMIENTOS Y MEDELLÍN.

En este apartado, se presentan los resultados derivados de las caracterizaciones realizadas sobre los residuos sólidos en el sector no residencial de Medellín y sus cinco corregimientos. Se analiza el indicador de producción per cápita (PPC), el cual relaciona la cantidad de residuos caracterizados con el número de personas generadoras en los distintos subsectores, considerando tanto los colaboradores fijos como la población flotante, así como el tiempo de generación de los residuos. También se calcula la densidad de los residuos como la relación del peso de los mismos en función del volumen que ocupan, además de lo cual se realiza una proyección de la PPC para los próximos 10 años, utilizando técnicas de regresión lineal y considerando las tendencias históricas observadas. Este análisis permitirá entender la evolución de la generación de residuos sólidos en la ciudad y tomar decisiones informadas para la gestión integral de los mismos.

Ecuación 5. Producción Per Cápita de los residuos sólidos.

$$\text{Producción per cápita de los R.S.: } \frac{(\text{Peso de la muestra}) \text{ en kg}}{\text{Número de personas} \times \text{día.}}$$

9.1 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector educativo

En la muestra del subsector educativo de Medellín se incluyeron instituciones de educación primaria, secundaria y universitaria. Se seleccionaron 80 instituciones para este estudio, reconociendo su importante papel en la generación de residuos. Es importante destacar que los estudiantes, quienes constituyen la mayoría de la población en estas instituciones, son considerados los principales productores de residuos. No obstante, el estudio también contempla la contribución de la población administrativa, docente y de servicios generales, ya que su participación es significativa en la producción de residuos per cápita.

La tabla adjunta proporciona una visión detallada de la producción per cápita y la densidad de residuos de cada institución educativa involucrada en el estudio. Estos datos reflejan los patrones de generación de residuos y sirven como punto de partida para estrategias dirigidas a la reducción, manejo eficiente y sostenible de los mismos.

*Tabla 14. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector educativo.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
EDU001	58,00	3,20	0,05	0,06	70,00
EDU002	445,00	9,15	0,08	0,02	121,20
EDU003	267,00	5,35	0,04	0,02	140,70
EDU004	110,00	2,73	0,06	0,02	46,00
EDU005	458,00	9,25	0,17	0,02	54,00
EDU006	646,00	2,83	0,13	0,01	21,00
EDU007	90,00	2,10	0,07	0,02	30,00
EDU008	1038,00	5,10	0,10	0,00	51,40
EDU009	50,00	4,20	0,12	0,08	34,00
EDU010	80,00	12,05	0,36	0,27	33,40
EDU011	80,00	3,20	0,06	0,04	53,75
EDU012	220,00	12,10	0,07	0,08	185,00
EDU013	10,00	6,75	0,07	0,68	96,00
EDU014	12635,00	46,95	2,93	0,00	16,00
EDU015	1555,00	15,23	0,20	0,01	77,60
EDU016	170,00	2,35	0,05	0,01	45,50
EDU017	11042,00	34,85	1,16	0,00	30,00
EDU018	59,00	7,45	0,16	0,13	46,00
EDU019	40,00	5,45	0,07	0,14	82,63
EDU020	35,00	3,65	0,07	0,10	56,00
EDU021	106,00	6,30	0,29	0,06	21,80
EDU022	142,00	10,50	0,21	0,07	49,75
EDU023	60,00	13,10	0,51	0,22	25,50
EDU024	380,00	4,50	0,06	0,01	75,00
EDU025	1350,00	8,05	0,27	0,01	30,00
EDU026	172,00	10,95	0,30	0,06	36,00
EDU166	4,00	0,04	0,00	0,01	15,00
EDU167	83,00	6,83	0,09	0,08	76,00
EDU194	21,00	1,92	0,05	0,09	38,30
EDU205	138,00	8,85	0,18	0,06	50,00
EDU207	29,00	5,23	0,09	0,18	61,00
EDU210	300,00	10,65	0,24	0,04	43,75
EDU219	35,00	3,20	0,16	0,09	20,00
EDU236	96,00	10,85	0,23	0,11	47,50
EDU338	35,00	11,10	0,12	0,32	90,00
EDU347	137,00	7,40	0,28	0,05	26,00
EDU353	500,00	43,00	0,36	0,09	121,00
EDU355	68,00	16,25	0,44	0,32	37,00

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
EDU357	49,00	7,00	0,15	0,14	46,00
EDU358	14,00	6,80	0,19	0,49	36,25
EDU359	65,00	14,65	0,11	0,23	135,00
EDU360	220,00	7,60	0,15	0,03	50,00
EDU361	34,00	3,85	0,10	0,11	40,00
EDU366	172,00	4,05	0,04	0,04	105,00
EDU367	200,00	3,06	0,03	0,02	91,00
EDU370	224,00	6,95	0,11	0,03	61,25
EDU371	35,00	5,25	0,11	0,15	48,75
EDU374	90,00	8,78	0,21	0,10	42,50
EDU377	35,00	4,80	0,18	0,14	26,67
EDU380	25,00	3,70	0,11	0,15	34,00
EDU381	107,00	4,33	0,18	0,04	24,50
EDU382	90,00	12,00	0,29	0,13	42,00
EDU383	400,00	10,80	0,30	0,03	36,60
EDU384	84,00	20,05	0,08	0,24	242,00
EDU385	541,00	9,20	0,23	0,02	40,00
EDU386	78,00	5,30	0,16	0,07	34,00
EDU387	41,00	13,15	0,26	0,32	51,00
EDU389	151,00	17,60	0,45	0,12	38,75
EDU392	101,00	11,40	0,13	0,11	86,00
EDU393	48,00	5,90	0,16	0,12	37,60
EDU394	90,00	15,30	0,55	0,17	28,00
EDU397	4504,00	31,30	1,04	0,01	30,00
EDU398	9270,00	38,90	1,77	0,00	22,00
EDU399	90,00	12,20	0,14	0,16	88,00
EDU402	59,00	5,65	0,09	0,10	65,00
EDU403	43,00	3,90	0,09	0,16	44,00
EDU408	50,00	8,08	0,19	0,27	42,00
EDU414	76,00	29,30	0,30	0,39	97,50
EDU417	46,00	5,95	0,27	0,13	22,00
EDU418	46,00	5,70	0,26	0,12	22,00
EDU420	32,00	18,22	0,37	0,57	48,75
EDU422	190,00	5,51	0,13	0,05	43,00
EDU423	205,00	6,23	0,16	0,03	38,75
EDU429	10891,00	32,25	0,27	0,00	121,00
EDU437	250,00	5,60	0,09	0,02	63,00
EDU439	380,00	10,30	0,15	0,03	70,00
EDU442	20493,00	15,90	0,35	0,00	45,00
EDU458	239,00	6,18	0,08	0,03	78,00
EDU460	410,00	7,58	0,10	0,02	76,00
EDU703	70,00	11,45	0,17	0,16	69,00

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla permite realizar un análisis estadístico para el subsector de instituciones educativas ofreciendo una perspectiva cuantitativa de la generación de residuos y su densidad.

Tabla 15. Resultados promedios y desviación estándar del subsector educativo.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	57,695	38,234
Volumen Diario (m ³)	0,252	0,397
Generación Diaria (Kg/día)	10,429	9,345
PPC (Kg/ Persona*día)	0,111	0,128

Fuente: Elaboración propia.

La desviación estándar, al ser menor que el valor promedio en las variables de la densidad y generación diaria, indica una dispersión moderada de los datos alrededor del promedio. Por ejemplo, en el caso de la densidad de residuos, el promedio es de 57,69 Kg/m³ y la desviación estándar es de 38,234. En este sentido, aunque existe variabilidad, la desviación estándar no excede el valor medio, lo que sugiere que, aunque las instituciones tienen diferencias en sus densidades de residuos, estas no son extremadamente amplias.

Cuando la desviación estándar supera el valor promedio, puede deberse a una mayor heterogeneidad de los datos, como en el caso del volumen diario y la generación diaria de residuos. Estas diferencias pueden ser atribuidas a la variabilidad en los tamaños de las instituciones, las actividades desarrolladas y la población estudiantil y administrativa que compone cada entidad.

El valor de desviación estándar (0,128 Kg/persona*día) es cercano al dato de PPC (0,111 Kg/persona*día), indicando variabilidad moderada de la información, probablemente por homogeneidad de las instituciones educativas de la muestra.

9.1.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector educativo

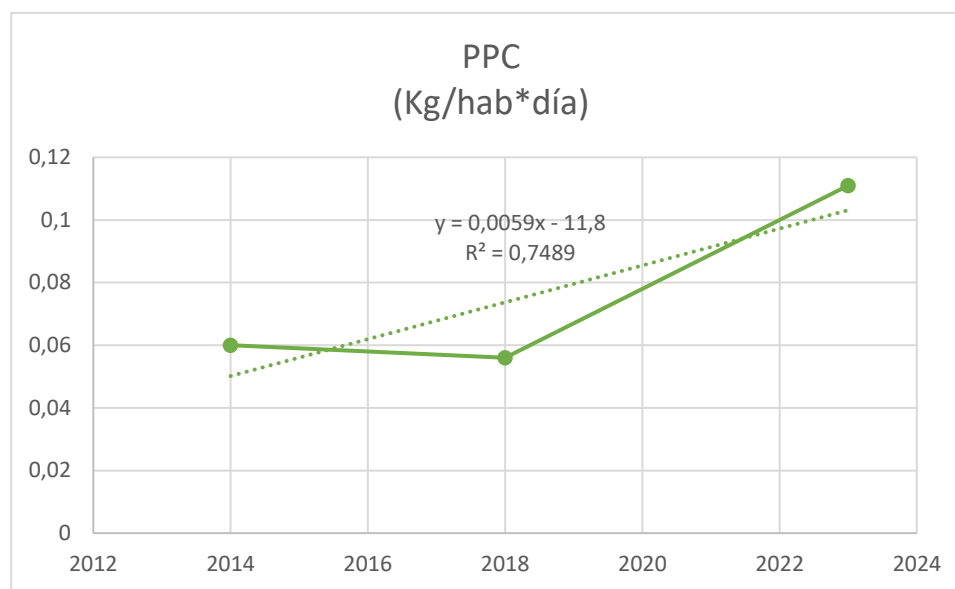
El sector educativo desempeña un papel importante en la generación de residuos sólidos, y comprender la tendencia de producción de residuos en este sector es de importancia para la adecuada gestión de residuos en la ciudad. En este análisis, se utilizará el método de regresión lineal para proyectar el promedio de producción per cápita (PPC) para los próximos 10 años. Este enfoque se basa en el análisis de datos históricos de PPC (2014, 2018 y 2023) y permite estimar los niveles futuros de generación de residuos en este subsector.

Tabla 16. Proyección PPC para el subsector educativo.

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,06
2018	0,056
2023	0,11
2024	0,14
2025	0,15
2026	0,15
2027	0,16
2028	0,17
2029	0,17
2030	0,18
2031	0,18
2032	0,19
2033	0,19
2034	0,20
2035	0,21

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1. Proyección PPC para el subsector educativo



Fuente: Elaboración propia

La ecuación de la recta de regresión obtenida es: " $y = 0.0059x - 11.8$ ", donde (Y) representa la Producción Per Cápita, (X) representa el año correspondiente, "0.0059" es la pendiente de la recta y "-11.8" es la ordenada al origen. Esta ecuación se derivó de la ecuación de la recta de regresión. Al calcular la pendiente y la ordenada al origen utilizando los datos de 2014, 2018 y 2023.

El coeficiente de determinación (R^2) asociado a esta ecuación es 0.7489, lo que indica que aproximadamente el 74.89% de la producción per cápita puede explicarse por la relación lineal entre el año (X) y la PPC (Y).

El análisis de los datos históricos de PPC para el subsector educativo revela una tendencia creciente en la generación de residuos sólidos por habitante en un día. Desde 2014 hasta 2023, los valores de PPC han experimentado un aumento gradual, lo que sugiere un incremento en la generación de residuos en el sector educativo durante este período. Es esencial tener en cuenta esta tendencia al desarrollar estrategias de gestión de residuos para el futuro.

9.2 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector hotelero

El turismo en Medellín y en general en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, como parte de una tendencia de expansión en el sector turístico del país. Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el ingreso del turismo en Colombia aumentó un 78,1% en 2021 comparado con 2020, pasando de 14,4 billones de pesos a 25,7 billones de pesos.

En 2022, el número de turistas creció un 103,3%, pasando de 1.6 millones de personas en 2021 a 3.2 millones de personas en 2022. Esto refleja una recuperación y un impulso importante del sector turístico tras los efectos de la pandemia, adicional El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, en su informe mensual de turismo del mes de abril informa que, en 2022 con cifras preliminares, los visitantes no residentes aumentaron 117,8% respecto a 2021 y aumentaron 237,0% frente a 2020. Adicional se categoriza a Medellín como la segunda ciudad más visitada, tanto por turistas nacionales como internacionales.

Es importante mencionar que estas cifras son un indicador del potencial y la relevancia del turismo en la economía local, y subrayan la importancia de incluir al subsector hotelero en estudios de caracterización de residuos sólidos, dado su papel en la generación de residuos y la necesidad de una gestión ambiental responsable en esta área.

*Tabla 17. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector Hotelero.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
HOT001	19,00	6,10	0,03	0,32	190,00
HOT002	69,00	3,35	0,05	0,05	65,00
HOT003	25,00	3,19	0,07	0,13	44,10
HOT004	25,00	4,55	0,07	0,18	62,25
HOT005	2015,00	16,25	0,34	0,01	48,30
HOT006	55,00	1,10	0,04	0,02	24,88
HOT007	55,00	0,75	0,01	0,01	87,50
HOT008	34,00	0,52	0,02	0,02	24,25
HOT009	2,00	0,65	0,03	0,33	26,00
HOT010	18,00	12,40	0,34	0,69	36,00
HOT011	19,00	10,60	0,17	0,56	61,00

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
HOT012	40,00	9,15	0,03	0,23	272,67
HOT013	65,00	9,05	0,25	0,14	36,75
HOT014	111,00	3,95	0,09	0,04	46,00
HOT015	42,00	6,91	0,31	0,16	22,00
HOT016	17,00	7,60	0,25	0,45	30,20
HOT017	14,00	6,85	0,15	0,49	44,90
HOT018	35,00	5,15	0,13	0,15	39,40
HOT019	33,00	5,27	0,18	0,16	29,50
HOT020	17,00	2,15	0,11	0,13	18,70
HOT021	44,00	8,40	0,10	0,19	86,00
HOT022	54,00	0,52	0,04	0,01	11,75
HOT023	39,00	8,55	0,17	0,22	51,30
HOT024	44,00	10,70	0,33	0,24	32,20
HOT025	25,00	2,10	0,03	0,08	73,00
HOT026	18,00	2,15	0,06	0,12	37,67
HOT027	25,00	5,04	0,18	0,20	28,00
HOT028	100,00	14,90	0,17	0,15	85,75
HOT029	55,00	0,95	0,03	0,02	31,67
HOT030	35,00	1,20	0,03	0,03	37,33
HOT031	12,00	2,38	0,13	0,20	19,00
HOT032	47,00	1,40	0,04	0,03	31,40
HOT033	25,00	0,95	0,02	0,04	57,00
HOT034	25,00	3,60	0,04	0,14	100,00
HOT035	10,00	2,10	0,05	0,21	40,00
HOT036	15,00	3,20	0,25	0,21	12,90
HOT037	122,00	0,65	0,02	0,01	31,25
HOT038	30,00	10,40	0,42	0,35	24,60
HOT039	20,00	17,20	0,21	0,86	81,17
HOT040	26,00	1,35	0,05	0,05	27,00
HOT122	2,00	0,83	0,02	0,42	50,00
HOT124	6,00	5,65	0,08	0,94	72,00
HOT127	89,00	52,50	0,76	0,59	68,75
HOT128	43,00	17,21	0,38	0,40	45,00
HOT154	40,00	37,82	0,55	0,95	69,00
HOT202	8,00	7,05	0,06	0,88	124,00
HOT203	158,00	76,30	1,59	0,48	48,00
HOT204	4,00	2,95	0,07	0,74	44,00
HOT240	4,00	7,50	0,15	1,88	48,75
HOT242	25,00	0,25	0,01	0,01	25,00
HOT316	3,00	2,23	0,03	0,74	74,33
HOT318	6,00	2,15	0,05	0,36	42,00
HOT365	22,00	5,37	0,14	0,24	39,00

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
HOT368	22,00	3,45	0,05	0,16	71,25
HOT462	18,00	3,00	0,09	0,17	33,33

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Hotelero.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m3)	53,8689	42,598
Volumen Diario (m3)	0,1652	0,245
Generación Diaria (Kg/día)	7,9551	12,906
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,3011	0,340

Fuente: Elaboración propia.

La densidad promedio de residuos en los hoteles se establece en 53,86 Kg/m³, con una desviación estándar de 42,59 Kg/m³. Estos números indican que la cantidad de residuos varía significativamente entre diferentes hoteles, reflejando diferencias en la ocupación y otras variables operativas. La producción per cápita (PPC) de residuos en hoteles es de 0,30 Kg/persona*día, con una desviación estándar de 0,34 Kg/persona*día. Estas cifras sugieren que, a pesar de las variaciones en la generación de residuos entre los hoteles, existe una cierta consistencia en la cantidad de residuos generada por persona.

La variabilidad observada en las métricas de generación de residuos subraya la importancia de enfoques personalizados para la gestión de residuos. Es crucial desarrollar estrategias que sean flexibles y adaptables a las características específicas de cada hotel, incluyendo su tamaño y la gama de servicios que ofrece. Estas estrategias pueden incluir la segregación de residuos en la fuente, la promoción del reciclaje y la minimización de la generación de residuos, todas ellas medidas clave para avanzar hacia la sostenibilidad en este subsector.

La diversidad en la oferta de servicios de los hoteles, como la alimentación y bebidas, así como las instalaciones de ocio, juega un papel importante en la generación de residuos. Los hoteles que ofrecen una amplia gama de servicios tienden a generar más residuos debido a la mayor complejidad de sus operaciones y el mayor consumo de recursos. Por ejemplo, los establecimientos que incluyen servicios de restaurante y catering pueden producir más residuos orgánicos y de envases, mientras que aquellos con áreas de ocio como piscinas pueden generar tipos específicos de residuos relacionados con el mantenimiento de estas instalaciones. Esta variedad en los servicios prestados requiere un enfoque detallado y considerado hacia la gestión de residuos, enfatizando la necesidad de prácticas de manejo de residuos que sean tan variadas y adaptativas como los servicios que los hoteles ofrecen.

En el caso del subsector hotelero, es importante destacar que este es el primer año en el que se recopilan datos específicos para este sector. Dado que no se disponen de puntos de referencia histórica anterior, no se puede realizar una ecuación de regresión lineal y, por ende, proyectar la producción per cápita (PPC) para los próximos años. Esto subraya la necesidad de considerar el subsector hotelero en futuros estudios para recopilar datos adicionales y establecer puntos de referencia históricos que permitan realizar análisis y proyecciones más precisas. Es recomendable que se incluya el subsector hotelero en investigaciones posteriores para poder desarrollar modelos de proyección y comprender mejor la generación de residuos sólidos en esta importante actividad económica.

9.3 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector restaurantes

Para el estudio de caracterización de residuos en el sector de restaurantes, se analizaron 43 establecimientos que abarcan desde cafeterías hasta restaurantes de variados tamaños. Este análisis exhaustivo permitió obtener una visión representativa de la gestión de residuos en el sector, esencial para el desarrollo de políticas y prácticas de sostenibilidad adecuadas.

*Tabla 19. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del
subsector Restaurantes.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m³)
RES016	33,00	6,58	0,01	0,20	461,00
RES100	66,00	57,92	0,79	0,88	73,50
RES101	256,00	16,10	0,10	0,06	164,75
RES102	878,00	18,60	0,39	0,02	48,30
RES103	50,00	6,64	0,43	0,13	15,50
RES104	158,00	11,70	0,25	0,07	47,50
RES105	23,00	2,52	0,05	0,11	52,50
RES106	35,00	13,66	0,13	0,39	103,33
RES108	620,00	16,55	0,14	0,03	121,30
RES109	50,00	22,78	0,63	0,46	36,25
RES110	24,00	1,66	0,01	0,07	166,00
RES111	84,00	1,20	0,06	0,01	21,30
RES112	66,00	15,31	0,39	0,23	39,75
RES113	84,00	16,65	0,08	0,20	200,00
RES114	211,00	14,43	0,36	0,07	40,00
RES196	78,00	17,90	0,12	0,23	148,20
RES311	210,00	0,95	0,04	0,00	22,50
RES326	105,00	5,40	0,07	0,05	82,00
RES327	54,00	4,95	0,05	0,09	105,00
RES329	86,00	5,10	0,07	0,06	76,00
RES330	81,00	18,50	0,06	0,23	316,25
RES333	57,00	1,05	0,03	0,02	35,00
RES337	160,00	6,70	0,14	0,04	48,75
RES341	76,00	24,90	0,182	0,33	136,67
RES342	309,00	17,32	0,13	0,06	131,67
RES344	29,00	1,15	0,05	0,04	22,00
RES348	85,00	21,50	0,17	0,25	128,00
RES350	39,00	3,60	0,08	0,09	43,75
RES352	53,00	18,90	0,40	0,36	47,00
RES354	54,00	1,60	0,04	0,03	43,33
RES406	55,00	1,00	0,02	0,02	50,00
RES471	260,00	11,45	0,13	0,04	89,00
RES551	8,00	0,66	0,01	0,08	66,25
RES566	123,00	1,77	0,06	0,01	27,40
RES567	82,00	0,96	0,01	0,01	70,00
RES569	106,00	0,62	0,03	0,01	18,90
RES601	33,00	4,59	0,32	0,14	14,25
RES610	56,00	39,25	0,50	0,70	79,00
RES614	39,00	40,00	1,58	1,03	25,25
RES626	255,00	18,31	0,45	0,07	41,00

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
RES632	43,00	1,00	0,04	0,02	23,50
RES634	64,00	15,12	1,16	0,24	13,00
RES718	106,00	16,80	0,14	0,16	123,75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Promedios y desviación estándar del subsector Restaurantes.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m3)	84,1488	84,540
Volumen Diario (m3)	0,2310	0,321
Generación Diaria (Kg/día)	12,1703	12,165
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,1708	0,226

Fuente: Elaboración propia.

Los datos reflejan una densidad promedio de residuos de 84,14 Kg/m³, con una desviación estándar muy próxima al promedio (84,54 Kg/m³), lo que sugiere una similitud en los valores de densidad de los residuos generados por los establecimientos, posiblemente debido a la uniformidad en los tipos de servicios de alimentación proporcionados. En otras métricas como el volumen diario (0,23 m³) y la generación diaria (12,17 Kg/día), con desviación estándar de 0,32 m³ y 12,16 Kg/día respectivamente, también se observa una relativa homogeneidad de la información, cuyas ligeras diferencias pueden ser asociadas a los tamaños de los establecimientos y la fluctuación en la cantidad de personas atendidas, lo que resulta en variaciones en la generación de residuos.

La estrecha desviación estándar en la densidad de residuos observada entre los 43 restaurantes estudiados sugiere la generación de tipos de residuos semejantes, como en el caso de residuos orgánicos relacionados con la preparación de alimentos.

9.3.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector restaurantes

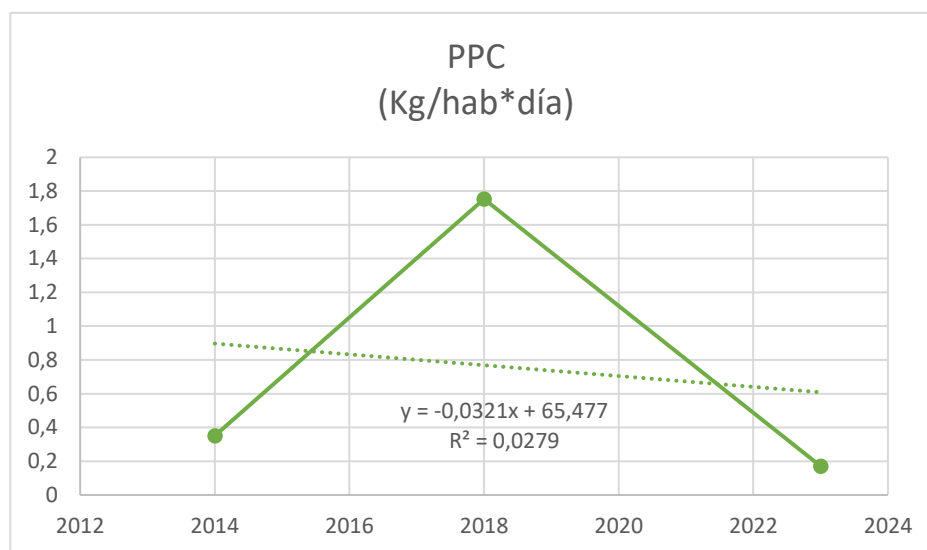
Los Restaurantes juegan un papel significativo en la generación de residuos sólidos en cualquier área urbana. Los datos de producción de residuos en este sector son importantes para el diseño de políticas efectivas de gestión de residuos. En este contexto, se ha utilizado el método de la regresión lineal para proyectar el Promedio de (PPC) en restaurantes para los próximos 10 años. Este método se basa en el análisis de datos históricos de PPC (2014, 2018 y 2023) y permite estimar los niveles futuros de generación de residuos en este sector.

Tabla 21. Proyección PPC para el subsector restaurantes.

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,35
2018	1,753
2023	0,17
2024	0,51
2025	0,47
2026	0,44
2027	0,41
2028	0,38
2029	0,35
2030	0,31
2031	0,28
2032	0,25
2033	0,22
2034	0,19
2035	0,15

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Proyección PPC para el subsector restaurantes.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de los datos históricos de PPC para el subsector de restaurantes revela una tendencia decreciente en la generación de residuos sólidos. Los valores de PPC han mostrado una disminución constante desde 2018 hasta 2023, con fluctuaciones en algunos años. Al aplicar el método de la pendiente de la recta de regresión lineal a estos datos, se obtuvo una ecuación que describe la relación entre el año y la PPC.

La ecuación de la recta de regresión obtenida es $y = -0.0321x + 65.477$, donde (Y) representa la PPC y (X) representa el año.

La proyección de los valores de PPC para los próximos años, utilizando esta ecuación muestra una tendencia descendente continua en la generación de residuos en restaurantes. Esta tendencia, aunque alentadora en términos de reducción de residuos, no debe interpretarse como un indicador absoluto de éxito, ya que no considera los posibles factores externos que podrían influir en la generación de residuos en el futuro. Es importante tener en cuenta que, a pesar de la proyección a la baja, se deben seguir implementando medidas para reducir la generación de residuos en el subsector de restaurantes. Factores como cambios en los hábitos de consumo, fluctuaciones en la demanda de alimentos y modificaciones en las políticas ambientales pueden influir en la producción de residuos de manera imprevista. Por lo tanto, es recomendable continuar trabajando en la implementación de prácticas sostenibles y estrategias de

gestión de residuos para garantizar una reducción constante y significativa de los residuos generados en este sector clave.

9.4 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector centros comerciales

En cuanto a la distribución del tamaño de la muestra, se llevó a cabo la caracterización de 15 centros comerciales de diferentes dimensiones en la ciudad de Medellín. Estos centros comerciales, al ser puntos de diversas actividades de consumo, generan una cantidad significativa de residuos. La población total utilizada como base para calcular la producción per cápita se determinó según lo reportado por los propios centros comerciales en las encuestas y/o durante las visitas de campo realizadas. Es relevante señalar que se seleccionaron los principales centros comerciales de la ciudad, aunque existe cierta variabilidad en cuanto a su tamaño y ubicación.

*Tabla 22. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector Centros Comerciales.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m ³)
CCO002	35000	375,00	3,44	0,01	109,00
CCO003	15500	41,85	1,23	0,00	34,00
CCO004	10000	56,80	1,49	0,01	38,00
CCO005	5000	16,05	0,53	0,00	30,40
CCO006	2285	3,80	0,10	0,00	38,40
CCO008	18025	300,00	3,33	0,02	90,00
CCO009	25366	540,00	10,00	0,02	54,00
CCO010	1420	545,00	10,32	0,38	52,80
CCO011	2702	168,00	4,00	0,06	42,00
CCO012	29900	23,75	0,29	0,00	82,30
CCO013	5211	80,00	2,10	0,02	38,10
CCO014	26454	36,00	1,09	0,00	33,00
CCO015	812	27,80	1,26	0,03	22,00
CCO016	2845	133,80	3,00	0,05	44,60
CCO017	40126	359,12	6,70	0,01	53,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Centros Comerciales.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
-----------	----------	---------------------

Densidad (Kg/m ³)	50,8133	24,462
Volumen Diario (m ³)	3,2594	3,288
Generación Diaria (Kg/día)	180,4647	192,746
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,0410	0,097

Fuente: Elaboración propia.

La densidad promedio de los residuos es de 50.81 Kg/m³ con una desviación estándar de 24.46 Kg/m³ indica que, a pesar de las diferencias en la generación total de residuos, hay una similitud en la composición de los residuos entre los distintos centros. Esto sugiere que, aunque las cantidades varíen, el tipo de residuos producidos es consistentemente similar, probablemente debido a que los centros comerciales comparten tipos comunes de comercios y actividades de consumo.

El volumen diario de residuos y la generación diaria muestran una variabilidad más pronunciada, con desviaciones estándar cercanas a sus respectivos promedios. Estas cifras reflejan las diferencias esperadas en la cantidad de residuos generados, influenciadas por la diversidad en tamaño y población flotante de los centros comerciales. Tal diversidad en las cifras de volumen y generación diaria es un reflejo natural de la gama de centros comerciales, desde pequeños centros locales hasta grandes complejos comerciales.

Finalmente, la producción per cápita (PPC) de residuos, con una desviación estándar que supera el promedio, muestra heterogeneidad de los valores de PPC, que puede estar asociada a la variabilidad del número de personas que generan los residuos incluyendo la población flotante, o a las prácticas implementadas en los centros comerciales respecto de la gestión de los residuos potencialmente aprovechables.

Esta variabilidad en la PPC puede estar influenciada por diversos factores, como la alta población flotante, cambios en las políticas comerciales, fluctuaciones en la actividad económica, y prácticas de gestión de residuos adoptadas por los



centros comerciales. Es importante destacar que la generación de residuos en estos establecimientos puede estar estrechamente relacionada con los niveles de actividad comercial, la cantidad de visitantes y las estrategias de gestión de residuos implementadas.

En este contexto, se recomienda que los centros comerciales implementen medidas adicionales para reducir la generación de residuos, promoviendo el reciclaje, la reducción del embalaje innecesario y prácticas de consumo más sostenibles. Además, es fundamental monitorear de cerca la evolución de la PPC y ajustar las estrategias de gestión de residuos según sea necesario, con el fin de promover un manejo más eficiente y sostenible de los residuos en estos espacios comerciales.

9.4.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector centros comerciales

El análisis del subsector de centros comerciales revela una fluctuación en el índice de Producción Per Cápita (PPC) de residuos sólidos a lo largo del periodo de estudio. Se dispone de datos recopilados de estudios realizados en los años 2014, 2018 y 2023, que proporcionan una visión histórica de la generación de residuos en este sector. Utilizando estos datos, se aplicó el método de regresión lineal para modelar la relación entre el año y la PPC hasta el año 2024.

Sin embargo, tras examinar la tendencia de los datos, se observó una disminución pronunciada en la PPC a partir del año 2024, con valores que indicaban una posible reducción a niveles cercanos a cero o incluso negativos en los años subsiguientes. Dada la improbabilidad de que la PPC alcance valores negativos, se optó por proyectar la PPC manteniendo un valor constante de 0.04 para los próximos 10 años, a partir del año 2024.

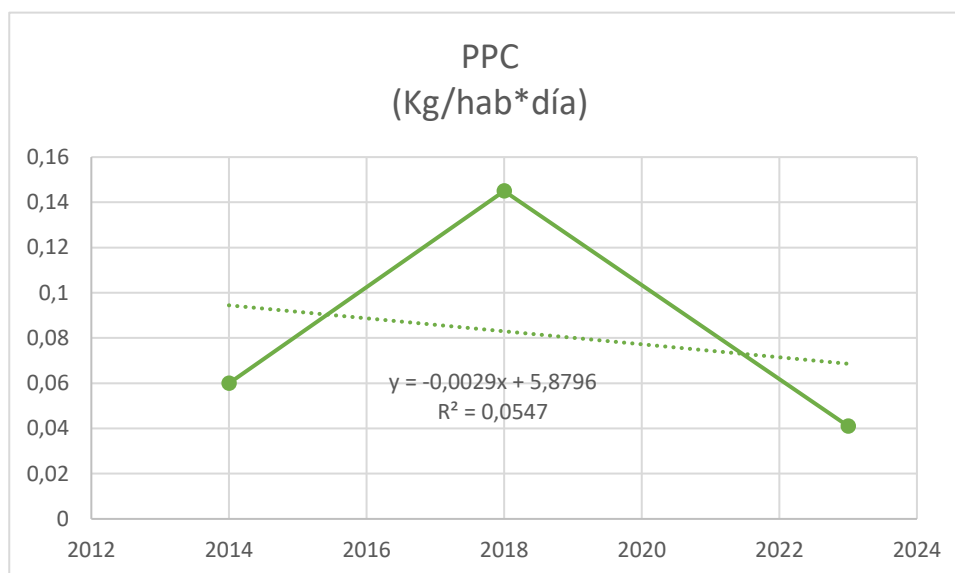
Tabla 24. Proyección PPC para el subsector centros comerciales.

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,06
2018	0,145
2023	0,04
2024	0,04
2025	0,04
2026	0,04
2027	0,04
2028	0,04

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2029	0,04
2030	0,04
2031	0,04
2032	0,04
2033	0,04
2034	0,04
2035	0,04

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3. Proyección PPC para el subsector centros comerciales



Fuente: Elaboración propia

9.5 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector salud

Se llevó a cabo una evaluación detallada en 73 instituciones del sector salud de Medellín, abarcando tanto entidades públicas como privadas. Este estudio se centró en analizar la gestión de residuos de una variedad de establecimientos, incluyendo clínicas con internación, centros de salud sin internación y consultorios odontológicos. El objetivo fue obtener un panorama del manejo de residuos en este sector, esencial para el desarrollo de políticas de gestión ambiental eficientes y sostenibles que respondan a las necesidades específicas de cada tipo de generador.

*Tabla 25. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector Salud.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m ³)
SAL001	1796	33,60	1,41	0,02	23,75
SAL099	130	2,75	0,11	0,02	24,38
SAL100	39218	49,70	2,18	0,00	22,80
SAL101	1066	24,50	0,41	0,02	59,30
SAL102	50	20,60	0,15	0,41	136,80
SAL103	150	4,90	0,05	0,03	92,67
SAL104	7	0,84	0,01	0,12	167,50
SAL105	6	0,29	0,02	0,05	18,60
SAL106	1118	120,00	4,62	0,11	26,00
SAL107	375	6,18	0,12	0,02	51,00
SAL108	1545	67,50	5,92	0,04	11,40
SAL109	362	53,00	2,85	0,15	18,60
SAL110	770	78,70	2,91	0,10	27,00
SAL111	10	0,16	0,01	0,02	32,50
SAL112	2230	3,90	0,03	0,00	116,50
SAL113	1288	3,80	0,05	0,00	79,70
SAL114	314	3,00	0,15	0,01	20,00
SAL115	2117	5,15	0,04	0,00	127,70
SAL116	465	10,90	0,06	0,02	184,50
SAL117	910	18,85	0,29	0,02	64,70
SAL118	1325	56,09	0,74	0,04	75,80
SAL119	79	1,50	0,03	0,02	46,67
SAL120	164	3,72	0,10	0,02	35,60
SAL121	712	15,10	0,22	0,02	69,10
SAL122	162	3,30	0,06	0,02	58,00
SAL124	909	12,40	0,60	0,01	20,50
SAL125	4531	200,00	4,56	0,04	43,90
SAL126	4100	18,95	0,84	0,00	22,50
SAL127	225	2,30	0,05	0,01	44,00
SAL128	18	2,55	0,04	0,14	59,13
SAL129	13	0,75	0,02	0,06	32,50
SAL130	68	1,89	0,04	0,03	48,20
SAL131	34	19,25	0,70	0,57	27,50
SAL132	163	7,50	0,33	0,05	22,80
SAL133	218	2,20	0,04	0,01	55,88
SAL134	183	1,12	0,03	0,01	33,00
SAL135	910	8,15	0,25	0,01	32,00
SAL136	210	2,58	0,07	0,01	37,20
SAL137	111	0,28	0,01	0,00	24,00
SAL138	1015	32,00	0,97	0,03	33,10

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
SAL139	67	1,83	0,03	0,03	73,00
SAL140	34	0,85	0,06	0,03	13,67
SAL141	43	5,15	0,21	0,12	24,50
SAL142	1200	15,80	0,49	0,01	32,40
SAL143	346	1,75	0,13	0,01	13,00
SAL145	67	1,25	0,04	0,02	35,50
SAL146	130	6,90	0,08	0,05	81,30
SAL147	163	3,28	0,09	0,02	34,60
SAL148	89	0,74	0,03	0,01	24,80
SAL149	42	4,90	0,15	0,12	31,88
SAL150	43	6,59	0,27	0,15	24,10
SAL151	64	1,80	0,03	0,03	70,25
SAL152	396	5,20	0,15	0,01	35,10
SAL153	720	22,35	0,56	0,03	40,00
SAL154	618	2,84	0,09	0,00	32,40
SAL155	159	8,50	0,05	0,05	184,50
SAL156	20	1,70	0,01	0,09	117,50
SAL157	1	2,00	0,02	2,00	109,75
SAL158	665	31,25	1,40	0,05	22,38
SAL159	80	5,48	0,19	0,07	28,60
SAL160	20	3,25	0,11	0,16	30,70
SAL161	28	9,75	0,06	0,35	167,50
SAL162	21	2,00	0,10	0,10	21,00
SAL163	170	30,00	0,79	0,18	38,00
SAL164	168	5,23	0,15	0,03	35,60
SAL165	24	3,75	0,07	0,16	55,00
SAL166	650	18,60	0,90	0,03	20,70
SAL167	568	13,80	0,23	0,02	58,80
SAL445	24	1,78	0,05	0,07	36,00
SAL447	406	3,80	0,15	0,01	26,00
SAL449	26	32,80	1,13	1,26	29,00
SAL461	18	0,85	0,05	0,05	18,75
SAL546	16	1,33	0,04	0,08	31,17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Salud.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m3)	51.0163	41.113

Volumen Diario (m ³)	0,5342	1.111
Generación Diaria (Kg/día)	15.8493	30.054
PPC (kg/PERSONA*día)	0.1050	0.281

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos del sector salud, particularmente en la gestión de residuos, muestra una desviación estándar en la densidad de 41,11 Kg/m³ con un promedio de 51,016 Kg/m³. Esta cercanía entre la desviación estándar y el promedio sugiere que, a pesar de la diversidad en los generadores de residuos, hay similitudes considerables en los residuos producidos por distintas entidades de salud. Esto puede indicar prácticas de manejo de residuos relativamente estandarizadas o tipos similares de residuos generados en diferentes establecimientos.

Por otro lado, cuando observamos el volumen diario (0,5342 m³), la generación diaria (15,8493 Kg/día), y la PPC (0,1050 Kg/persona*día) con desviaciones estándar de 1,11 m³; 30,05 Kg/día y 0,28 Kg/persona*día respectivamente, que superan los promedios, esto puede apuntar a una heterogeneidad en los datos. Las diferencias en los tamaños de las entidades, las poblaciones atendidas y los tipos de servicios de salud, que varían desde clínicas con internación de pacientes hasta centros de salud sin internación y consultorios odontológicos, contribuyen a esta variabilidad.

Las clínicas con internación de pacientes, por ejemplo, pueden tener una mayor generación de residuos médicos, mientras que los centros de salud sin internación pueden generar menos residuos de este tipo, pero más residuos comunes. Las prácticas de manejo de residuos en odontologías podrían diferir significativamente de ambas, debido a su enfoque especializado y a menudo menor volumen de pacientes.

Este análisis destaca la importancia de estrategias de gestión de residuos que reconozcan la diversidad en la generación de residuos dentro del sector salud. Las políticas y procedimientos deben ser diseñados para adaptarse a las variadas necesidades y condiciones de cada tipo de establecimiento de salud para lograr una gestión de residuos eficaz y sostenible.

9.5.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector salud

Para el subsector de salud, se ha realizado un análisis de la producción per cápita (PPC) a lo largo de varios años, utilizando datos recopilados en 2014, 2018 y 2023. Estos datos son fundamentales para comprender la generación de residuos sólidos en este sector y para planificar estrategias efectivas de gestión de residuos en el futuro.

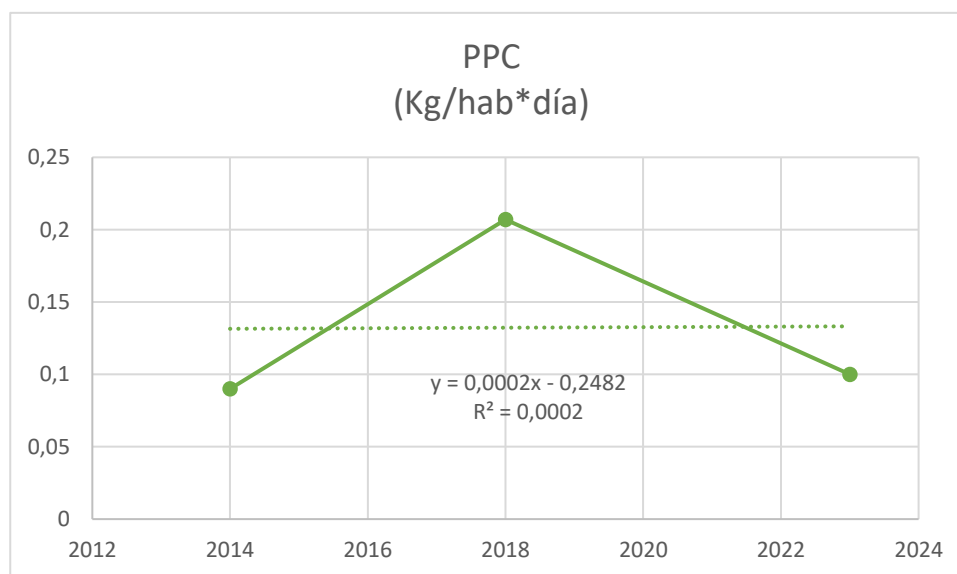
Tabla 27. Proyección PPC para el subsector salud.

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,09
2018	0,207
2023	0,10
2024	0,16
2025	0,16
2026	0,16
2027	0,16
2028	0,16
2029	0,16
2030	0,16
2031	0,16
2032	0,16
2033	0,16
2034	0,16
2035	0,16

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de la recta de regresión obtenida es: " $y = 0,0002x - 0,2482$ ", donde (y) representa la PPC, (x) representa el año correspondiente, "0,0002" es la pendiente de la recta y "-0,2482" es la ordenada al origen.

Gráfica 4. Proyección PPC para el subsector salud



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la regresión lineal arrojan un valor constante de PPC igual a 0,16 Kg/persona*día a lo largo de los años. A pesar de este resultado, es importante continuar trabajando en la reducción de la generación de residuos en el sector de la salud. Aunque la ecuación proporciona una visión general de la tendencia, es fundamental considerar otros factores y seguir implementando medidas para mejorar las prácticas de gestión de residuos y fomentar la sostenibilidad en este sector.

9.6 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector oficial

Se evaluaron 30 entidades oficiales. Estas entidades comprenden una variedad de instituciones con funciones distintas, incluyendo bibliotecas, centros administrativos, centros deportivos, brigadas militares, y estaciones de policía, entre otras. Esta diversidad de actividades introduce una heterogeneidad significativa en los datos relacionados con la generación y gestión de residuos. El objetivo de este análisis es entender las características y los desafíos específicos de la gestión de residuos en este sector diverso para contribuir al desarrollo de políticas de gestión ambiental eficientes y sostenibles.

*Tabla 28. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del
subsector Oficial.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
OFI301	300	6,95	0,15	0,02	45,00
OFI302	500	7,85	0,22	0,02	35,00
OFI303	300	4,10	0,08	0,01	51,25
OFI304	91	1,18	0,02	0,01	73,50
OFI305	300	3,80	0,05	0,01	73,50
OFI306	137	0,33	0,01	0,00	57,00
OFI307	850	1,90	0,07	0,00	28,50
OFI308	950	8,45	0,35	0,01	24,00
OFI310	62	0,60	0,03	0,01	19,67
OFI311	273	5,91	0,16	0,02	37,00
OFI312	18479	84,35	3,09	0,00	27,30
OFI313	300	150,00	4,40	0,50	34,10
OFI314	2436	17,92	1,05	0,01	17,10
OFI315	1854	1,20	0,02	0,00	54,75
OFI316	430	150,00	4,84	0,35	31,00
OFI317	132	25,30	0,51	0,19	50,00
OFI318	700	14,10	0,28	0,02	50,50
OFI319	26	3,30	0,17	0,13	19,00
OFI320	80	4,75	0,11	0,06	45,00
OFI321	25	0,55	0,02	0,02	25,00
OFI322	800	450,00	15,52	0,56	29,00
OFI323	55	13,25	0,15	0,24	90,00
OFI324	833	8,43	0,29	0,01	29,10
OFI325	76	1,87	0,06	0,02	32,33
OFI326	3956	2,47	0,07	0,00	35,40
OFI327	520	198,50	5,04	0,38	39,40
OFI328	800	31,60	0,52	0,04	60,50
OFI329	135	1,33	0,05	0,01	24,60
OFI330	734	53,65	0,48	0,07	112,40
OFI331	45212	25,10	0,78	0,00	32,10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Oficial.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	42,7667	21,966
Volumen Diario (m ³)	1,2860	3,061
Generación Diaria (Kg/día)	42,6239	92,051
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,0916	0,156

Fuente: Elaboración propia.

Los datos reflejan una heterogeneidad en las métricas evaluadas, evidenciando la diversidad de funciones y actividades realizadas por las distintas entidades. La variación en la generación diaria de residuos, con una desviación estándar de 92.05 frente a una media de 42.62 Kg/día, destaca cómo aspectos como el tamaño de la entidad, la población atendida y las actividades específicas influyen notablemente en la cantidad de residuos generados.

En cuanto a la producción per cápita de residuos (PPC), también muestra variabilidad, reflejando cómo los mismos factores que afectan la generación diaria de residuos impactan directamente en este indicador. La PPC, con un promedio de 0.092 Kg/persona*día y una variación correspondiente a 0.156, no necesariamente indica deficiencias en los procesos de manejo de residuos, sino más bien las diferencias en las operaciones y en la naturaleza de las actividades de cada entidad. Estas observaciones sugieren la presencia de distintas prácticas y estrategias de gestión de residuos, adaptadas a las necesidades y características específicas de cada entidad.

Este panorama resalta la necesidad de estrategias de gestión de residuos acordes a cada generador oficial específico, considerando la heterogeneidad detectada en términos de generación, población y composición de residuos asociadas a las respectivas actividades. La implementación de políticas y procedimientos adaptativos es clave para abordar de manera efectiva las necesidades específicas de cada entidad, promoviendo una gestión de residuos

eficiente y sostenible que esté alineada con las variadas funciones y operaciones del subsector oficial.

9.6.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector oficial

En el presente análisis, se examinan los datos de producción per cápita (PPC) de residuos sólidos en el sector oficial a lo largo de un periodo de tiempo que abarca desde el año 2014 hasta 2035. Se dispone de datos recopilados de estudios realizados en los años 2014, 2018 y 2023, que proporcionan una visión histórica de la generación de residuos en este sector. Utilizando estos datos, se aplicó el método de regresión lineal para modelar la relación entre el año y la PPC hasta el año 2024.

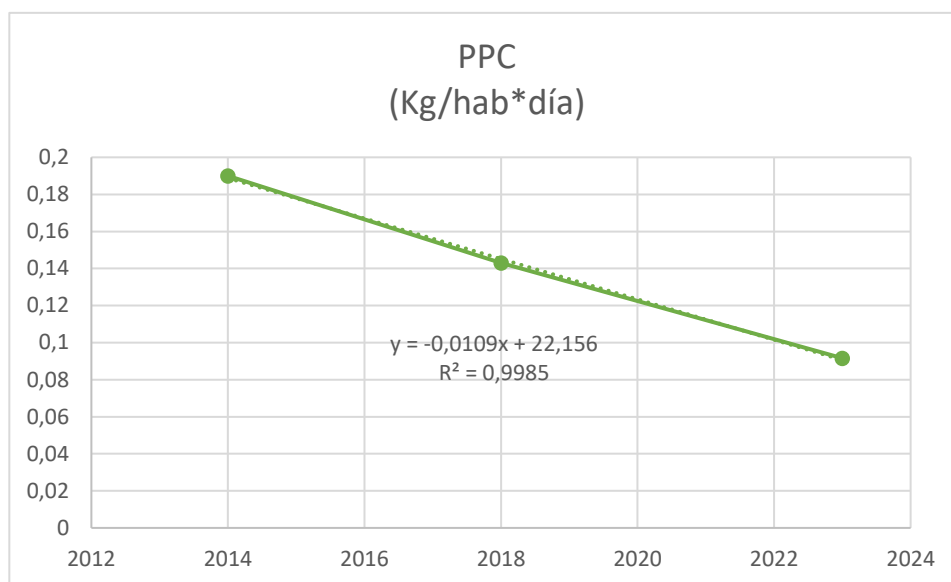
Sin embargo, tras examinar la tendencia de los datos, se observó una disminución pronunciada en la PPC a partir del año 2024, con valores que indicaban una posible reducción a niveles cercanos a cero o incluso negativos en los años subsiguientes. Dada la improbabilidad de que la PPC alcance valores negativos, se optó por proyectar la PPC manteniendo un valor constante de 0.09 para los próximos 10 años, a partir del año 2024.

Tabla 30. Proyección PPC para el subsector oficial

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,19
2018	0,143
2023	0,09
2024	0,09
2025	0,09
2026	0,09
2027	0,09
2028	0,09
2029	0,09
2030	0,09
2031	0,09
2032	0,09
2033	0,09
2034	0,09
2035	0,09

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5. Proyección PPC para el subsector oficial.



Fuente: Elaboración propia

Después de analizar y mantener constante la Producción Per Cápita (PPC) histórica en el sector oficial, es importante señalar que esta estabilidad no garantiza que la PPC no vaya a cambiar en los años futuros. Este sector abarca una amplia variedad de actividades, que van desde actividades administrativas hasta deportivas y bibliotecarias, lo que sugiere una gran posibilidad de variabilidad en la PPC entre diferentes tipos de actividades.

Es fundamental reconocer que existen múltiples factores que pueden influir en la generación de residuos en el sector oficial en el futuro. Cambios en las políticas gubernamentales, avances tecnológicos, cambios en los patrones de consumo y otros factores externos pueden tener un impacto significativo en la cantidad de residuos generados en este sector. Además, la implementación de nuevas prácticas de gestión de residuos, como la separación en la fuente y el aprovechamiento de materiales reciclables y orgánicos, también puede afectar la PPC en el sector oficial.

Por lo tanto, se recomienda continuar trabajando y fortalecer la separación en la fuente como una estrategia clave para el aprovechamiento de los residuos en el sector oficial. Además, es importante mantener una tendencia hacia la disminución en la PPC, lo que puede lograrse mediante la promoción de prácticas más sostenibles de gestión de residuos y la sensibilización sobre la

importancia de reducir la generación de residuos en todas las actividades del sector oficial.

9.7 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector Plazas de mercado

En el análisis de la gestión de residuos en la ciudad, se ha puesto especial atención en el sector de las plazas de mercado, centrándose en las 4 principales plazas. Estas plazas de mercado son actores clave en la generación de residuos urbanos, destacándose por la venta de alimentos frescos, productos manufacturados y una variedad de otros bienes, además de atraer grandes flujos de personas diariamente. La elección de estas plazas para el estudio subraya su relevancia y el considerable impacto que tienen en la producción de residuos en la ciudad, convirtiéndolas en puntos claves para evaluar y tener presente para posibles actividades y/o proyectos de gestión de residuos.

*Tabla 31. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector Plazas de mercado.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m ³)
PME587	10165	24000,00	3,29	2,36	264,38
PME604	450	262,33	1,00	0,58	262,33
PME605	3600	217,32	1,00	0,06	217,32
PME616	1305	671,30	2,29	0,51	293,14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Resultados promedios y desviación estándar del subsector Plazas de mercado.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	259,2924	31,321
Volumen Diario (m ³)	1,8950	1,111
Generación Diaria (Kg/día)	6.287,73	11.809,94
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,8797	1,014

Fuente: Elaboración propia.

Una particularidad del análisis fue la diferencia en la generación de residuos, dominada por una plaza específica que reporta una generación diaria de 24

toneladas diarias debido a sus voluminosas actividades comerciales y el elevado flujo de personas. Este dato significativo introduce una desviación estándar que supera el promedio tanto en la generación diaria de residuos como en la producción per cápita (PPC), que se sitúa en 0.8797 Kg/persona*día con una desviación estándar de 1.014. Esta situación evidencia la influencia de una sola plaza en la variabilidad general de los datos, ilustrando cómo las prácticas y el volumen de actividad en un solo sitio pueden afectar las métricas de toda una categoría con pocos actores.

Sin embargo, la densidad promedio de los residuos, calculada en 259.29 Kg/m³, con una desviación estándar de 31.321 que no refleja una mayor variación, sugiere una composición de residuos uniforme entre las plazas, predominando el material orgánico. Esta uniformidad en la densidad, a pesar de la variabilidad en la generación y PPC, destaca una oportunidad para el sector de plazas de mercado de enfocarse en el tratamiento del material orgánico.

9.7.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector plazas de mercado

Las plazas de mercado son puntos vitales donde se concentra la compra y venta de alimentos y productos diversos, lo que las convierte en una fuente importante de residuos. En este contexto, se ha utilizado el método de regresión lineal para proyectar la evolución de la PPC en las plazas de mercado para los próximos años. Este análisis permitirá identificar tendencias y guiar la implementación de estrategias efectivas de gestión de residuos en este sector.

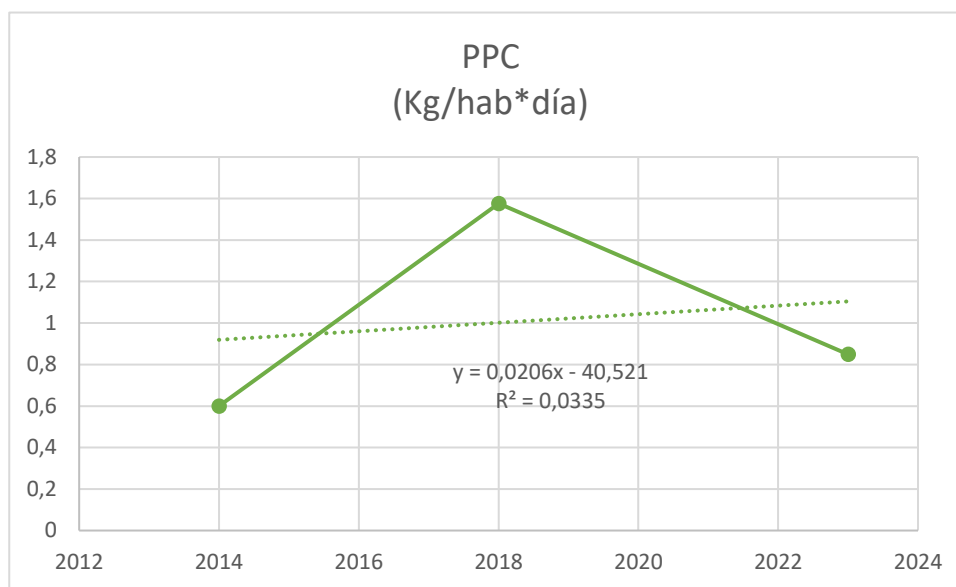
Tabla 33. Proyección PPC para el subsector plazas de mercado

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,6
2018	1,576
2023	0,87
2024	1,17
2025	1,19
2026	1,21
2027	1,24
2028	1,26
2029	1,28
2030	1,30
2031	1,32

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2032	1,34
2033	1,36
2034	1,38
2035	1,40

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6. Proyección PPC para el subsector plazas de mercado.



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos recopilados en estudios realizados en los años 2014, 2018 y 2023, se ha calculado una ecuación de regresión lineal que describe la relación entre el año y la PPC en las plazas de mercado. La ecuación obtenida es $y = 0,0206x - 40,521$, donde "y" representa la PPC, "x" representa el año correspondiente y los coeficientes indican la pendiente y la ordenada al origen, respectivamente. Utilizando esta ecuación, se han proyectado los valores de la PPC para los próximos años, lo que revela una tendencia creciente en la generación de residuos sólidos por habitante en un día en las plazas de mercado.

Se evidencia una tendencia al aumento en la PPC, es por esto, que se recomienda implementar medidas para promover la reducción y el manejo sostenible de los residuos en las plazas de mercado. Esto podría incluir programas de separación en la fuente, educación ambiental para comerciantes

y usuarios, así como el fomento de prácticas de consumo más sostenibles, cuyo enfoque debe ser dirigido hacia la gestión de los residuos orgánicos generados.

9.8 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector comercial

En el estudio realizado sobre el sector comercial se caracterizaron 241 establecimientos, que fueron estudiados mediante 5 muestreos compuestos para posibilitar su caracterización. Dada la baja cantidad de residuos generados individualmente por cada comercio y la recolección diaria de estos, se optó por el método de cuarteo para realizar una caracterización detallada. Este enfoque permitió la creación de muestras compuestas que reflejan de manera precisa la generación de residuos en este sector.

*Tabla 34. Consolidado de resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector Comercial.*

COD	LOCALES COMERCIO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día)	VOL DIARIO (kg/día)	PPC	DENSIDAD LIBRE Kg/m ³
M1	50	2776	114,68	3,63	0,04	31,63
M2	73	3920	147,00	4,13	0,04	35,63
M3	62	3382	126,52	2,78	0,04	45,48
M4	35	2780	142,36	2,51	0,05	56,80
M5	21	1229	70,22	1,83	0,06	38,30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Resultados promedios y desviación estándar del subsector comercial.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	41,5652	9,901
Volumen Diario (m ³)	0,0617	0,910
Generación Diaria (Kg/día)	2,4928	30,732
PPC kg/ PERSONA*día	0,0449	0,009

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la tabla revela varias métricas importantes relacionadas con la generación de residuos en el sector comercial. La densidad promedio de los residuos es de 41.5652 Kg/m³, lo que sugiere una concentración significativa de residuos en el espacio. Sin embargo, la desviación estándar de 9.901 indica cierta variabilidad entre las mediciones, posiblemente debido a diferentes prácticas de gestión de residuos.

En cuanto al volumen diario, el promedio es de 0.0617 m³, lo que indica un volumen relativamente bajo de residuos generados por día. No obstante, la alta desviación estándar de 0.910 sugiere una variabilidad considerable en los volúmenes diarios de residuos, posiblemente debido a diversas capacidades de manejo de residuos en diferentes áreas o departamentos.

La generación diaria promedio de residuos es de 2.4928 Kg/día, aunque la desviación estándar es b alta (30.732), lo que indica una gran variabilidad en la cantidad de residuos generados cada día en el sector comercial. Esto puede deberse a fluctuaciones en la actividad comercial u otros factores externos.

Por último, el Promedio de la Producción Per Cápita (PPC) es de 0.0449 kg/persona*día, lo que sugiere una cantidad relativamente baja de residuos generados por persona por día en el sector comercial. La baja desviación estándar de 0.009 indica cierta uniformidad en esta medida entre las diferentes mediciones, lo que puede reflejar hábitos de generación de residuos consistentes en el sector.

9.8.1 Proyección de la producción per cápita en el subsector comercial

Comprender la tendencia de la producción per cápita (PPC) en este sector es esencial para diseñar estrategias efectivas de gestión de residuos, puesto que es el sector con mayor presencia en la ciudad, según los registros de Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia (Base del Registro Mercantil).

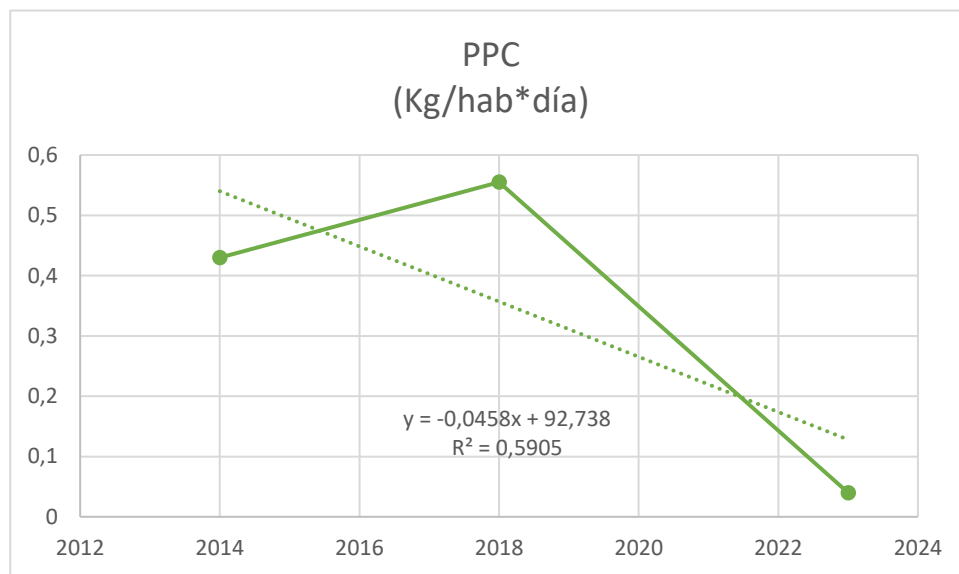
Tabla 36. Proyección PPC para el subsector comercial.

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2014	0,43
2018	0,555
2023	0,04
2024	0,04
2025	0,04
2026	0,04
2027	0,04
2028	0,04
2029	0,04
2030	0,04
2031	0,04

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2032	0,04
2033	0,04
2034	0,04
2035	0,04

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7. Proyección PPC para el subsector comercial.



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos recopilados en estudios realizados en los años 2014, 2018 y 2023, se calculó una ecuación de regresión lineal que describe la relación entre el año y la PPC en el sector comercial. Sin embargo, al proyectar los valores de la PPC para los años posteriores al 2024, se observa una tendencia hacia valores cercanos a cero e incluso negativos.

Es importante señalar que la decisión de utilizar la PPC de 2024 para los años siguientes se basa en la tendencia observada en los datos, donde los valores de la PPC disminuyen significativamente después de ese año.

Aunque así, la proyección de la PPC muestra una estabilización en los valores después de 2024, esto no implica que no deban implementarse medidas para promover la reducción de residuos en el sector comercial. Es fundamental

continuar fomentando prácticas sostenibles y estrategias de gestión de residuos que contribuyan a minimizar el impacto ambiental de las actividades comerciales. Esto podría incluir iniciativas para reducir los residuos y promover el reciclaje y mejorar la eficiencia en el uso de recursos, lo que conduciría a una gestión más responsable de los residuos en el sector comercial.

9.9 Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector industrial.

En comparación con el estudio de 2018, en el año 2023 se amplió significativamente el alcance territorial y sectorial de la caracterización de residuos industriales. Se observa un esfuerzo por abordar un mayor número de sectores industriales y áreas geográficas, lo que se refleja en la distribución estratégica de las empresas participantes.

Asimismo, se observa una reducción constante en la producción per cápita (PPC) a lo largo de los años estudiados. En 2007, la PPC era de 1.84 kg/persona*día, y esta cifra ha ido disminuyendo progresivamente a lo largo del tiempo, llegando a 0.25 kg/persona*día en 2023. Esta tendencia descendente sugiere una mejora continua en la eficiencia en la gestión de residuos o cambios significativos en las prácticas industriales que han conducido a una reducción constante en la generación de residuos por persona. Este patrón de disminución sostenida en la PPC a lo largo de los años indica un compromiso creciente hacia la sostenibilidad ambiental y la gestión responsable de los residuos industriales.

Sin embargo, es importante destacar que la desviación estándar en el año 2023 es de 1.23, significativamente mayor que la desviación estándar de 0.58 en 2018. Esta mayor variabilidad en los datos podría indicar una diversificación en los tipos de industrias presentes en Medellín o cambios en las prácticas de gestión de residuos entre las distintas unidades generadoras. Esta variabilidad subraya la necesidad de una atención más detallada a las características individuales de las industrias y sus prácticas de gestión de residuos para comprender mejor las tendencias observadas.

En resumen, los resultados de la PPC en 2023 muestran una disminución en la cantidad de residuos generados por persona en comparación con 2018, lo que podría indicar cambios positivos en la gestión de residuos o en la actividad industrial en la región. Sin embargo, la mayor variabilidad en los datos sugiere la importancia de una mayor atención a las diferentes características de las industrias y sus prácticas de gestión de residuos para una comprensión más completa de la situación.

9.9.1 Industria de alimentos.

La industria alimentaria en Colombia ha mostrado un dinamismo amplio de actividades que van desde la producción de alimentos cárnicos hasta productos de panadería y la elaboración de comestibles diversos. Este sector, fundamental para la economía, no solo impulsa el crecimiento económico, sino que también enfrenta desafíos significativos en términos de gestión ambiental, particularmente en la gestión de residuos.

La siguiente tabla presenta datos recopilados de diferentes empresas dentro del sector de alimentos, incluyendo información sobre los días de almacenamiento, la población total, el peso y volumen diario de los residuos generados, la producción per cápita de residuos (PPC), y la densidad libre de los mismos. Estas empresas varían en tamaño y actividades económicas desarrolladas, abarcando desde pequeñas industrias de productos de panadería hasta grandes procesadores de alimentos cárnicos, lo que explica la variabilidad observada en los datos.

*Tabla 37. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector Industrial de alimentos.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
IND018	116	5,63	0,18	0,05	31,25
IND115	12	7,40	0,07	0,62	110,00
IND332	16	12,90	0,56	0,81	23,00
IND502	650	200,00	2,16	0,31	92,70
IND510	50	9,83	0,19	0,20	51,90
IND513	48	12,05	0,40	0,25	30,38
IND528	10	10,63	0,08	1,06	134,60
IND543	11	3,35	0,05	0,30	73,63
IND552	85	37,99	0,63	0,45	60,70
IND575	1700	89,00	2,19	0,05	40,70
IND595	21	6,09	0,14	0,29	42,83
IND618	140	22,00	0,44	0,16	50,10
IND626	200	78,89	0,96	0,39	82,00
IND627	124	28,85	0,41	0,23	69,70
IND646	66	6,75	0,03	0,10	252,50
IND647	410	100,00	1,49	0,24	67,30
IND655	107	126,80	1,60	1,19	79,25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de alimentos

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	76,0314	54,149
Volumen Diario (m ³)	0,6799	0,733
Generación Diaria (Kg/día)	44,5973	55,830
PPC Kg/ persona*día	1,2989	3,746

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estos datos revela varios puntos clave sobre la gestión de residuos en el sector de alimentos. Primero, la densidad promedio de residuos se establece en 76,03 Kg/m³, con una desviación estándar de 54,149, indicando homogeneidad en la tipología de los residuos generados por estas empresas. Esto sugiere que, a pesar de la diversidad de operaciones, los tipos de residuos son consistentemente similares en su composición física.

En contraste, la producción per cápita de residuos (PPC) muestra una variabilidad significativa, con un promedio de 1,29 Kg/persona*día y una desviación estándar de 3,74 Kg/persona*día. Esta alta variabilidad puede atribuirse a las diferencias en el tamaño y tipo de operaciones de las empresas caracterizadas. Las grandes diferencias en PPC reflejan cómo la escala de operaciones y la eficiencia en la gestión de recursos afectan la cantidad de residuos generados por persona.

La variación en la generación diaria de residuos (tanto en peso como en volumen) resalta la diferencia en tamaños y capacidades de producción de las empresas analizadas. Empresas más grandes, con mayores volúmenes de producción, tienden a generar más residuos, mientras que las más pequeñas, aunque pueden ser más eficientes en términos per cápita, contribuyen menos al volumen total de residuos.

La caracterización de residuos en este subsector reveló datos de 17 empresas, mostrando una diversidad en la naturaleza de sus operaciones y en la gestión de residuos. Esta diversidad implica que las estrategias de gestión de residuos deben ser adaptativas y específicas para cada tipo de empresa.

En conclusión, la gestión de residuos en el subsector industrial de alimentos en Colombia destaca la necesidad de implementar prácticas sostenibles y eficientes. La variabilidad en la generación y tipología de residuos subraya la importancia de enfoques personalizados y adaptativos que no solo aborden los desafíos ambientales, sino que también contribuyan a la eficiencia operativa y la sostenibilidad a largo plazo del sector.

9.9.2 Industria de Metalmecánica.

El sector industrial metalmecánico en Colombia es un pilar clave para el desarrollo económico, abarcando una amplia gama de actividades desde la fabricación de componentes metálicos hasta la producción de maquinaria y equipos. Esta diversidad se refleja en las prácticas de gestión de residuos, que son cruciales para minimizar el impacto ambiental de las operaciones.

La siguiente tabla resume los datos recogidos de diferentes empresas dentro del sector metalmecánico.

*Tabla 39 Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector Industrial de metalmecánica.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m ³)
IND012	40,00	0,59	0,01	0,01	54,60
IND121	17,00	1,92	0,03	0,11	76,25
IND174	28,00	1,13	0,04	0,04	31,25
IND363	28,00	1,00	0,03	0,04	38,00
IND503	4,00	3,08	0,08	0,77	37,00
IND504	24,00	1,25	0,05	0,05	26,88
IND514	30,00	12,10	0,12	0,40	102,60
IND515	10,00	0,93	0,02	0,09	47,25
IND517	7,00	1,10	0,06	0,16	17,50
IND518	9,00	0,88	0,03	0,10	34,40
IND520	15,00	2,45	0,05	0,16	49,50
IND522	8,00	1,05	0,03	0,13	33,67
IND526	20,00	10,70	0,03	0,54	337,83
IND531	40,00	14,48	0,44	0,36	33,10
IND538	16,00	0,60	0,02	0,04	30,88
IND541	35,00	1,90	0,12	0,05	15,50
IND542	17,00	2,05	0,05	0,12	41,70
IND547	64,00	1,80	0,09	0,03	19,00
IND550	18,00	1,80	0,04	0,10	45,25

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
IND553	40,00	3,73	0,13	0,09	27,83
IND554	55,00	1,30	0,05	0,02	26,00
IND555	29,00	1,59	0,04	0,05	38,75
IND561	15,00	1,40	0,03	0,09	44,17
IND562	32,00	19,20	0,27	0,60	70,00
IND563	25,00	4,17	0,05	0,17	82,80
IND566	30,00	11,46	0,42	0,38	27,50
IND570	60,00	4,75	0,09	0,08	53,00
IND571	19,00	5,25	0,03	0,28	151,00
IND572	5,00	0,38	0,03	0,08	14,50
IND576	7,00	0,28	0,02	0,04	13,00
IND579	61,00	2,58	0,06	0,04	43,88
IND580	80,00	1,30	0,01	0,02	130,00
IND584	8,00	1,87	0,06	0,23	31,25
IND593	10,00	1,80	0,07	0,18	25,50
IND601	49,00	3,13	0,05	0,06	69,17
IND604	7,00	1,97	0,05	0,28	41,67
IND605	26,00	5,00	0,10	0,19	51,30
IND606	109,00	24,60	0,97	0,23	25,40
IND611	15,00	1,24	0,04	0,08	29,63
IND612	30,00	7,30	0,15	0,24	47,40
IND614	11,00	4,00	0,21	0,36	18,88
IND615	52,00	3,10	0,06	0,06	49,00
IND634	7,00	2,37	0,09	0,34	27,75
IND636	28,00	4,58	0,07	0,16	62,10
IND637	11,00	1,75	0,04	0,16	43,75
IND640	8,00	1,80	0,05	0,23	37,50
IND641	15,00	3,50	0,04	0,23	94,67
IND643	31,00	16,85	0,24	0,54	70,00
IND648	3,00	0,06	0,00	0,02	12,00
IND649	10,00	1,18	0,03	0,12	34,33
IND650	20,00	21,65	0,23	1,08	92,30

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 40. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de
metalmecánica.*

Variables	Promedio	Desviación Estándar
-----------	----------	------------------------

Densidad (Kg/m ³)	52,1208	49,869
Volumen Diario (m ³)	0,1005	0,155
Generación Diaria (Kg/día)	4,4292	5,724
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,1972	0,209

Fuente: Elaboración propia

Este análisis revela varios puntos clave acerca de la generación y gestión de residuos en el sector metalmecánico. La densidad promedio de los residuos fue de 52,12 Kg/m³ con una desviación estándar de 49,86 Kg/m³, lo que se puede deber a la homogeneidad de los tipos de residuos sólidos generados por el subsector

La producción per cápita de residuos (PPC) tiene un promedio de 0,19 Kg/persona*día, con una desviación estándar de 0,20 Kg/persona*día, reflejando homogeneidad de la información de PPC y una posible eficiencia en la generación de residuos en algunas empresas en comparación con otras. Este rango estrecho en PPC sugiere que, a pesar de las diferencias en la escala de operaciones, hay un nivel de consistencia en la cantidad de residuos generados por empleados y visitantes.

La generación diaria de residuos muestra una variabilidad significativa, tanto en peso como en volumen, lo que indica diferencias en el tamaño y capacidad productiva de las empresas caracterizadas. Esto señalando cómo el tamaño de la empresa y el número de empleados pueden influir en la cantidad total de residuos generados.

La variación en la generación de residuos sugiere que las estrategias de gestión de residuos deben ser adaptativas y específicas para cada empresa, considerando tanto su tamaño como las particularidades de sus operaciones industriales.

La caracterización de residuos en el sector metalmecánico apunta a la necesidad de enfoques de gestión de residuos específicos, que no solo aborden los desafíos ambientales, sino que también contribuyan a la eficiencia operativa y la



sostenibilidad a largo plazo del sector. Estas estrategias pueden incluir mejoras en los procesos de producción para reducir la generación de residuos, la implementación de sistemas de reciclaje y recuperación de materiales, y la adopción de prácticas de economía circular. La gestión efectiva de residuos en el sector metalmecánico es fundamental para minimizar su huella ambiental y promover un desarrollo industrial más sostenible.

9.9.3 Industria de Manufactura.

En el estudio de caracterización de residuos para el subsector industrial de manufactura, se analizaron datos de 65 empresas, abarcando una amplia gama de actividades económicas. Es notable el predominio de industrias textiles y de fabricación de muebles y productos de madera en el conjunto de datos. Este énfasis no implica necesariamente que estas industrias representen la mayoría de la manufactura en Colombia, sino que refleja la relevancia particular de estas actividades en Medellín. La ciudad ha sido históricamente reconocida como un centro textil importante, preservando esta tradición y manteniendo su posición como un pilar en la industria textil a nivel nacional.

*Tabla 41. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector Industrial de manufactura*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
IND269	109,00	7,10	0,10	0,07	71,25
IND270	116,00	8,40	0,26	0,07	32,00
IND500	51,00	4,10	0,10	0,08	40,88
IND516	80,00	19,90	0,19	0,25	103,30
IND519	434,00	34,20	0,94	0,08	36,20
IND523	11,00	11,25	0,51	1,02	22,20
IND527	34,00	0,60	0,02	0,02	27,00
IND529	32,00	9,00	0,30	0,28	30,50
IND530	45,00	4,20	0,20	0,09	21,40
IND532	25,00	2,70	0,05	0,11	53,70
IND533	40,00	8,90	0,34	0,22	26,20
IND534	349,00	4,04	0,21	0,01	19,20
IND537	1700,00	8,50	0,69	0,01	12,30
IND545	116,00	34,60	0,48	0,30	72,00
IND551	3,00	6,15	0,40	2,05	15,50
IND556	36,00	1,40	0,04	0,04	31,20
IND557	24,00	3,56	0,09	0,15	39,40

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
IND558	23,00	9,19	0,05	0,40	172,00
IND559	35,00	1,20	0,03	0,03	47,00
IND560	204,00	20,00	0,31	0,10	64,88
IND569	23,00	3,35	0,17	0,15	19,90
IND573	18,00	10,47	0,32	0,58	33,00
IND574	85,00	10,00	0,31	0,12	32,40
IND577	35,00	1,90	0,06	0,05	30,00
IND581	75,00	9,20	0,17	0,12	54,17
IND582	6,00	1,30	0,01	0,22	134,00
IND583	14,00	20,48	0,35	1,46	57,83
IND586	5,00	0,08	0,00	0,02	35,00
IND587	55,00	10,75	0,10	0,20	106,25
IND594	20,00	2,27	0,06	0,11	41,00
IND596	420,00	11,95	0,23	0,03	51,40
IND597	15,00	8,30	0,07	0,55	122,00
IND598	11,00	9,20	0,05	0,84	168,50
IND599	9,00	3,10	0,06	0,34	55,20
IND602	160,00	18,79	0,84	0,12	22,30
IND603	20,00	4,25	0,05	0,21	86,90
IND607	78,00	55,90	1,46	0,72	38,20
IND608	42,00	6,35	0,04	0,15	154,25
IND609	21,00	1,83	0,03	0,09	61,33
IND610	20,00	0,80	0,09	0,04	8,50
IND613	25,00	2,83	0,10	0,11	27,10
IND616	57,00	0,33	0,02	0,01	16,00
IND617	140,00	19,30	0,30	0,14	64,42
IND620	5000,00	16,00	0,16	0,00	97,00
IND628	70,00	19,05	0,27	0,27	70,50
IND629	22,00	7,10	0,37	0,32	19,40
IND630	5,00	2,15	0,07	0,43	29,63
IND631	9,00	0,34	0,02	0,04	17,75
IND632	266,00	3,74	0,17	0,01	22,10
IND633	14,00	4,50	0,15	0,32	29,80
IND638	43,00	4,08	0,10	0,09	40,70
IND639	50,00	12,97	0,47	0,26	27,40
IND642	5,00	0,20	0,03	0,04	7,17
IND645	122,00	7,15	0,10	0,06	72,50
IND651	14,00	16,50	0,16	1,18	102,00
IND652	20,00	12,25	0,07	0,61	172,50
IND653	5,00	1,35	0,03	0,27	54,00
IND657	114,00	11,85	0,28	0,10	42,40
IND658	7,00	0,95	0,06	0,14	14,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de manufactura.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	53,8518	42,046
Volumen Diario (m ³)	0,2158	0,258
Generación Diaria (Kg/día)	9,0149	9,854
PPC kg/ persona*día	0,2695	0,378

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de caracterización de residuos del subsector de manufactura, se destaca la variabilidad en el número de empleados y los volúmenes de producción entre las distintas industrias caracterizadas. Esta variación es considerable y tiene un impacto directo en la producción per cápita (PPC) de residuos, la cual presenta una media de 0,26 Kg/persona*día con una desviación estándar de 0,37 Kg/persona*día. Esta heterogeneidad refleja las diferencias tanto en la eficiencia de los procesos de producción como en la diversidad de las actividades de manufactura realizadas por cada empresa. Aunque las industrias pueden variar en tamaño y en el tipo de productos fabricados, la densidad de los residuos generados sugiere una similitud subyacente entre ellas, a pesar de las diferencias en los residuos específicos producidos por su actividad.

Esta similitud en la densidad de residuos, promediando 53,85 Kg/m³ con una desviación estándar de 42,04 Kg/m³, indica que, aunque las industrias manufactureras en Medellín produzcan una amplia gama de residuos, la naturaleza física de estos residuos mantiene cierta uniformidad. Esto podría deberse a procesos de producción que, aunque diversos, comparten características comunes en términos de los materiales utilizados y los desechos generados.

La variabilidad en el número de empleados y los volúmenes de producción subraya la importancia de adoptar estrategias de gestión de residuos que sean tanto flexibles como adaptativas a las necesidades específicas de cada empresa dentro del sector manufacturero. La implementación de prácticas sostenibles, incluyendo la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, es esencial para abordar los desafíos asociados con la gestión de residuos en este sector. Estas estrategias deben considerar no solo la diversidad y tamaño de las empresas sino también promover la concientización sobre la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en todas las etapas de producción.

La colaboración entre las empresas, las autoridades locales y las organizaciones ambientales jugará un papel clave en el desarrollo e implementación efectiva de estas estrategias, asegurando que el sector industrial de manufactura en Medellín y, por extensión, en Colombia, gestione sus residuos de manera sostenible. Esta gestión eficiente y adaptada a las características específicas de cada empresa es crucial para minimizar el impacto ambiental y promover un desarrollo industrial sostenible en la región.

9.9.4 Industria de químicos.

El sector industrial químico desempeña un papel fundamental en la economía global, abarcando una amplia gama de productos y servicios esenciales para la vida cotidiana y otros sectores industriales. Desde la producción de materias primas hasta la fabricación de productos farmacéuticos, agroquímicos, plásticos y más, este sector es un pilar de la innovación y el desarrollo tecnológico. Sin embargo, junto con su importancia económica, el sector químico enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión ambiental y la sostenibilidad, especialmente en lo que respecta a la generación y manejo de residuos sólidos.

La gestión de residuos en la industria química es un aspecto crítico, no solo por el impacto ambiental de los residuos peligrosos y no peligrosos sino también por la necesidad de cumplir con regulaciones estrictas y fomentar prácticas de producción sostenibles. La eficiencia en la gestión de residuos no solo ayuda a minimizar el impacto ambiental negativo, sino que también puede ofrecer beneficios económicos mediante la reducción de costes y la mejora de la eficiencia operativa.



*Tabla 43. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector industrial de químicos.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
IND512	9,00	2,10	0,02	0,23	114,00
IND524	91,00	5,35	0,17	0,06	31,30
IND540	85,00	1,85	0,09	0,02	20,25
IND549	11,00	1,35	0,02	0,12	69,67
IND578	29,00	0,22	0,01	0,01	14,75
IND585	22,00	3,23	0,11	0,15	28,20
IND588	25,00	3,70	0,14	0,15	25,80
IND589	95,00	13,15	0,46	0,14	28,80
IND619	17,00	1,40	0,07	0,08	19,90
IND624	25,00	5,85	0,38	0,23	15,40
IND625	33,00	6,10	0,11	0,18	57,50
IND635	90,00	1,40	0,01	0,02	140,00
IND644	14,00	1,79	0,04	0,13	44,38
IND656	31,00	4,20	0,14	0,14	30,25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de químicos.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m3)	45,7280	38,125
Volumen Diario (m3)	0,1267	0,135
Generación Diaria (Kg/día)	3,6911	3,291
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,1183	0,074

Fuente: Elaboración propia

En el sector industrial químico, la caracterización de residuos revela patrones interesantes que sugieren una notable consistencia en términos de densidad de residuos, volumen diario, generación diaria y producción per cápita (PPC) de

residuos. A través del análisis de 14 empresas, se observa que la densidad promedio de los residuos se sitúa en $45,72 \text{ Kg/m}^3$ con una desviación estándar de $38,12 \text{ Kg/m}^3$. Esta homogeneidad en la densidad de los residuos podría indicar que, a pesar de las variadas actividades dentro del sector químico, los tipos de residuos generados comparten características físicas similares.

La producción per cápita de residuos muestra un promedio de $0,11 \text{ Kg/persona}^*\text{día}$ con una desviación estándar de $0,074 \text{ Kg/persona}^*\text{día}$, lo que refleja una generación de residuos relativamente uniforme entre los empleados de estas empresas. Esta uniformidad puede atribuirse a la eficiencia de los procesos de producción y a la implementación de prácticas sostenibles que minimizan la generación de residuos, independientemente del tamaño de la empresa o del número de empleados.

El volumen diario promedio de residuos es de $0,12 \text{ m}^3$, con una generación diaria promedio de $0,13 \text{ m}^3$. Estos valores sugieren que hay homogeneidad entre los valores de volumen de generación de las empresas caracterizadas, posiblemente debido a procesos de producción optimizados y a un enfoque en la minimización de residuos.

Los valores de PPC y su desviación estándar indican que las empresas del sector químico trabajan en la reducción de residuos generados por empleado. Esto puede reflejar no solo una conciencia ambiental sino también la adopción de tecnologías y prácticas de producción avanzadas. La homogeneidad observada en las desviaciones estándar sugiere que las industrias químicas caracterizadas podrían ser similares en cuanto a tamaño y número de empleados, o que han implementado procesos eficientes que compensan las diferencias en tamaño a través de buenas prácticas ambientales. Esta consistencia es un indicativo positivo de que el sector químico está avanzando hacia prácticas de producción más sostenibles y responsables.

La uniformidad en la generación y manejo de residuos facilita la implementación de estrategias de gestión a nivel sectorial, permitiendo que las empresas compartan mejores prácticas y colaboren en iniciativas de sostenibilidad. Esto podría incluir programas de reciclaje industrial, iniciativas de economía circular, y la adopción de estándares de producción más verdes.

En conclusión, el sector industrial químico muestra una notable coherencia en la gestión de sus residuos, lo que refleja un compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia. Continuar fomentando estas prácticas no solo es esencial para la

protección del medio ambiente sino también para el mantenimiento de la viabilidad económica y la competitividad del sector a largo plazo.

9.9.5 Industria de plásticos.

El análisis de la caracterización de residuos en el sector industrial de plásticos revela una visión integral sobre cómo las empresas de este sector gestionan y producen residuos en sus operaciones diarias. A través del estudio de 10 empresas, se observan variaciones en términos de generación diaria de residuos, volumen diario y producción per cápita (PPC) de residuos. Estas diferencias reflejan la diversidad en el tamaño de las empresas, la eficiencia de los procesos de producción y la capacidad de gestión de residuos.

*Tabla 45. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m3) del subsector Industrial de plásticos.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m3)
IND017	446,00	7,30	0,29	0,02	25,00
IND044	29,00	5,15	0,10	0,18	50,00
IND506	16,00	1,59	0,07	0,10	22,50
IND509	2500,00	67,10	1,00	0,03	67,10
IND544	17,00	3,71	0,03	0,22	124,00
IND564	19,00	9,23	0,06	0,49	157,80
IND565	36,00	2,50	0,09	0,07	29,20
IND600	21,00	3,20	0,04	0,15	78,00
IND621	110,00	50,80	1,81	0,46	28,00
IND622	14,00	14,76	0,08	1,05	184,50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de plásticos.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m3)	76,6100	59,142

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Volumen Diario (m ³)	0,3575	0,590
Generación Diaria (Kg/día)	16,5335	23,010
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,2762	0,319

Fuente: Elaboración propia

La densidad de los residuos en el sector de plásticos muestra una cierta homogeneidad en términos de las características físicas de los residuos generados, lo que se infiere al comparar el valor promedio de la densidad (76,61 Kg/m³) con su respectiva desviación estándar (59,14 Kg/m³). Sin embargo, la existencia de una desviación estándar notable en otras variables como el volumen y la generación diarios también señala que hay una variabilidad apreciable entre las empresas. Esta variabilidad es un reflejo de la diversidad dentro del sector en términos de tipos de producción y eficacia en la gestión de residuos.

La homogeneidad relativa en la densidad de los residuos sugiere que las empresas del sector de plásticos pueden enfrentar desafíos similares en términos de gestión de residuos y que podrían beneficiarse de estrategias de gestión de residuos que consideren las propiedades físicas comunes de estos residuos.

Las estrategias de gestión de residuos en el sector de plásticos deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a la variabilidad en el volumen y otros aspectos de los residuos generados. Esto podría incluir tecnologías de reciclaje y tratamiento adecuadas para una amplia gama de residuos, así como prácticas de minimización de residuos que sean efectivas a través de diferentes tipos de procesos de producción.

Además, la comprensión de las características de los residuos generados puede facilitar la colaboración entre empresas para desarrollar soluciones colectivas de gestión de residuos, como sistemas de recogida y reciclaje compartidos, que aprovechen las características comunes de los residuos generados en el sector.

En conclusión, la caracterización de residuos en el sector industrial de plásticos revela tanto una coherencia en la naturaleza de los residuos generados como una variabilidad entre las empresas, lo que refleja la importancia de adoptar

enfoques de gestión de residuos que sean tanto específicos como adaptativos a las necesidades del sector.

9.9.6 Otras industrias.

El análisis de la caracterización de residuos en la categoría de "otras industrias", que engloba sectores diversos como las ladrilleras, extractoras de materiales de arcilla, productoras de caucho y vidrio, ofrece una perspectiva valiosa sobre las prácticas de gestión de residuos en estas actividades económicas. Al examinar los datos de 21 empresas, se obtiene una visión clara sobre la generación, densidad y gestión de residuos, lo que permite identificar patrones y oportunidades para mejorar la sostenibilidad en estas industrias.

*Tabla 47. Resultados PPC (Kg/Persona*día) y Densidad (Kg/m³) del subsector Industrial de otras industrias.*

CODIGO	POBLACIÓN TOTAL	PESO DIARIO (kg/día):	VOLUMEN DIARIO (kg/día):	PPC (Kg/persona * día)	DENSIDAD LIBRE (Kg/m ³)
IND029	125,00	4,68	0,06	0,04	82,80
IND045	86,00	15,70	0,40	0,18	39,20
IND054	25,00	3,10	0,10	0,12	31,25
IND501	105,00	18,23	0,18	0,17	102,00
IND505	24,00	0,42	0,02	0,02	25,50
IND507	150,00	1,50	0,04	0,01	36,25
IND508	130,00	24,21	0,35	0,19	69,90
IND511	38,00	5,20	0,14	0,14	38,40
IND521	110,00	19,50	0,68	0,18	28,50
IND525	50,00	2,68	0,06	0,05	46,70
IND535	330,00	0,55	0,01	0,00	54,00
IND536	58,00	1,55	0,05	0,03	28,50
IND546	5,00	10,65	0,21	2,13	50,50
IND548	72,00	12,70	0,33	0,18	38,80
IND567	10,00	4,89	0,21	0,49	23,20
IND568	57,00	47,00	1,40	0,82	33,60
IND590	54,00	11,05	0,08	0,20	143,00
IND591	150,00	21,20	0,62	0,14	34,20
IND592	187,00	7,50	0,10	0,04	74,13
IND623	30,00	15,40	0,05	0,51	292,00
IND654	46,00	2,65	0,06	0,06	42,10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Resultados promedios y desviación estándar del subsector industrial de otras industrias.

Variables	Promedio	Desviación Estándar
Densidad (Kg/m ³)	62,5964	60,169
Volumen Diario (m ³)	0,2449	0,326
Generación Diaria (Kg/día)	10,9688	11,110
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,2716	0,471

Fuente: Elaboración propia

La densidad promedio de los residuos calculada en 62,59 Kg/m³, acompañada de una desviación estándar de 60,16 Kg/m³, refleja cierto parecido en términos de densidad entre las industrias, esto a pesar de la diversidad de los procesos productivos y de los residuos generados, desde aquellos relacionados con el caucho hasta materiales como el vidrio y restos de arcillas.

El volumen diario promedio de residuos es de 0,24 m³, con una desviación estándar de 0,32 m³, lo que indica una variabilidad significativa en los volúmenes de residuos producidos por las empresas. Esta variabilidad puede ser un reflejo de las diferencias en la escala de producción, los tamaños de las empresas y las eficiencias de los procesos productivos entre las empresas.

La generación diaria promedio de residuos, de 10,96 Kg/día con una desviación estándar de 11,11 Kg/día, destaca cómo algunas empresas generan cantidades significativamente mayores de residuos que otras. Esto puede deberse a la naturaleza de los productos fabricados, al tamaño de las empresas, o a la eficacia de las medidas de reducción de residuos implementadas.

La producción per cápita (PPC) de residuos, con un promedio de 0,27 Kg/persona*día y una desviación estándar de 0,47 Kg/persona*día, muestra una amplia gama en la cantidad de residuos generados por empleado entre las empresas. Esto refleja la variabilidad en las prácticas de producción y gestión de residuos, así como la eficiencia operativa de las empresas caracterizadas.

La caracterización detallada de los residuos en estas industrias apunta hacia la necesidad de enfoques personalizados y adaptativos para la gestión de residuos. Las estrategias efectivas deben tener en cuenta la diversidad de los procesos de

producción y la variedad de los residuos generados, buscando optimizar tanto la reducción en la fuente como el reciclaje y la recuperación de materiales.

9.9.7 Proyección de la producción per cápita en el subsector industrial

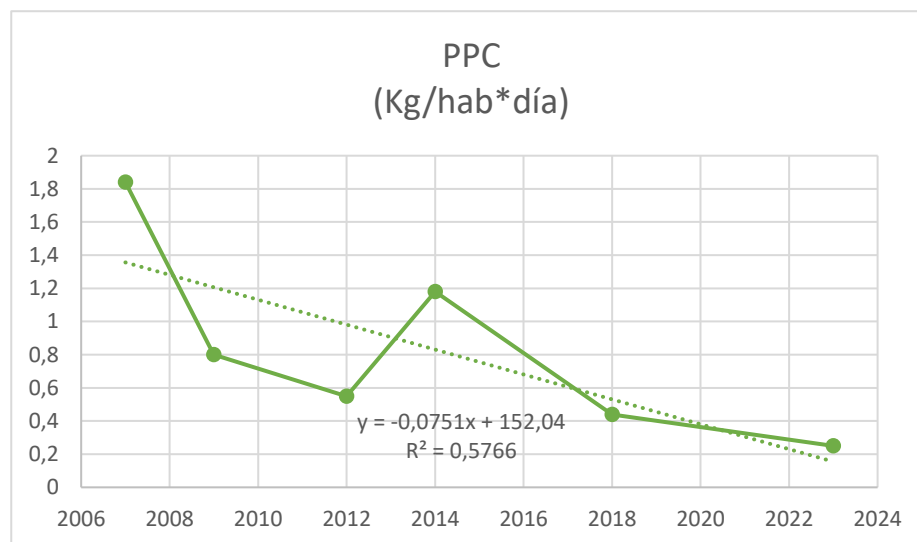
El sector industrial es conocido por su variabilidad en términos de procesos y actividades, lo que influye directamente en la generación de residuos sólidos. Comprender la tendencia de la producción per cápita (PPC) en este sector es crucial para implementar estrategias efectivas de gestión de residuos. En lugar de utilizar el método de regresión lineal, se proyectó la PPC del año 2023 para los años posteriores debido a la presencia de valores negativos y en 0, los cuales no son realistas en el contexto de la generación de residuos en el sector industrial. Esta decisión se tomó para mantener la coherencia en la proyección de la producción de residuos.

Tabla 49. Proyección PPC para el subsector industrial.

AÑO	PPC (Kg/hab*día)
2007	1,84
2009	0,8
2012	0,55
2014	1,18
2018	0,44
2023	0,25
2024	0,25
2025	0,25
2026	0,25
2027	0,25
2028	0,25
2029	0,25
2030	0,25
2031	0,25
2032	0,25
2025	0,25
2026	0,25
2027	0,25

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8. Proyección PPC para el subsector industrial.



Fuente: Elaboración propia

A pesar de no poder calcular una ecuación de regresión lineal debido a los valores negativos y en cero encontrados en los años posteriores a 2023, se observa una tendencia a la disminución en la PPC hasta esa fecha. Este patrón sugiere posibles mejoras en los procesos industriales, un aumento en la conciencia ambiental dentro del sector industrial, o la implementación de mejoras tecnológicas y optimización de recursos. Estos resultados pueden ser indicativos de un cambio positivo en la gestión de residuos en el sector industrial, lo que podría ser promovido y fortalecido mediante la implementación de prácticas más sostenibles y el fomento de la innovación en este ámbito.

9.10 Resultados de PPC y densidades en los estudios de caracterización de los años 2014, 2018 y 2023

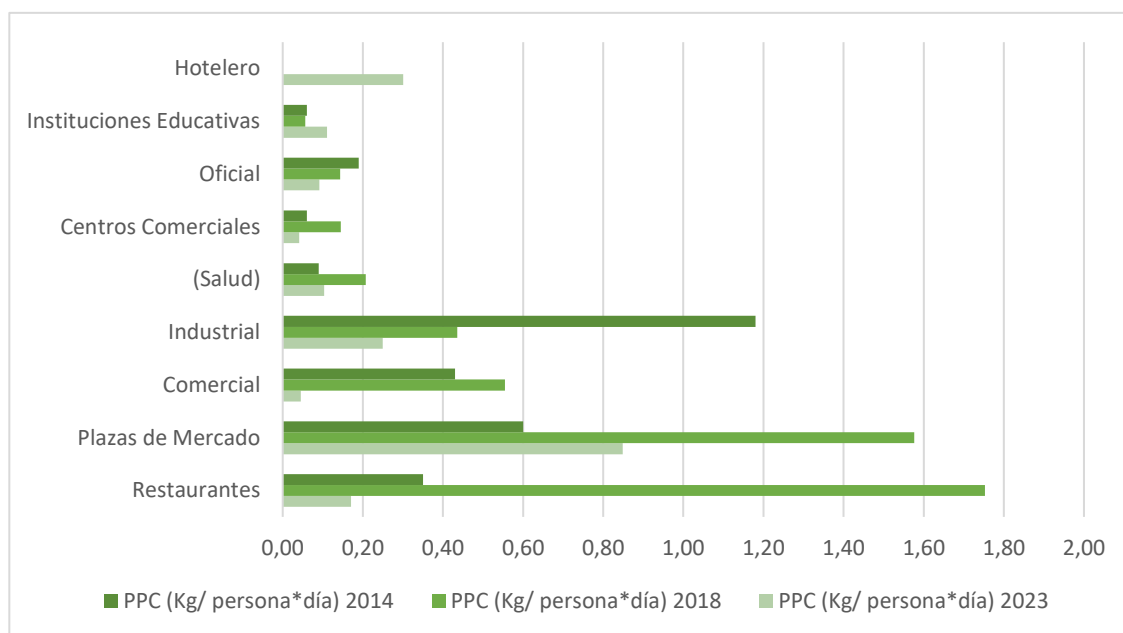
La gestión de residuos en un entorno urbano es una cuestión de creciente importancia, especialmente cuando se consideran las tendencias y cambios en diferentes sectores a lo largo del tiempo. La siguiente tabla proporciona una visión comparativa de la producción per cápita (PPC) y las densidades de residuos para diversos subsectores no residenciales durante los años 2014, 2018 y 2023. Este análisis permite identificar patrones de cambio y ajustes en las prácticas de gestión de residuos, reflejando cómo las dinámicas económicas y sociales influyen la generación de residuos en la ciudad.

Tabla 50. Resultados PPC en los años 2014, 2018 y 2023

Subsector	Unidades caracterizadas en 2014	PPC (Kg/ persona*día) 2014	Unidades caracterizadas en 2018	PPC (Kg/ persona*día) 2018	Unidades caracterizadas en 2023	PPC (Kg/ persona*día) 2023
Oficial	20	0,19	30	0,143	30	0,09
Industrial	51	1,18	131	0,436	172	0,25
(Salud)	50	0,09	140	0,207	73	0,10
Plazas de Mercado	2	0,6	4	1,576	4	0,85
Comercial	180	0,43	191	0,555	241	0,04
Restaurantes	10	0,35	80	1,753	43	0,17
Centros Comerciales	11	0,06	15	0,145	16	0,04
Instituciones Educativas	60	0,06	110	0,056	80	0,11
Hotelero	X	X	X	X	55	0,30

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9. Resultados de PPC en los años 2014, 2018 y 2023



Fuente: Elaboración propia

El subsector oficial ha experimentado una disminución en la PPC de residuos desde 2014 hasta 2023, lo que podría atribuirse a las mejoras en la eficiencia de la gestión de residuos sólidos. La tendencia descendente en la PPC también es evidente en el sector industrial, lo que puede ser indicativo de optimización de procesos, mayor rigor normativo ambiental y un incremento en el aprovechamiento de residuos sólidos.

En el ámbito educativo, la PPC también presentó una reducción entre los años 2014 y 2018, posiblemente debido a una mayor conciencia ambiental y a iniciativas de reciclaje y procesos de aprovechamiento más efectivos dentro de las instituciones. Otros sectores como el comercial y los restaurantes han experimentado tendencias de disminuciones de la PPC, que pueden estar relacionadas con un número más alto en la población flotante con respecto a estudios anteriores, que no se traduce proporcionalmente en un aumento de residuos generados, indicando un uso más eficiente de los recursos o la implementación de prácticas de aprovechamiento de residuos sólidos.

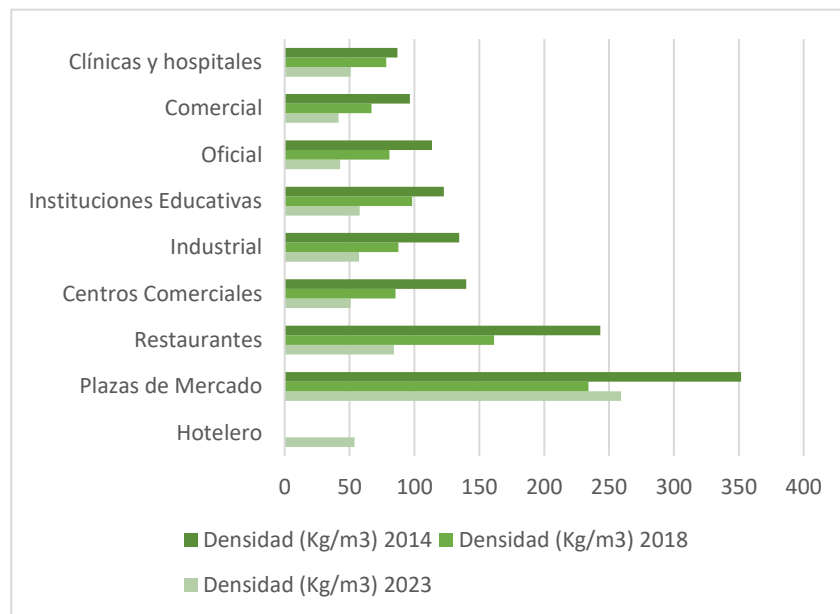
En el caso de las plazas de mercado, la disminución de la PPC puede reflejar cambios significativos en las prácticas de gestión de residuos de este tipo de actores.

Tabla 51. Resultados de densidad (Kg/m³) en los años 2014, 2018 y 2023

Subsector	Densidad (Kg/m ³) 2014	Densidad (Kg/m ³) 2018	Densidad (Kg/m ³) 2023
Comercial	96,43	66,971	41,57
Oficial	113,54	80,68	42,77
Centros Comerciales	139,9	85,56	50,81
Clínicas y hospitales	86,99	78,21	51,02
Hotelero	X	X	53,87
Industrial	134,52	87,692	57,26
Instituciones Educativas	122,7	98,21	57,7
Restaurantes	243,26	161,29	84,15
Plazas de Mercado	351,84	234,07	259,29

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 10. Consolidado de resultados de densidad en los años 2014, 2018 y 2023



Fuente: Elaboración propia

La evolución de la densidad de residuos en los subsectores destaca ciertas consistencias que sugieren una uniformidad subyacente en la tipología de los residuos a través de los años. Por ejemplo, en el caso de las plazas de mercado,

a pesar de la particularidad de ver una disminución en 2018 y luego un aumento en 2023, la densidad no experimenta cambios drásticos, lo que podría indicar que la naturaleza de los residuos generados se ha mantenido relativamente constante. Esta tendencia hacia la estabilidad en la densidad sugiere que, aunque las cantidades de residuos puedan variar año tras año debido a cambios en el volumen de la actividad generadora de residuos, la composición de los residuos no ha sufrido alteraciones significativas.

Para los hoteles, que se incluyeron por primera vez en el estudio de 2023 debido a su contribución creciente a la generación de residuos en la ciudad, se observa una densidad de residuos de 53.87 Kg/m³. Esto ofrece un nuevo punto de referencia para futuros estudios comparativos.

En general, se observa una disminución histórica en las densidades de residuos para la mayoría de los subsectores. En particular, en los restaurantes y centros comerciales, donde los residuos orgánicos suelen dominar y contribuir a densidades más altas, la disminución observada podría estar relacionada con la segregación y entrega de estos residuos a gestores privados especializados en su gestión. Esto no solo reflejaría una mayor responsabilidad ambiental y sostenibilidad en el manejo de residuos, sino también una optimización de recursos que resulta en la generación de menos residuos orgánicos.



10 RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN PORCENTUAL.

El análisis detallado de la composición física y química de los residuos sólidos es un componente esencial para entender la dinámica de la gestión de residuos en entornos no residenciales. A continuación, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los residuos generados en cada subsector no residencial. Este estudio no solo proporciona un diagnóstico de la composición actual de los residuos, sino que también permite un análisis comparativo con los datos obtenidos en investigaciones anteriores. Este análisis comparativo permite evaluar la efectividad de las políticas implementadas y las estrategias de gestión de residuos a lo largo del tiempo, ofreciendo una perspectiva valiosa para la toma de decisiones y la planificación sostenible en el sector no residencial.

La evaluación exhaustiva de estos resultados es crucial para identificar posibilidades de aprovechamiento y tratamiento de acuerdo con las características fisicoquímicas de los residuos, progresos y áreas que requieren atención en términos de prácticas de manejo de residuos.

Además del aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos, La Política Nacional Para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES 3874), también tiene entre sus ejes estratégicos la prevención de la generación de residuos sólidos, la minimización de aquellos que van a disposición final; la promoción de la reutilización y la implementación de estrategias de economía circular, buscando que el valor de los productos y materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo. Todas estas líneas de acción deben hacer parte de las estrategias a implementar por parte de los subsectores objeto de estudio, con la finalidad de brindar una adecuada gestión de los residuos sólidos.

10.1 Resultados de la composición porcentual en el subsector educativo.

En el contexto del subsector educativo, el estudio de la composición física de los residuos sólidos proporciona información valiosa para comprender las prácticas de gestión de residuos y para diseñar estrategias de reducción, reutilización y reciclaje más efectivas. A continuación, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los residuos en el ámbito educativo, detallando su composición. Este análisis permite discernir patrones de consumo y gestión, e identificar oportunidades para mejorar la sostenibilidad ambiental en las instituciones educativas.

Tabla 52. Composición porcentual del subsector Educativo.

SUBSECTOR	EDUCATIVO
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	44%
PAPEL	4%
Archivo	3%
Kraft	0%
Periódico	0%
Revista	0%
CARTÓN	5%
Corrugado	1%
Plegadizo	4%
Tubos de cartón	0%
CANASTAS DE HUEVOS	0%
Canastas de huevos	0%
PLÁSTICO	26%
PET (1) Transparente	7%
PET (1) Verde	0%
PET (1) Ámbar	1%
PET (1) Aceite	0%
PEAD (2) Flexible	2%
PEAD (2) Rígido	1%
PVC (3)	0%
PEBD (4) Flexible	5%
PEBD (4) Rígido	0%
PP (5) Flexible	2%
PP (5) Rígido	2%
PS (6)	1%
PS (6) Expandido (Icopor)	2%
Otros (7)	1%
Plásticos aluminizados	2%
ABS	0%
Policarbonato	0%
VIDRIO	3%
Blanco	3%
Verde	0%
Café - Ámbar	0%
Plano	0%
METALES	1%
Chatarra	0%
Aluminio	1%
Hierro gris	0%
Latón	0%
Cobre (Amarillo)	0%
Cobre (Rojo)	0%

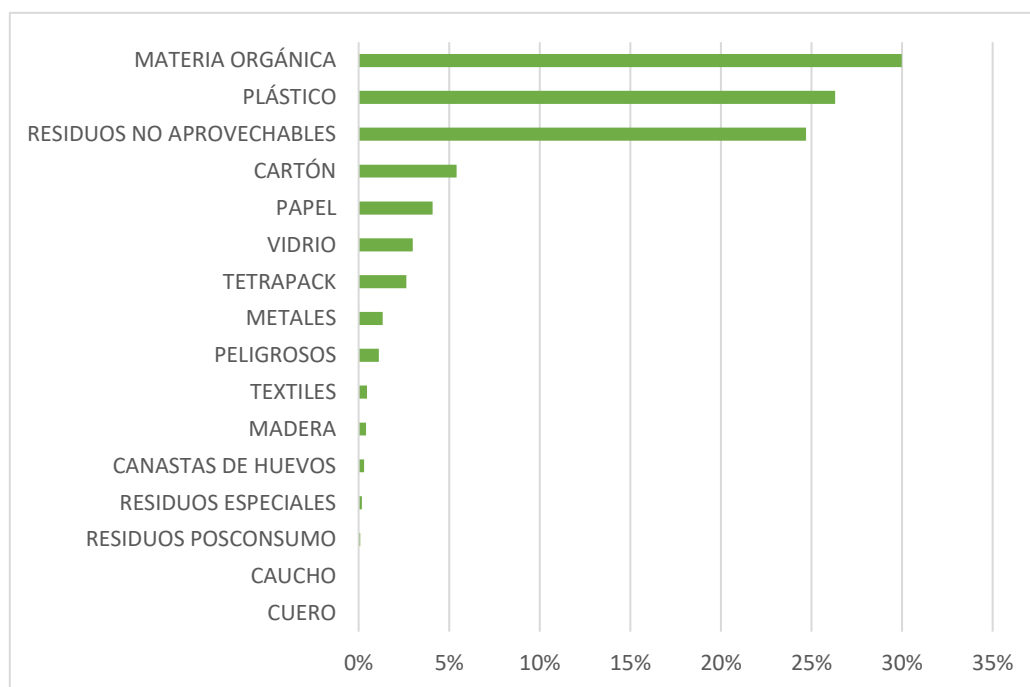
Karla	1%
CUERO	0%
Cuero	0%
CAUCHO	0%
Caucho	0%
TETRAPACK	3%
Tetrapack	3%
TEXTILES	0%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	0%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	30%
MATERIA ORGÁNICA	30%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	27%
Follaje y residuos de zonas verdes	3%
MADERA	0%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tableros aglomerados, enchapes, entre otras)	0%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	25%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	15%
Papel No reciclable	2%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	2%
Calzado	0%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	6%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0%
OTROS RESIDUOS	1%
RESIDUOS ESPECIALES	0%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0%
Muebles y enseres	0%
PELIGROSOS	1%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0%
Fibra de vidrio	0%

RESIDUOS POSCONSUMO	0%
Llantas usadas	0%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0%
Fármacos o medicamentos vencidos	0%
Pilas y/o acumuladores	0%
Baterías usadas plomo ácido	0%
Bombillas	0%
Plaguicidas y envases	0%
TOTAL	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el subsector educativo, la composición porcentual de residuos muestra que los residuos reciclables aprovechables representan el 44% del total, destacando la presencia de plásticos con un 26%, donde el PET transparente sobresale con un 7%. Esto refleja la importancia de fomentar la recolección selectiva y el reciclaje de estos materiales. Los restos de alimentos constituyen el 27% de la materia orgánica, lo cual indica que las actividades de consumo de alimentos en las jornadas educativas son una fuente significativa de residuos. Los residuos no aprovechables, que incluyen papel higiénico y servilletas usadas, representan un 15%

Gráfica 11. Composición porcentual del subsector Educativo

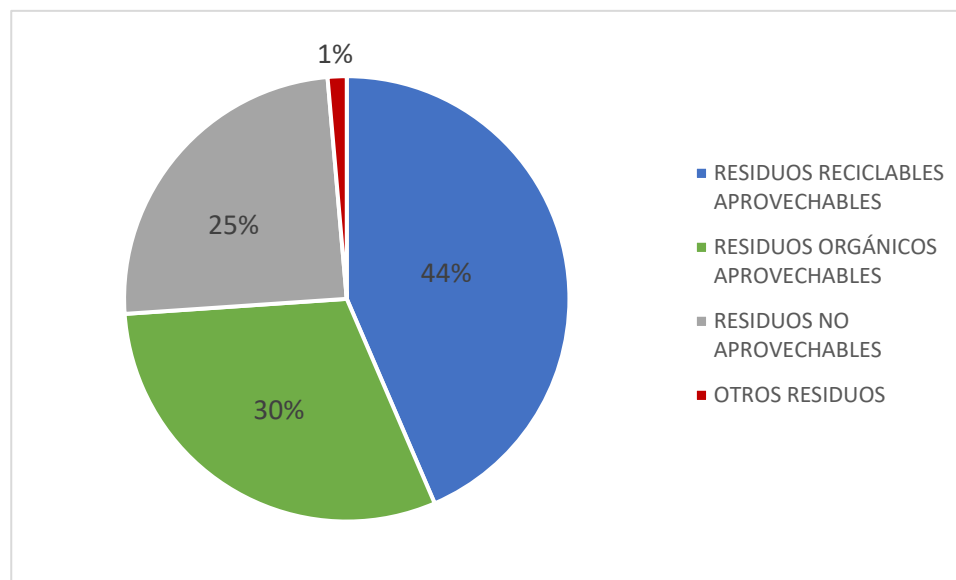


Fuente: Elaboración propia.

En el análisis detallado de la tabla de composición porcentual es notable que los residuos reciclables aprovechables constituyen casi la mitad de los residuos generados en el subsector educativo. Este alto porcentaje, con plásticos como el PET representando un 7%; papel y cartón sumando otro 9%, pone de manifiesto la importancia de instaurar y reforzar políticas de separación en la fuente y reciclaje.

El considerable volumen de materia orgánica, que alcanza el 30%, indica que las prácticas de consumo alimentario en las instituciones educativas son una fuente primordial de residuos, lo que a su vez ofrece una oportunidad significativa para estrategias de gestión de residuos orgánicos. Por otro lado, la fracción de residuos no aprovechables, aunque representa un cuarto del total, refleja la necesidad de impulsar un manejo más eficiente y una mayor conciencia ambiental para reducir este tipo de desechos.

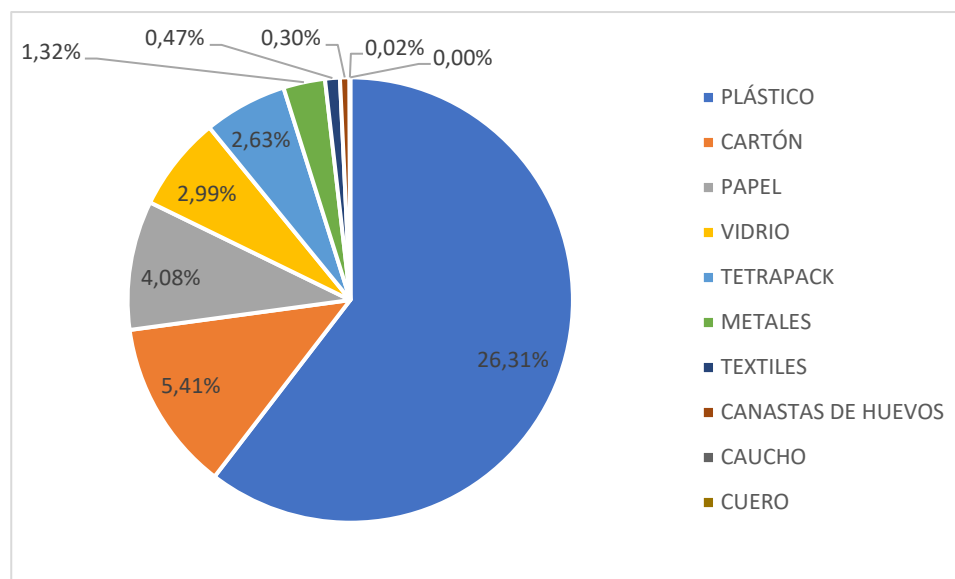
Gráfica 12. Composición porcentual consolidado del subsector Educativo.



Fuente: Elaboración propia.

La representación gráfica agrupada de los residuos en el subsector educativo nos permite observar que los residuos aprovechables constituyen el 44% del total, los orgánicos el 30% y los no aprovechables el 25%. Estos porcentajes revelan que existe un potencial significativo para evitar que una gran proporción de estos residuos termine en rellenos sanitarios a través de la implementación de programas de reciclaje, compostaje y educación en la reducción de residuos.

Gráfica 13. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector educativo.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los residuos aprovechables, el plástico, y en particular el PET, representa un área de enfoque clave, siendo un material con alto potencial de aprovechamiento. Este hallazgo enfatiza la importancia de estrategias dirigidas a prevenir la generación de plásticos, así como al fomento del aprovechamiento de los plásticos una vez sean generados. La distribución porcentual de los materiales reciclables, con plásticos al 26.31%, cartón al 5.41% y papel al 4.08%, ilustra la diversidad de materiales que pueden ser recuperados y aprovechados dentro del entorno educativo.

La composición de los residuos en el sector educativo indica una oportunidad sustancial para reforzar las prácticas de gestión de residuos y fomentar la sostenibilidad. Los porcentajes significativos de residuos reciclables y orgánicos son indicativos de la posibilidad de implementar estrategias de aprovechamiento efectivas. La prevalencia del PET como principal componente de plástico refuerza la necesidad de medidas específicas que aborden este material. La concienciación y la educación ambiental son fundamentales para minimizar los residuos no aprovechables y para transformar las prácticas de gestión de residuos en el sector educativo, contribuyendo de esta manera a un futuro más sostenible.

10.2 Resultados de la composición porcentual en el subsector hotelero.

El subsector hotelero es un componente económico vital, no solo por su contribución al turismo y la economía local sino también por su impacto en la gestión ambiental a través de la generación de residuos sólidos. La caracterización de la composición porcentual de los residuos en hoteles proporciona una visión esencial para comprender cómo se pueden mejorar las prácticas de gestión y reciclaje en este sector.

Tabla 53. Composición porcentual del subsector Hotelero.

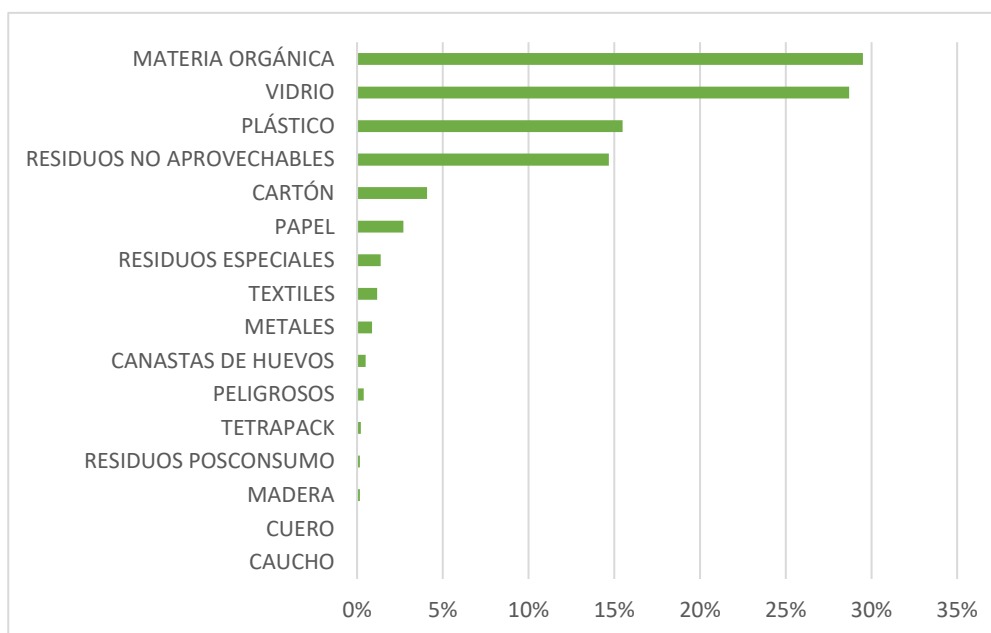
SUBSECTOR	HOTELERO
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	54%
PAPEL	3%
Archivo	1%
Kraft	1%
Periódico	0%
Revista	0%
CARTÓN	4%
Corrugado	1%
Plegadizo	2%
Tubos de cartón	0%
CANASTAS DE HUEVOS	0%
Canastas de huevos	0%
PLÁSTICO	15%
PET (1) Transparente	6%
PET (1) Verde	1%
PET (1) Ámbar	0%
PET (1) Aceite	0%
PEAD (2) Flexible	2%
PEAD (2) Rígido	0%
PVC (3)	0%
PEBD (4) Flexible	3%
PEBD (4) Rígido	0%
PP (5) Flexible	1%
PP (5) Rígido	1%
PS (6)	1%
PS (6) Expandido (Icopor)	0%
Otros (7)	0%
Plásticos aluminizados	0%
ABS	0%
Policarbonato	0%
VIDRIO	29%

Blanco	24%
Verde	2%
Café - Ámbar	3%
Plano	0%
METALES	1%
Chatarra	0%
Aluminio	0%
Hierro gris	0%
Latón	0%
Cobre (Amarillo)	0%
Cobre (Rojo)	0%
Karla	0%
CUERO	0%
Cuero	0%
CAUCHO	0%
Caucho	0%
TETRAPACK	0%
Tetrapack	0%
TEXTILES	1%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	1%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	30%
MATERIA ORGÁNICA	29%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	29%
Follaje y residuos de zonas verdes	1%
MADERA	0%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	15%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	10%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	1%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	1%
Calzado	1%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	3%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0%
OTROS RESIDUOS	2%
RESIDUOS ESPECIALES	1%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	1%
Muebles y enseres	0%
PELIGROSOS	0%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0%

Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0%
Fibra de vidrio	0%
RESIDUOS POSCONSUMO	0%
Llantas usadas	0%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0%
Fármacos o medicamentos vencidos	0%
Pilas y/o acumuladores	0%
Baterías usadas plomo ácido	0%
Bombillas	0%
Plaguicidas y envases	0%
TOTAL	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 14. Composición porcentual del subsector Hotelero

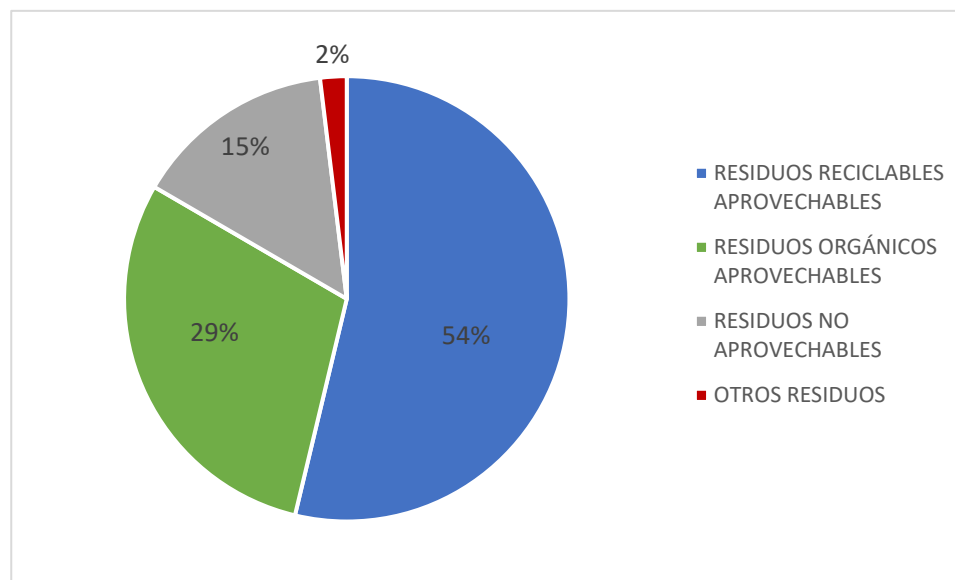


Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de la tabla anterior, se observa que en el subsector hotelero, los residuos reciclables aprovechables constituyen más de la mitad de la composición total de residuos, con un 54%. Dentro de esta categoría, el papel y el cartón suman un 7%, mientras que los plásticos alcanzan el 15%, indicando un significativo potencial de reciclaje. Notablemente, el vidrio representa el 29%, con el vidrio blanco siendo el más predominante. Este elevado porcentaje de vidrio en la composición refleja patrones de consumo específicos dentro de los hoteles, como el uso de botellas de bebidas y otros envases de vidrio.

Los residuos orgánicos aprovechables, como los restos de alimentos, frutas y verduras representan un 29%, lo que subraya la importancia de las estrategias de aprovechamiento para estos residuos. Los residuos no aprovechables, que incluyen principalmente papel higiénico y otros desechos sanitarios, constituyen el 15%. Esto indica la necesidad de promover la reducción en la fuente y de buscar alternativas sostenibles para la gestión de estos residuos.

Gráfica 15. Composición porcentual consolidado del subsector Hotelero.

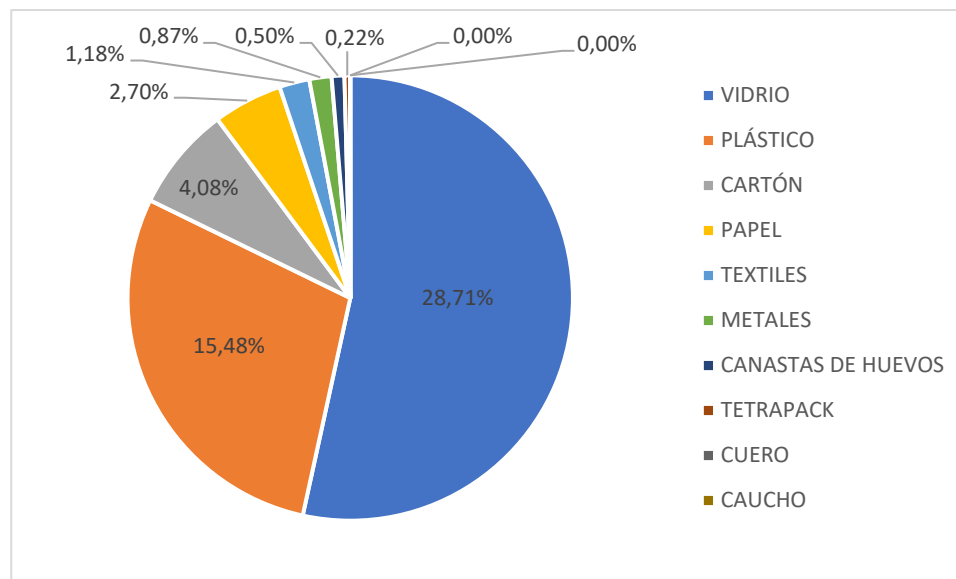


Fuente: Elaboración propia.

La representación gráfica agrupada muestra que los residuos aprovechables y los orgánicos constituyen una gran parte de la composición de los residuos en hoteles, con porcentajes de 54% y 29%, respectivamente. Esta distribución subraya la oportunidad de dirigir esfuerzos hacia el reciclaje y la valorización de estos materiales, reduciendo la cantidad de desechos que terminan en rellenos sanitarios.

Los residuos no aprovechables representan el 15%, una proporción que, aunque menor que las otras categorías, aún presenta retos en términos de minimización y manejo eficiente.

Gráfica 16. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Hotelero.



Fuente: Elaboración propia.

Al profundizar en los residuos aprovechables, el análisis detalla una clara predominancia del plástico y el vidrio, con el PET transparente y el vidrio blanco como los componentes más significativos. Este hallazgo enfatiza la necesidad de programas de reciclaje bien estructurados que se centren en estos materiales para maximizar su recuperación. Además, el alto porcentaje de residuos orgánicos subraya la oportunidad de implementar prácticas de tratamiento de orgánicos en el subsector hotelero, promoviendo así la gestión sostenible de los residuos y contribuyendo a la reducción de su huella ambiental.

10.3 Resultados de la composición porcentual en el subsector restaurantes.

El sector de restaurantes, esencial en el tejido económico y social de cualquier ciudad, juega un papel crítico en la gestión de residuos debido a su naturaleza operativa. La caracterización de la composición porcentual de los residuos generados por los restaurantes es fundamental para desarrollar estrategias de manejo eficiente y sostenible. Los resultados de esta caracterización ofrecen perspectivas sobre cómo los patrones de consumo y las prácticas operativas afectan la generación de residuos.

Tabla 54. Composición porcentual del subsector restaurantes.

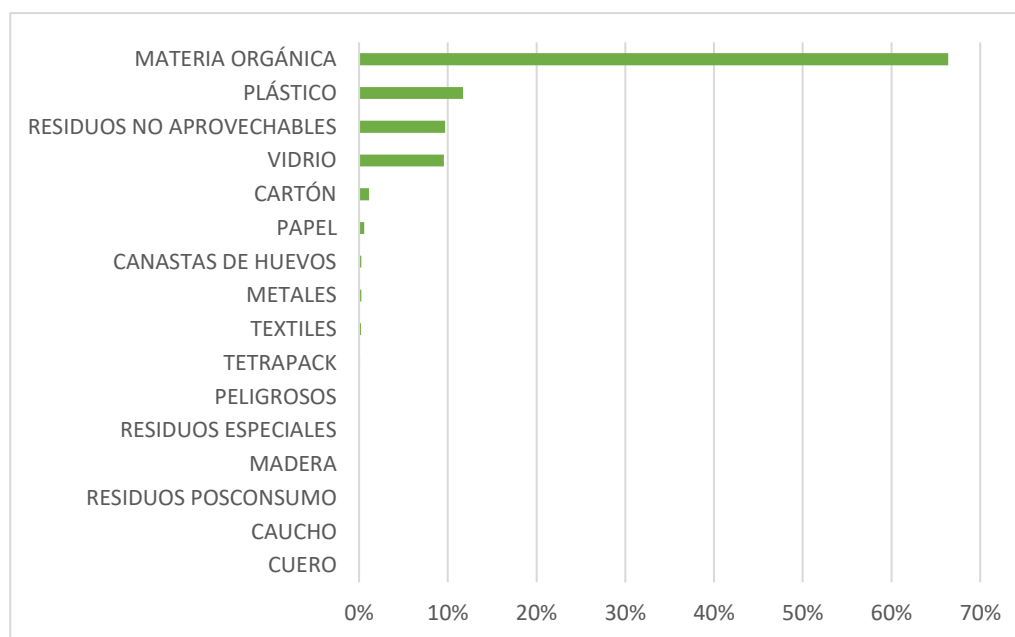
SUBSECTOR	RESTAURANTE
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	24%
PAPEL	1%
Archivo	0%
Kraft	0%
Periódico	0%
Revista	0%
CARTÓN	1%
Corrugado	0%
Plegadizo	1%
Tubos de cartón	0%
CANASTAS DE HUEVOS	0%
Canastas de huevos	0%
PLÁSTICO	12%
PET (1) Transparente	2%
PET (1) Verde	0%
PET (1) Ámbar	0%
PET (1) Aceite	0%
PEAD (2) Flexible	3%
PEAD (2) Rígido	0%
PVC (3)	0%
PEBD (4) Flexible	3%
PEBD (4) Rígido	1%
PP (5) Flexible	0%
PP (5) Rígido	1%
PS (6)	1%
PS (6) Expandido (Icopor)	0%
Otros (7)	0%
Plásticos aluminizados	0%
ABS	0%
Policarbonato	0%
VIDRIO	10%
Blanco	9%
Verde	1%
Café - Ámbar	0%
Plano	0%
METALES	0%
Chatarra	0%
Aluminio	0%
Hierro gris	0%
Latón	0%
Cobre (Amarillo)	0%

Cobre (Rojo)	0%
Karla	0%
CUERO	0%
Cuero	0%
CAUCHO	0%
Caucho	0%
TETRAPACK	0%
Tetrapack	0%
TEXTILES	0%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	0%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	66%
MATERIA ORGÁNICA	66%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	66%
Follaje y residuos de zonas verdes	0%
MADERA	0%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	10%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	7%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	1%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	1%
Calzado	0%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	1%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0%
OTROS RESIDUOS	0%
RESIDUOS ESPECIALES	0%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0%
Muebles y enseres	0%
PELIGROSOS	0%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0%

Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0%
Fibra de vidrio	0%
RESIDUOS POSCONSUMO	0%
Llantas usadas	0%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0%
Fármacos o medicamentos vencidos	0%
Pilas y/o acumuladores	0%
Baterías usadas plomo ácido	0%
Bombillas	0%
Plaguicidas y envases	0%
TOTAL	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 17. Composición porcentual del subsector restaurantes



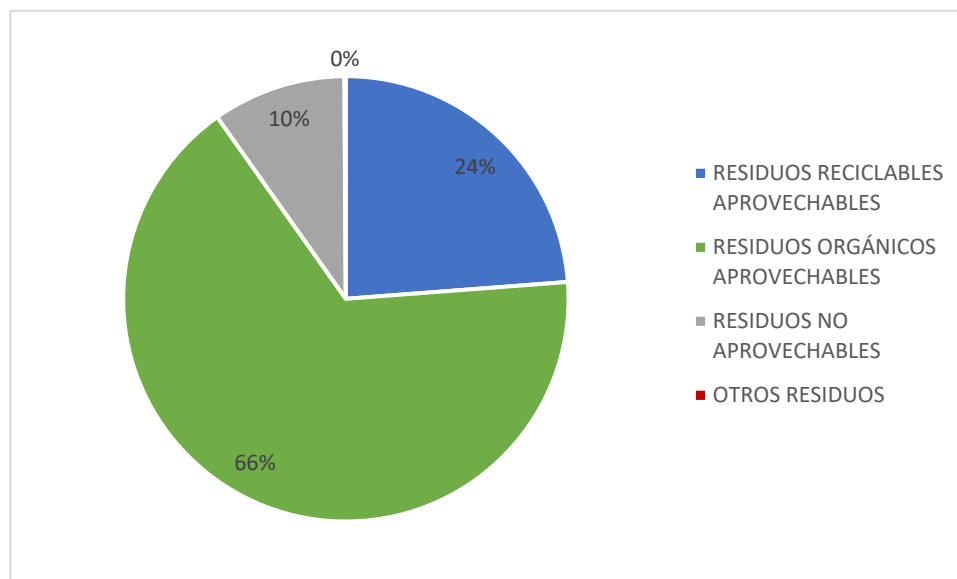
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la composición porcentual en el sector de restaurantes revela una predominancia de los residuos orgánicos aprovechables, que constituyen el 66% del total de residuos. Esta cifra, aunque esperada debido a la actividad económica principal de los restaurantes, subraya la importancia de gestionar

eficientemente este tipo de residuos. A pesar de que algunos restaurantes han adoptado la práctica de contar con gestores de residuos orgánicos, el elevado porcentaje de generación de materia orgánica destaca la necesidad continua de optimizar estas colaboraciones y explorar nuevas tecnologías y métodos para el tratamiento de estos residuos.

Los residuos reciclables aprovechables representan el 24%, con el plástico (12%) y el vidrio (10%) como los principales componentes. Dentro de los plásticos, el PET transparente aparece como el más significativo con un 2%, seguido por PEAD flexible y PEBD flexible, lo que indica oportunidades para fortalecer las iniciativas de reciclaje específicas para estos materiales. Los residuos no aprovechables suman el 10%, entre los que destacan los desechos sanitarios como papel higiénico y servilletas, sugiriendo un área de mejora en la reducción en la fuente y en la búsqueda de alternativas sostenibles para su manejo.

Gráfica 18. Composición porcentual consolidado del subsector restaurantes.

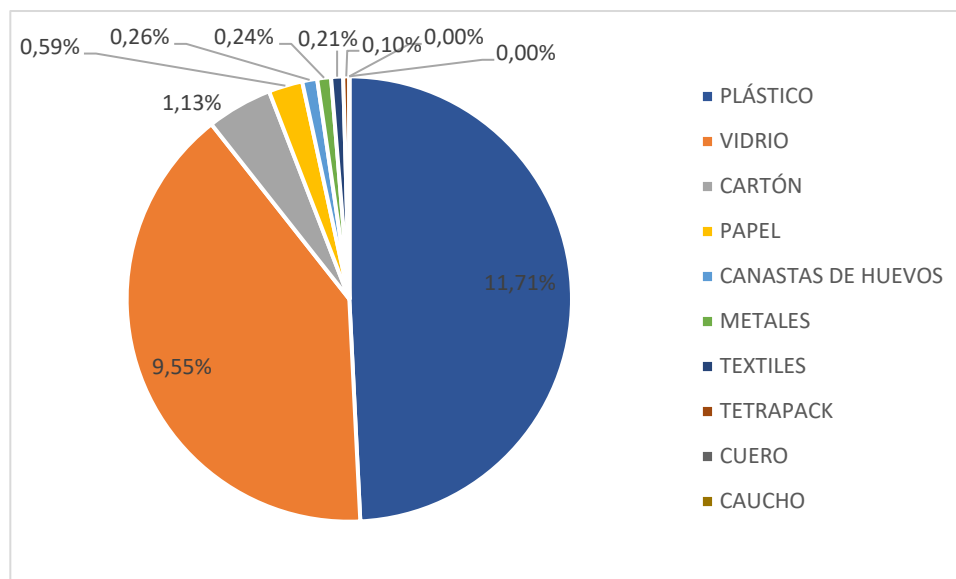


Fuente: Elaboración propia.

La representación gráfica de la composición porcentual en el sector de restaurantes permite visualizar de manera clara la distribución de los diferentes tipos de residuos, enfatizando la significativa proporción de residuos orgánicos. Esta visualización gráfica sirve como una herramienta efectiva para concienciar sobre la importancia de implementar prácticas de gestión de residuos orgánicos

más eficientes, que no solo reducirían la cantidad de residuos enviados a rellenos sanitarios, sino que también contribuirían a la creación de productos de valor agregado.

Gráfica 19. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Restaurantes.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro del sector de restaurantes, el análisis detallado de los residuos reciclables, que representan el 24% del total de los residuos generados, revela una oportunidad significativa para implementar y mejorar las prácticas de su gestión. La composición de estos residuos incluye una variedad de materiales, con el plástico y el vidrio siendo los más destacados, constituyendo el 12% y 10% respectivamente. El PET transparente, como el componente más prevalente del plástico con un 2%, subraya la importancia de enfocar los esfuerzos de reciclaje hacia este material. El vidrio, principalmente blanco, constituye una fracción importante y refleja patrones de consumo en los restaurantes que favorecen el uso de envases de vidrio para bebidas y alimentos.

Este panorama sugiere que, aunque algunos restaurantes han establecido colaboraciones con gestores de residuos orgánicos, hay un margen considerable para expandir y optimizar estas iniciativas, especialmente en lo que respecta a los residuos plásticos y de vidrio. Fortalecer la segregación en la fuente, mejorar la eficiencia de las cadenas de reciclaje y fomentar asociaciones con

recicladores y gestores de residuos pueden amplificar significativamente el impacto positivo de los restaurantes en la gestión ambiental.

Además, la presencia de cartón y papel, aunque en porcentajes más bajos, ofrece otra área de enfoque para el reciclaje, sugiriendo que la implementación de sistemas de recolección selectiva dentro de los restaurantes podría incrementar las tasas de reciclaje para estos materiales. La optimización en la gestión de estos residuos no solo contribuiría a reducir la huella ambiental de los restaurantes, sino que también podría generar ahorros operativos y mejorar la imagen pública de estos establecimientos como entidades comprometidas con prácticas sostenibles.

En resumen, el análisis de la composición de residuos aprovechables en el sector de restaurantes destaca la necesidad de adoptar un enfoque más integrado y sostenible hacia la gestión de residuos. A través de la implementación de estrategias específicas para cada tipo de material reciclable, los restaurantes pueden desempeñar un papel crucial en el avance hacia una economía circular, donde los residuos se convierten en recursos y se minimiza el impacto ambiental de las actividades humanas.

10.4 Resultados de la composición porcentual en el subsector centros comerciales.

Los centros comerciales, como nodos de actividad económica y social, generan una cantidad significativa de residuos debido a la diversidad de operaciones que albergan, incluidas las áreas de alimentación que suelen ser muy frecuentadas. La caracterización de la composición porcentual de los residuos en este subsector es clave para identificar oportunidades de mejora en la gestión de residuos y desarrollar estrategias sostenibles. Este análisis permite evaluar tendencias y cambios en las prácticas de gestión de residuos, considerando especialmente la gestión de residuos orgánicos, un área en la que muchos centros comerciales han comenzado a colaborar con gestores especializados.

Tabla 55. Composición porcentual del subsector Centros Comerciales

SUBSECTOR	CENTROS COMERCIALES
COMPONENTE	%

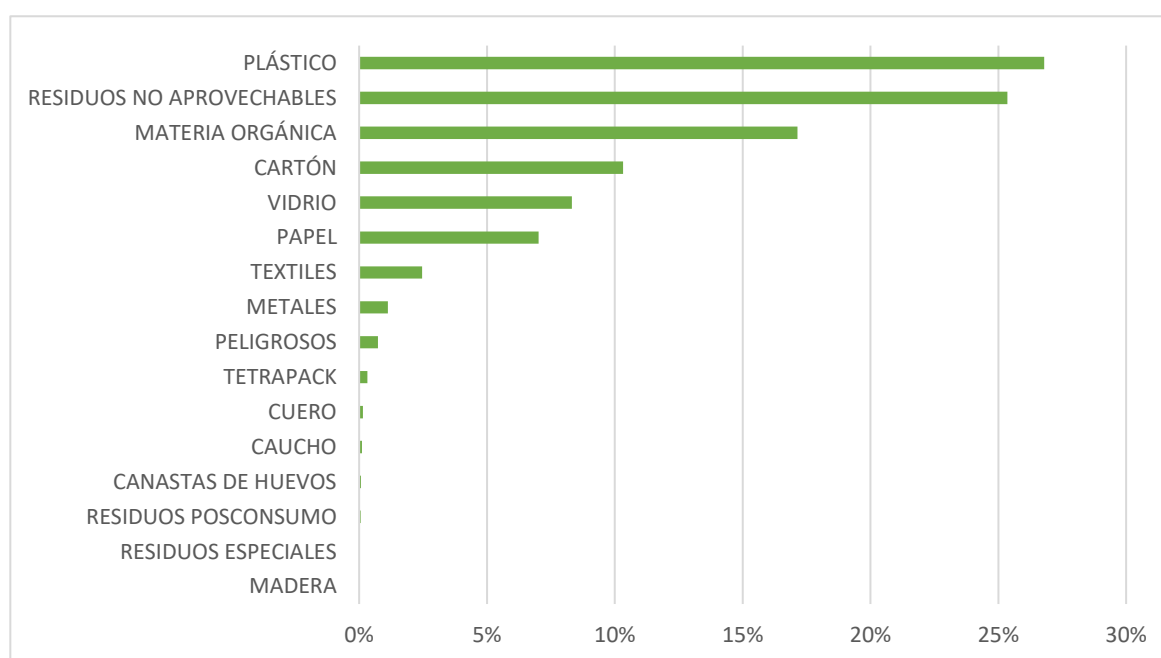
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	57%
PAPEL	7%
Archivo	4%
Kraft	2%
Periódico	1%
Revista	0%
CARTÓN	10%
Corrugado	3%
Plegadizo	7%
Tubos de cartón	1%
CANASTAS DE HUEVOS	0%
Canastas de huevos	0%
PLÁSTICO	27%
PET (1) Transparente	4%
PET (1) Verde	0%
PET (1) Ámbar	0%
PET (1) Aceite	0%
PEAD (2) Flexible	4%
PEAD (2) Rígido	0%
PVC (3)	0%
PEBD (4) Flexible	7%
PEBD (4) Rígido	0%
PP (5) Flexible	2%
PP (5) Rígido	4%
PS (6)	4%
PS (6) Expandido (Icopor)	1%
Otros (7)	0%
Plásticos aluminizados	1%
ABS	0%
Polycarbonato	0%
VIDRIO	8%
Blanco	7%
Verde	1%
Café - Ámbar	0%
Plano	0%
METALES	1%
Chatarra	0%
Aluminio	1%
Hierro gris	0%
Latón	0%
Cobre (Amarillo)	0%
Cobre (Rojo)	0%
Karla	0%
CUERO	0%

Cuero	0%
CAUCHO	0%
Caucho	0%
TETRAPACK	0%
Tetrapack	0%
TEXTILES	2%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	2%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	17%
MATERIA ORGÁNICA	17%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	15%
Follaje y residuos de zonas verdes	2%
MADERA	0%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tableros aglomerados, enchapes, entre otras)	0%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	25%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	15%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	2%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	4%
Calzado	0%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	5%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0%
OTROS RESIDUOS	1%
RESIDUOS ESPECIALES	0%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0%
Muebles y enseres	0%
PELIGROSOS	1%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0%

Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0%
Fibra de vidrio	0%
RESIDUOS POSCONSUMO	0%
Llantas usadas	0%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0%
Fármacos o medicamentos vencidos	0%
Pilas y/o acumuladores	0%
Baterías usadas plomo ácido	0%
Bombillas	0%
Plaguicidas y envases	0%
TOTAL	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 20. Composición porcentual del subsector Centros Comerciales.

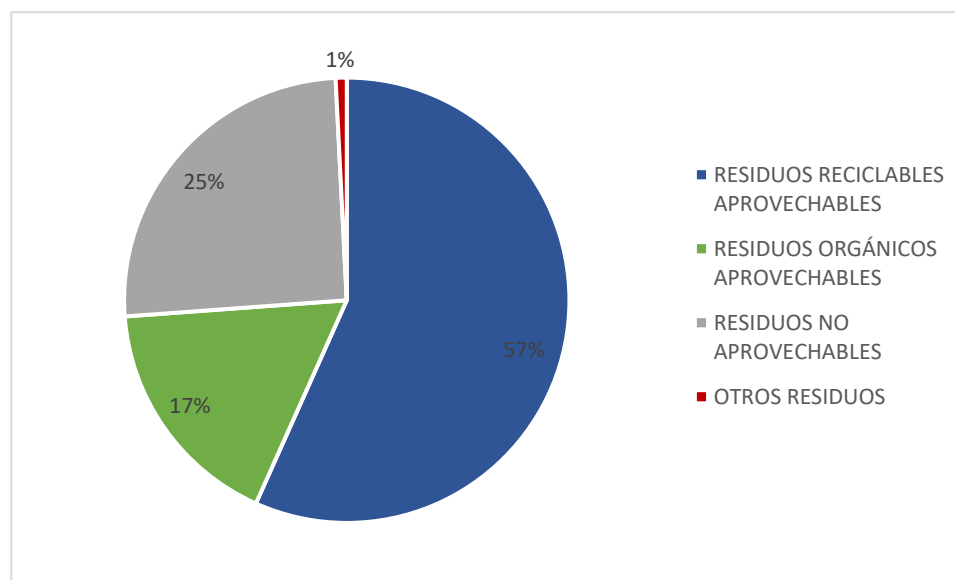


Fuente: Elaboración propia.

La composición porcentual de residuos en los centros comerciales muestra que el 57% de los residuos son reciclables aprovechables, lo que refleja un alto potencial de reciclaje. Dentro de esta categoría, el papel constituye el 7%, y el cartón alcanza el 10%, destacando la importancia de estos materiales en la generación de residuos. Los plásticos representan el 27%, con una diversidad de subtipos como PET transparente (4%) y PEBD flexible (7%), lo que subraya la relevancia de enfocar esfuerzos de reciclaje hacia estos materiales.

A pesar de la alta afluencia en las plazas de comida, los residuos orgánicos aprovechables constituyen solo el 17% del total. Este porcentaje relativamente bajo, comparado con lo que podría esperarse dada la actividad económica, puede atribuirse a la colaboración efectiva con gestores de residuos orgánicos por parte de los centros comerciales, demostrando un compromiso con la gestión sostenible de este tipo de residuos. Los residuos no aprovechables representan el 25%, incluyendo un 15% de desechos sanitarios como papel higiénico y servilletas, lo que indica un área de oportunidad para reducir la generación de estos residuos.

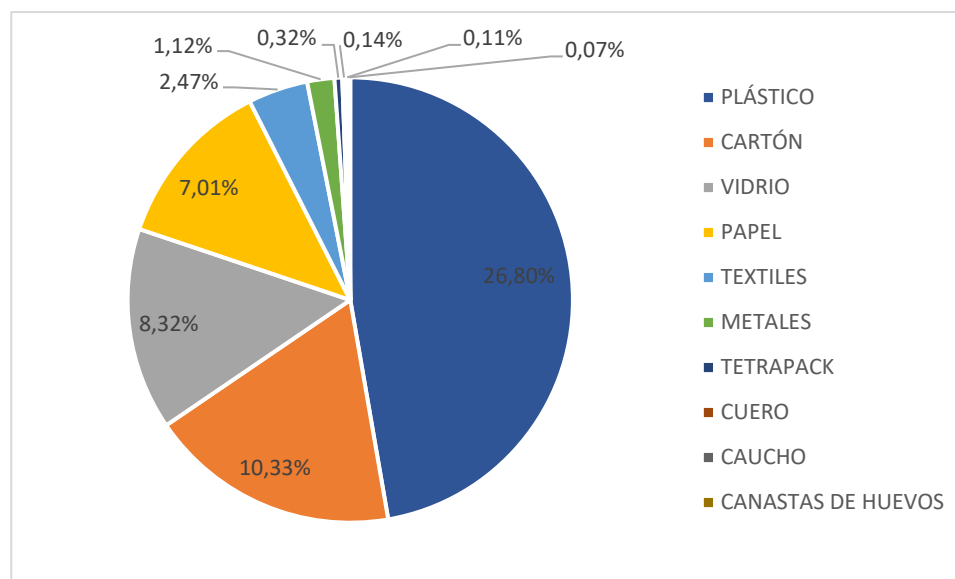
Gráfica 21. Composición porcentual consolidado del subsector Centros Comerciales.



Fuente: Elaboración propia.

La representación gráfica de la composición porcentual ilustra claramente la distribución de los distintos tipos de residuos en los centros comerciales, resaltando la predominancia de los residuos reciclables aprovechables y la gestión efectiva de los residuos orgánicos. Este enfoque visual ayuda a comprender la importancia de continuar fortaleciendo las iniciativas de reciclaje y de buscar estrategias innovadoras para la gestión de residuos no aprovechables, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de estas instalaciones.

Gráfica 22. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Centros comerciales.



Fuente: Elaboración propia.

Tras examinar la gráfica circular que representa los residuos aprovechables en los centros comerciales, es evidente que estos materiales ofrecen una oportunidad significativa para implementar y optimizar estrategias de reciclaje. Al reajustar la perspectiva para que el 57% total de residuos reciclables aprovechables constituya el 100% de nuestra base de análisis, podemos proporcionar un desglose más detallado de esta categoría.

En este contexto ajustado, el plástico emerge como un componente considerable, representando aproximadamente el 47.4% del total de residuos reciclables. Dentro de este grupo, el PET transparente, con un 7% de la fracción de plásticos, destaca como un material prioritario para programas de reciclaje específicos, subrayando la importancia de separar y reciclar eficientemente este tipo de plástico.

El papel y el cartón, que representan juntos cerca del 29.8% de los residuos reciclables, refuerzan la necesidad de implementar sistemas de recogida selectiva que mejoren las tasas de reciclaje para estos materiales. La segregación efectiva en la fuente y la concienciación sobre el reciclaje de papel y cartón pueden contribuir significativamente a la economía circular dentro del ambiente de los centros comerciales.

El vidrio, que constituye aproximadamente el 14% de los residuos reciclables aprovechables, indica un área de oportunidad para establecer colaboraciones con gestores de residuos especializados en vidrio, optimizando así su recogida y tratamiento. Este porcentaje resalta la relevancia del consumo de productos envasados en vidrio dentro de los centros comerciales y la importancia de fomentar su reciclaje.

La representación gráfica y el análisis ajustado de los residuos aprovechables ilustran claramente la diversidad y el potencial de los materiales reciclables presentes en los centros comerciales. Al centrar los esfuerzos en el reciclaje y la recuperación de plásticos, papel, cartón y vidrio, los centros comerciales pueden desempeñar un papel crucial en la reducción del impacto ambiental. Este enfoque no solo beneficia al medio ambiente, sino que también mejora la percepción pública de los centros comerciales como entidades comprometidas con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. La implementación de estrategias efectivas para la gestión de estos residuos no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental, sino que también reforzará la posición de los centros comerciales como líderes en prácticas comerciales responsables y sostenibles.

10.5 Resultados de la composición porcentual en el subsector salud.

El subsector salud, con la prestación de servicios y procedimientos médicos, enfrenta desafíos específicos en la gestión de residuos. La composición porcentual de los residuos generados en este ámbito es crucial para identificar estrategias efectivas de manejo y reciclaje. Este análisis ofrece una perspectiva sobre las prácticas de gestión de residuos en el sector y subrayando la importancia de un manejo cuidadoso de residuos peligrosos y de posconsumo para la protección de la salud pública y el medio ambiente.

Tabla 56. Composición porcentual del subsector Salud

SUBSECTOR	SALUD
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	46,90%
PAPEL	9,69%
Archivo	8,26%
Kraft	0,99%
Periódico	0,37%
Revista	0,07%
CARTÓN	7,85%

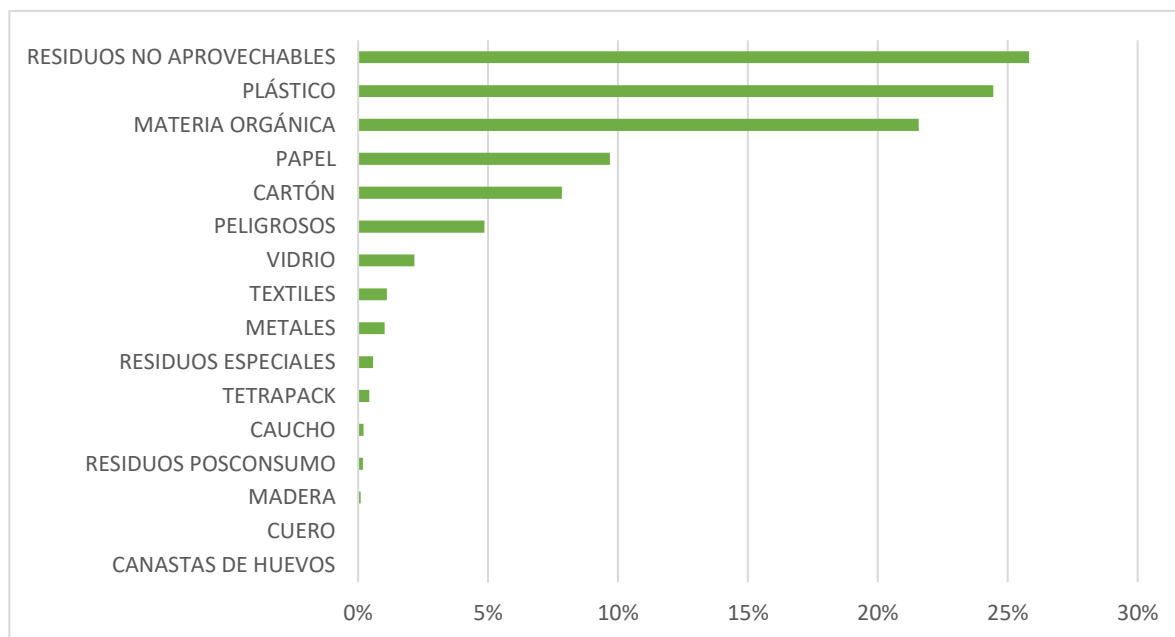
Corrugado	1,51%
Plegadizo	5,65%
Tubos de cartón	0,69%
CANASTAS DE HUEVOS	0,00%
Canastas de huevos	0,00%
PLÁSTICO	24,44%
PET (1) Transparente	4,99%
PET (1) Verde	0,40%
PET (1) Ámbar	0,36%
PET (1) Aceite	0,01%
PEAD (2) Flexible	4,08%
PEAD (2) Rígido	1,02%
PVC (3)	0,17%
PEBD (4) Flexible	3,54%
PEBD (4) Rígido	0,14%
PP (5) Flexible	2,26%
PP (5) Rígido	2,69%
PS (6)	1,71%
PS (6) Expandido (Icopor)	1,83%
Otros (7)	0,37%
Plásticos aluminizados	0,85%
ABS	0,01%
Polycarbonato	0,02%
VIDRIO	2,16%
Blanco	1,90%
Verde	0,18%
Café - Ámbar	0,08%
Plano	0,00%
METALES	1,02%
Chatarra	0,29%
Aluminio	0,43%
Hierro gris	0,03%
Latón	0,00%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,28%
CUERO	0,00%
Cuero	0,00%
CAUCHO	0,21%
Caucho	0,21%
TETRAPACK	0,43%
Tetrapack	0,43%
TEXTILES	1,10%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	1,10%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	21,67%

MATERIA ORGÁNICA	21,57%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	16,14%
Follaje y residuos de zonas verdes	5,44%
MADERA	0,10%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,09%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tableros aglomerados, enchapes, entre otras)	0,00%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	25,82%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	17,74%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	4,49%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	1,03%
Calzado	0,17%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	2,21%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,18%
OTROS RESIDUOS	5,61%
RESIDUOS ESPECIALES	0,57%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,57%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	4,86%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,22%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	2,53%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	1,42%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,02%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0,04%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,01%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,57%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,06%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,19%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,04%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,09%
Pilas y/o acumuladores	0,02%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,04%
Plaguicidas y envases	0,00%

TOTAL	100,00%
--------------	----------------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 23. Composición porcentual del subsector Salud.



Fuente: Elaboración propia.

En el sector de salud, los residuos reciclables aprovechables representan el 46.90% del total de residuos, con el papel y el cartón como contribuyentes significativos, alcanzando el 9.69% y 7.85% respectivamente. Este destacado porcentaje indica la existencia de amplias oportunidades para mejorar las tasas de reciclaje a través de programas de segregación más eficientes. Además, los plásticos comprenden el 24.44% de la composición total de residuos, destacando la necesidad de prestar especial atención a este material debido a su diversidad y potencial de reciclaje, especialmente el PET transparente (4.99%) y los tipos de PEAD y PEBD.

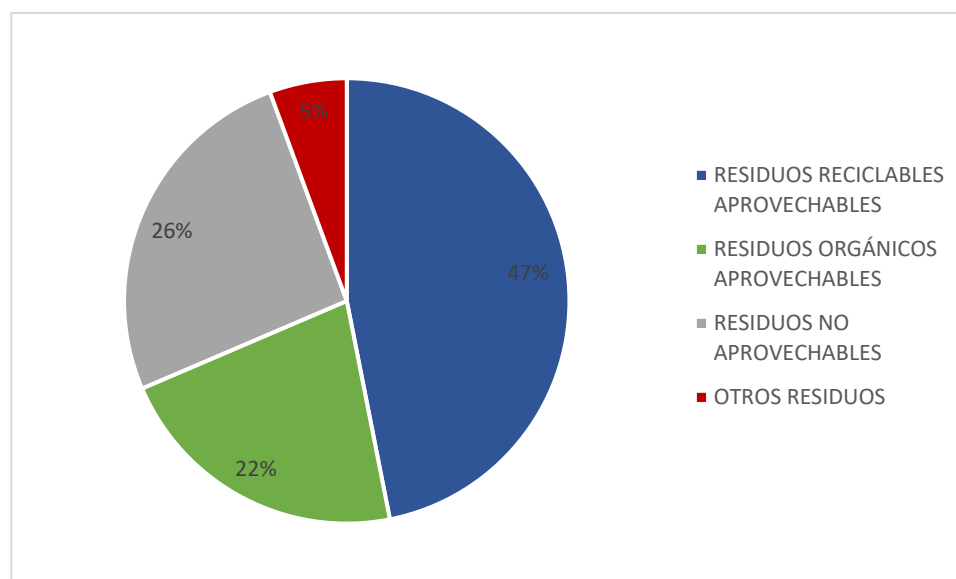
Por otro lado, los residuos no aprovechables constituyen el 27% del total, lo que resalta un área crítica que requiere estrategias de reducción y gestión mejoradas. Este porcentaje sugiere la importancia de enfocarse en minimizar la generación de este tipo de residuos y optimizar su manejo.

La presencia de residuos orgánicos en el sector de salud, que representa el 21.67%, varía considerablemente dependiendo de la naturaleza de las

operaciones de cada establecimiento. En entornos donde no se presta el servicio de internación, como algunas clínicas y consultorios, la generación de residuos orgánicos puede ser relativamente baja. En contraste, en hospitales y clínicas con internación de pacientes, es más probable que se genere una cantidad significativa de residuos orgánicos, debido a las actividades relacionadas con la alimentación de los pacientes.

El bajo porcentaje de residuos posconsumo (0.19%) podría interpretarse como indicativo de una gestión eficaz de estos materiales. Sin embargo, su presencia, aunque pequeña, señala la necesidad de continuar con la vigilancia y la implementación de buenas prácticas de segregación y manejo para asegurar que estos residuos sean tratados de manera adecuada y segura, evitando riesgos potenciales tanto para el personal de los establecimientos de salud como para el personal de las empresas de aseo encargadas de la recolección.

Gráfica 24. Composición porcentual consolidado del subsector Salud.

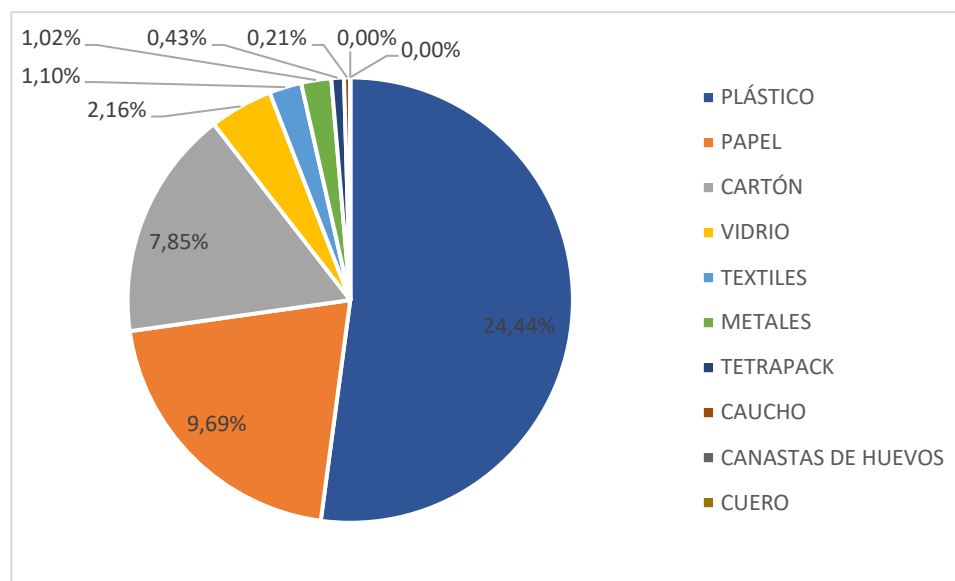


Fuente: Elaboración propia.

Tras visualizar la gráfica circular, se evidencia que los residuos reciclables aprovechables en el sector de salud tienen un amplio margen para el incremento de su recuperación y reciclaje. El papel y el cartón, que juntos suman un 17.54% de los residuos reciclables, resaltan la oportunidad de mejorar la recogida selectiva y el reciclaje de estos materiales. La variedad de plásticos, representando casi la mitad de los residuos reciclables (47% del total reciclable),

subraya la importancia de establecer programas específicos que aborden el reciclaje de cada tipo de plástico, especialmente el PET y los polietilenos.

Gráfica 25. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Salud.



Fuente: Elaboración propia.

El sector de salud muestra un potencial y compromiso con la gestión de residuos, evidenciado por la significativa cantidad de residuos reciclables aprovechables y la efectiva gestión de residuos orgánicos. Sin embargo, el hallazgo de residuos peligrosos como tapabocas y, en menor medida, materiales cortopunzantes, resalta la necesidad crítica de mejorar las prácticas de segregación y manejo de estos residuos para proteger la salud pública y el medio ambiente. La continua vigilancia y mejora de las prácticas de gestión de residuos posconsumo y peligrosos son esenciales para mitigar los riesgos asociados y promover un entorno de salud más seguro y sostenible. Avanzar hacia una gestión integral de residuos que incluya el aumento de las tasas de reciclaje y la minimización de residuos peligrosos contribuirá significativamente con la gestión integral de residuos en este subsector.

El subsector de salud destaca por su compromiso con la gestión de residuos, como demuestra la significativa proporción de residuos reciclables aprovechables dentro de su composición total. Sin embargo, la presencia de residuos peligrosos, como materiales cortopunzantes, constituye una seria

preocupación. Este hallazgo subraya la urgente necesidad de fortalecer las prácticas de segregación y manejo de estos residuos para proteger tanto al personal de las instalaciones de salud como al personal de las empresas de servicios de aseo. La presencia de estos residuos en la masa de residuos presentados al prestador del servicio público de aseo contradice las normativas nacionales sobre residuos peligrosos, como el Decreto 4741 de 2005. En este sentido, cualquier presencia de residuos peligrosos y posconsumo en los desechos entregados al servicio de aseo es preocupante y requiere atención.

Es fundamental implementar y reforzar las campañas sobre buenas prácticas de segregación en la fuente, especialmente para los residuos que requieren un manejo especializado. La mejora continua en las prácticas de manejo de residuos posconsumo y peligrosos es esencial para mitigar los riesgos asociados y avanzar hacia un entorno de salud más seguro y sostenible.

El avance hacia una gestión integral de residuos en el sector de salud, que incluya el aumento de las tasas de reciclaje y la minimización y correcta disposición de residuos peligrosos, es crucial. Este enfoque no solo contribuirá a proteger la salud pública y el medio ambiente, sino que también alineará las prácticas de gestión de residuos del sector de salud con las normativas vigentes, asegurando un manejo responsable y sostenible de todos los tipos de residuos generados en estas instalaciones.

10.6 Resultados de la composición porcentual en el subsector Oficial.

El subsector oficial se caracteriza por su diversidad operativa, abarcando desde bibliotecas, centros deportivos hasta brigadas militares y estaciones de policía. Esta variedad de entidades contribuye a una amplia gama de tipologías de residuos generados, lo que presenta desafíos y oportunidades únicas para la gestión de residuos. El análisis de la composición porcentual de los residuos en este subsector no solo refleja las prácticas actuales de manejo de residuos, sino que también subraya la importancia de abordar adecuadamente los residuos peligrosos y de posconsumo, asegurando su disposición y manejo seguro y conforme a la normativa.

Tabla 57. Composición porcentual del subsector Oficial.

SUBSECTOR	OFICIAL
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	33,78%
PAPEL	6,83%
Archivo	2,33%

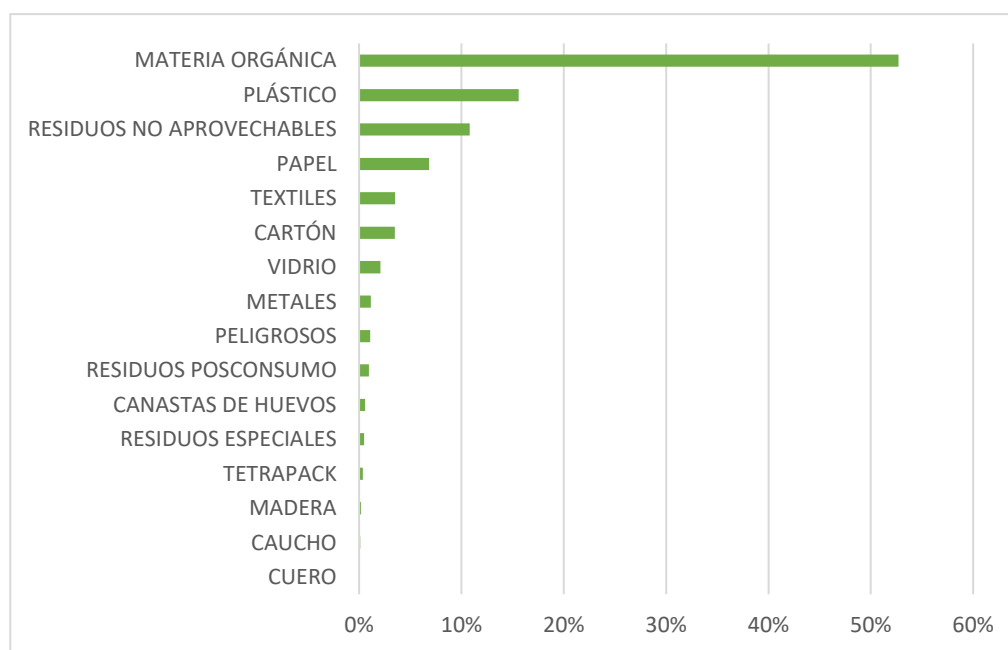
Kraft	0,72%
Periódico	3,37%
Revista	0,41%
CARTÓN	3,50%
Corrugado	0,70%
Plegadizo	2,66%
Tubos de cartón	0,14%
CANASTAS DE HUEVOS	0,60%
Canastas de huevos	0,60%
PLÁSTICO	15,61%
PET (1) Transparente	3,12%
PET (1) Verde	0,15%
PET (1) Ámbar	0,43%
PET (1) Aceite	0,14%
PEAD (2) Flexible	1,91%
PEAD (2) Rígido	0,45%
PVC (3)	0,18%
PEBD (4) Flexible	3,55%
PEBD (4) Rígido	0,00%
PP (5) Flexible	1,74%
PP (5) Rígido	1,07%
PS (6)	0,72%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,89%
Otros (7)	0,60%
Plásticos aluminizados	0,51%
ABS	0,00%
Policarbonato	0,14%
VIDRIO	2,08%
Blanco	1,52%
Verde	0,07%
Café - Ámbar	0,18%
Plano	0,30%
METALES	1,15%
Chatarra	0,21%
Aluminio	0,25%
Hierro gris	0,17%
Latón	0,02%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,49%
CUERO	0,02%
Cuero	0,02%
CAUCHO	0,12%
Caucho	0,12%

TETRAPACK	0,36%
Tetrapack	0,36%
TEXTILES	3,51%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	3,51%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	52,88%
MATERIA ORGÁNICA	52,69%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	16,72%
Follaje y residuos de zonas verdes	35,98%
MADERA	0,18%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,14%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerados, enchapes, entre otras)	0,05%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	10,80%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	6,73%
Papel No reciclable	0,46%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,51%
Calzado	0,77%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	1,10%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	1,23%
OTROS RESIDUOS	2,55%
RESIDUOS ESPECIALES	0,49%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,49%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	1,10%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,26%
Biosanitarios	0,38%
Cortopunzantes	0,02%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,02%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,15%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0,08%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,18%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,96%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,16%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,68%

Pilas y/o acumuladores	0,02%
Baterías usadas plomo ácido	0,01%
Bombillas	0,08%
Plaguicidas y envases	0,01%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 26. Composición porcentual del subsector oficial.



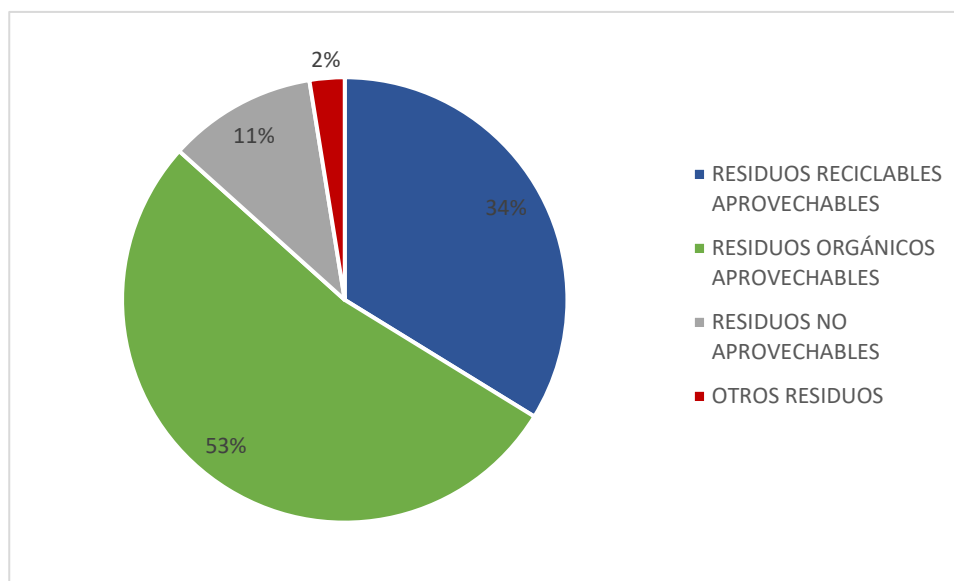
Fuente: Elaboración propia.

En el subsector oficial, los residuos reciclables aprovechables representan el 33.78%, con el papel (6.83%) y el cartón (3.50%) siendo los componentes más significativos. Esta proporción subraya la importancia de mejorar las tasas de reciclaje a través de programas de segregación eficaces. Los plásticos forman el 15.61% del total, con una diversidad de subtipos que indican la necesidad de estrategias de reciclaje específicas, especialmente para el PET transparente (3.12%) y los polietilenos.

Los residuos orgánicos aprovechables constituyen el 52.88% del total, destacando los residuos de follaje y residuos de zonas verdes con un 35.98% el cual es aportado en gran medida por entidades con amplias zonas verdes como batallones militares, centros deportivos, algunas bibliotecas y estaciones de policía, los cuales aportan en gran medida a esta categoría. La presencia de residuos peligrosos (1.10%) y de posconsumo (0.96%) aunque baja, resalta la

necesidad de implementar prácticas de segregación y manejo más estrictas para estos tipos de residuos, minimizando el riesgo para el personal y asegurando una disposición adecuada.

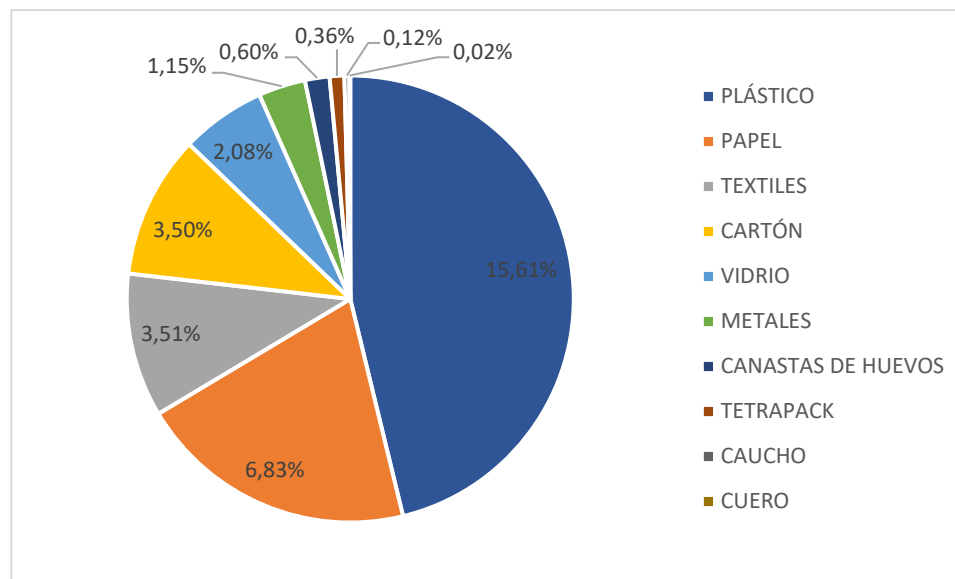
Gráfica 27. Composición porcentual consolidada del subsector Oficial.



Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de la gráfica circular que representa la composición porcentual de residuos en el subsector oficial revela una distribución donde los residuos orgánicos aprovechables dominan con el 53%, seguido por los residuos reciclables aprovechables con un 34%. Los residuos no aprovechables constituyen un 11% y otros residuos, incluyendo peligrosos y posconsumo suman un 2%. Este análisis destaca la importancia de gestionar eficientemente la cantidad de residuos orgánicos, especialmente el follaje y residuos de zonas verdes que representan el 35.98% del total de orgánicos, atribuible en gran medida a entidades con amplias áreas verdes como bibliotecas, centros deportivos y, notablemente, las brigadas militares. La presencia de estos residuos subraya la oportunidad y la necesidad de implementar prácticas de aprovechamiento de orgánicos y gestión sostenible del paisaje que no solo reduzcan la cantidad de residuos enviados al relleno sanitario, sino que también contribuyan a la creación de un entorno más verde y sostenible dentro de las entidades oficiales.

Gráfica 28. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Oficial.



Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de la gráfica circular que representa la composición porcentual de residuos en el subsector oficial revela una distribución donde los residuos orgánicos aprovechables dominan con un 53% y en segundo lugar están los residuos reciclables aprovechables con un 34%. Los residuos no aprovechables constituyen un 11% y otros residuos, incluyendo peligrosos y de posconsumo, suman un 2%. Este análisis destaca la importancia de gestionar eficientemente la gran cantidad de residuos orgánicos, especialmente el follaje y residuos de zonas verdes que representan el 35.98% del total de orgánicos, atribuible en gran medida a entidades con amplias áreas verdes como bibliotecas, centros deportivos y, notablemente, las brigadas militares. La presencia de estos residuos subraya la oportunidad y la necesidad de implementar prácticas de compostaje y gestión sostenible del paisaje que no solo reduzcan la cantidad de desechos enviados a rellenos, sino que también contribuyan a la creación de un entorno más verde y sostenible dentro de las entidades oficiales.

El subsector oficial, dada su heterogeneidad y la amplitud de actividades que abarca, enfrenta retos específicos en la gestión de residuos que requieren soluciones personalizadas y eficaces. El manejo adecuado de los residuos orgánicos, la maximización del reciclaje de materiales aprovechables y la atención cuidadosa a los residuos peligrosos y de posconsumo son esenciales para avanzar hacia una gestión de residuos más sostenible. La implementación

de estrategias de gestión integral de residuos que incluyan prácticas de reciclaje y educación ambiental contribuirá significativamente a la sostenibilidad y responsabilidad ambiental en el subsector oficial, estableciendo un modelo a seguir en la gestión de residuos.

10.7 Resultados de la composición porcentual en el subsector plazas de mercado.

Las plazas de mercado desempeñan un papel crucial en la cadena de suministro alimenticio y en la economía local, ofreciendo además espacios para el comercio de una variedad de productos diversos. A pesar de la diversidad comercial, la generación de residuos orgánicos sigue siendo predominante, reflejando la centralidad de la actividad alimentaria en estas plazas. Este análisis busca entender la composición porcentual de los residuos generados, destacando las oportunidades y desafíos para la gestión sostenible de residuos en este contexto diverso

Tabla 58. Composición porcentual del subsector Plazas de mercado.

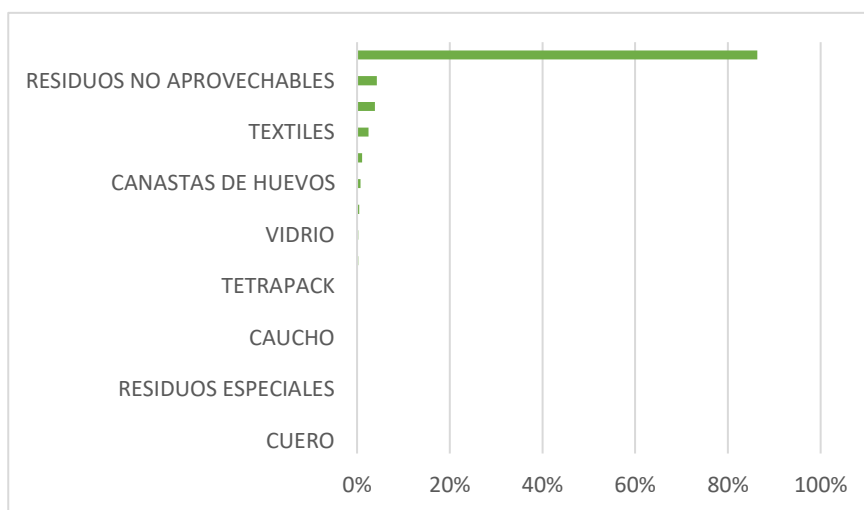
SUBSECTOR	PLAZAS DE MERCADO
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	9,12%
PAPEL	0,50%
Archivo	0,20%
Kraft	0,11%
Periódico	0,19%
Revista	0,00%
CARTÓN	1,06%
Corrugado	0,46%
Plegadizo	0,54%
Tubos de cartón	0,06%
CANASTAS DE HUEVOS	0,75%
Canastas de huevos	0,75%
PLÁSTICO	3,87%
PET (1) Transparente	0,18%
PET (1) Verde	0,16%
PET (1) Ámbar	0,02%
PET (1) Aceite	0,04%
PEAD (2) Flexible	0,71%
PEAD (2) Rígido	0,04%
PVC (3)	0,24%
PEBD (4) Flexible	0,96%
PEBD (4) Rígido	0,00%
PP (5) Flexible	0,41%

PP (5) Rígido	0,69%
PS (6)	0,09%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,15%
Otros (7)	0,07%
Plásticos aluminizados	0,08%
ABS	0,00%
Polycarbonato	0,03%
VIDRIO	0,26%
Blanco	0,19%
Verde	0,03%
Café - Ámbar	0,00%
Plano	0,03%
METALES	0,10%
Chatarra	0,06%
Aluminio	0,00%
Hierro gris	0,00%
Latón	0,00%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,04%
CUERO	0,00%
Cuero	0,00%
CAUCHO	0,01%
Caucho	0,01%
TETRAPACK	0,11%
Tetrapack	0,11%
TEXTILES	2,46%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	2,46%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	86,35%
MATERIA ORGÁNICA	86,35%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	75,57%
Follaje y residuos de zonas verdes	10,78%
MADERA	0,00%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,00%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0,00%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	4,29%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	1,96%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	0,16%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,24%
Calzado	1,20%

Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	0,72%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,00%
OTROS RESIDUOS	0,24%
RESIDUOS ESPECIALES	0,00%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,00%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	0,23%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,10%
Biosanitarios	0,02%
Cortopunzantes	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,00%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0,00%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,11%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,01%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,00%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,01%
Pilas y/o acumuladores	0,00%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,00%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 29. Composición porcentual del subsector Plazas de mercado.

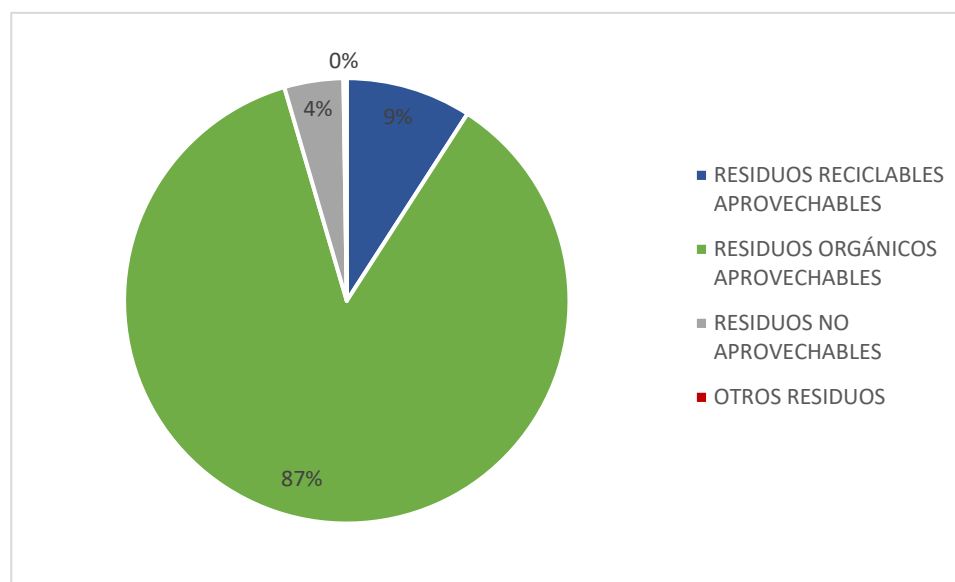


Fuente: Elaboración propia.

En las plazas de mercado, los residuos reciclables aprovechables constituyen solo el 9,12% del total de residuos generados, lo que subraya un área significativa para el mejoramiento en las prácticas de reciclaje. Los residuos orgánicos aprovechables dominan la composición con un 86,35%, cifra que refleja la naturaleza predominante de la venta y consumo de productos alimenticios. Dentro de este porcentaje, un notable 75,57% corresponde a restos de alimentos, frutas y verduras, mientras que el 10,78% proviene de follaje y residuos de zonas verdes, indicando también el aporte de entidades con actividades de comercio de flores y/o áreas verdes significativas.

La presencia de residuos no aprovechables (4,29%) y otros residuos, incluyendo peligrosos (0,23%) y de posconsumo (0,01%), aunque relativamente baja, resalta la necesidad de enfocar esfuerzos en la mejora de las prácticas de segregación y disposición adecuada de estos materiales para minimizar los riesgos asociados y cumplir con las normativas de manejo de residuos.

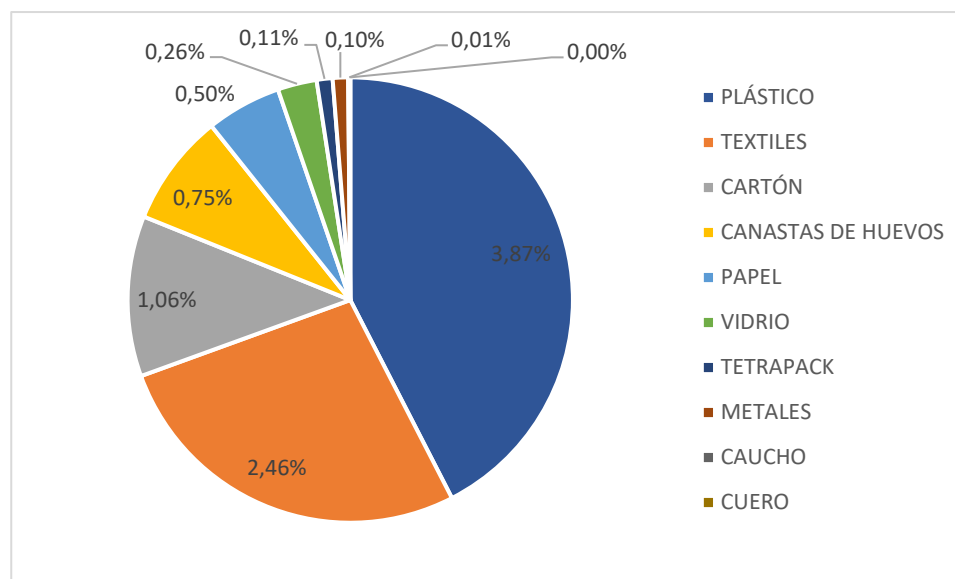
Gráfica 30. Composición porcentual consolidada del subsector plazas de mercado.



Fuente: Elaboración propia.

La representación gráfica de la composición porcentual evidencia la predominancia de los residuos orgánicos aprovechables en las plazas de mercado con un 86,35%, frente a un menor porcentaje de residuos reciclables aprovechables (9,12%), residuos no aprovechables (4,29%) y otros residuos (0,24%). Esta distribución subraya la importancia de desarrollar estrategias específicas para la gestión eficiente de la gran cantidad de materia orgánica, potenciando el tratamiento de este tipo de residuos.

Gráfica 31. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector Plazas de mercado.



Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de reciclables, como el plástico (3,87%) y el papel (0,50%), indica oportunidades para incrementar las tasas de reciclaje mediante la implementación de sistemas de segregación en la fuente. En particular, la optimización en la recolección y reciclaje de plásticos podría contribuir significativamente a reducir el impacto ambiental de las plazas de mercado.

Las plazas de mercado enfrentan el desafío de gestionar eficientemente una alta proporción de residuos orgánicos, reflejo de su actividad económica principal. La implementación de prácticas de tratamiento de orgánicos y el aprovechamiento de residuos reciclables podrían transformar significativamente la gestión de residuos en este subsector. Asimismo, es crucial abordar adecuadamente la presencia de residuos peligrosos y posconsumo, asegurando su manejo seguro y conforme a la normativa. El avance hacia una gestión de residuos más sostenible en las plazas de mercado no solo beneficiará al medio ambiente, sino que también reforzará la sostenibilidad y responsabilidad social de estas importantes entidades comerciales.

10.8 Resultados de la composición porcentual en el subsector comercial.

El subsector comercial, conocido por su diversidad de actividades que van desde la venta de alimentos hasta comercios de ropa y otros productos, genera una compleja composición de residuos. Esta diversidad refleja no solo las variadas operaciones comerciales sino también las oportunidades y retos en la gestión de residuos. El análisis de la composición porcentual busca identificar estrategias efectivas para su manejo sostenible y enfatizar la necesidad de prácticas adecuadas para los residuos sólidos.

Tabla 59. Composición porcentual del subsector Comercial.

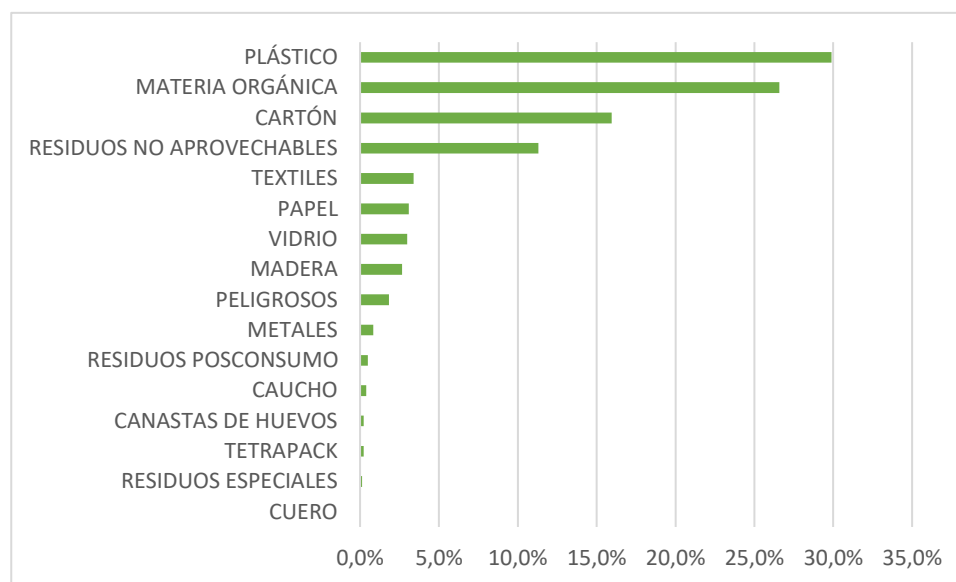
SUBSECTOR	COMERCIAL
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	57,00%
PAPEL	3,08%
Archivo	1,34%
Kraft	0,39%
Periódico	0,35%
Revista	1,01%
CARTÓN	15,96%
Corrugado	8,08%
Plegadizo	4,84%
Tubos de cartón	3,04%
CANASTAS DE HUEVOS	0,24%
Canastas de huevos	0,24%
PLÁSTICO	29,90%
PET (1) Transparente	2,98%
PET (1) Verde	0,10%
PET (1) Ámbar	0,19%
PET (1) Aceite	0,00%
PEAD (2) Flexible	3,56%
PEAD (2) Rígido	0,72%
PVC (3)	1,38%
PEBD (4) Flexible	12,97%
PEBD (4) Rígido	0,00%
PP (5) Flexible	3,80%
PP (5) Rígido	1,65%
PS (6)	0,27%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,47%
Otros (7)	1,41%
Plásticos aluminizados	0,37%
ABS	0,02%
Policarbonato	0,00%

VIDRIO	2,99%
Blanco	2,56%
Verde	0,27%
Café - Ámbar	0,00%
Plano	0,16%
METALES	0,83%
Chatarra	0,22%
Aluminio	0,33%
Hierro gris	0,00%
Latón	0,00%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,28%
CUERO	0,00%
Cuero	0,00%
CAUCHO	0,39%
Caucho	0,39%
TETRAPACK	0,23%
Tetrapack	0,23%
TEXTILES	3,38%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	3,38%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	29,24%
MATERIA ORGÁNICA	26,58%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	15,37%
Follaje y residuos de zonas verdes	11,21%
MADERA	2,66%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	2,64%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0,02%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	11,30%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	2,89%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	1,49%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	1,36%
Calzado	1,98%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	3,56%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,01%
OTROS RESIDUOS	2,46%
RESIDUOS ESPECIALES	0,14%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,14%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	1,83%

Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,00%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0,04%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,00%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0,72%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	1,06%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,01%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,49%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,49%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,00%
Pilas y/o acumuladores	0,00%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,00%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

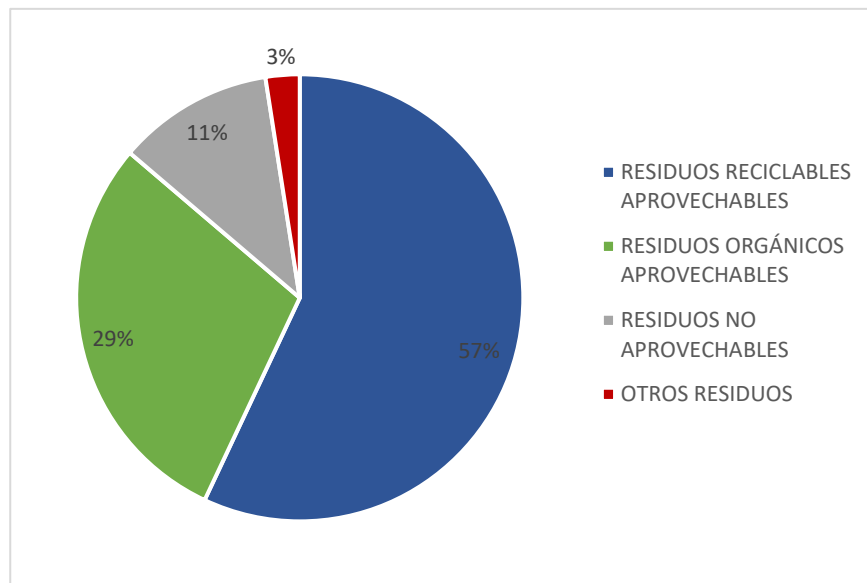
Gráfica 32. Composición porcentual del subsector Comercial.



Fuente: Elaboración propia.

Los residuos reciclables aprovechables constituyen el 57% del total de residuos generados en el subsector comercial, destacando el cartón (15,96%) y el plástico (29,90%) como los principales componentes. Esta alta proporción sugiere una sólida base para el reciclaje, aunque también subraya la importancia de mejorar la segregación en la fuente y optimizar las cadenas de reciclaje. Los residuos orgánicos aprovechables representan el 29,24%, que más que estar asociada con la venta de alimentos, se encuentra asociada a la alimentación del personal de los locales comerciales y posible población flotante que ingrese alimentos a los establecimientos. La presencia de residuos peligrosos (1,83%) y posconsumo (0,49%) aunque relativamente baja, destaca la necesidad de implementar prácticas rigurosas de manejo y disposición para estos tipos de residuos.

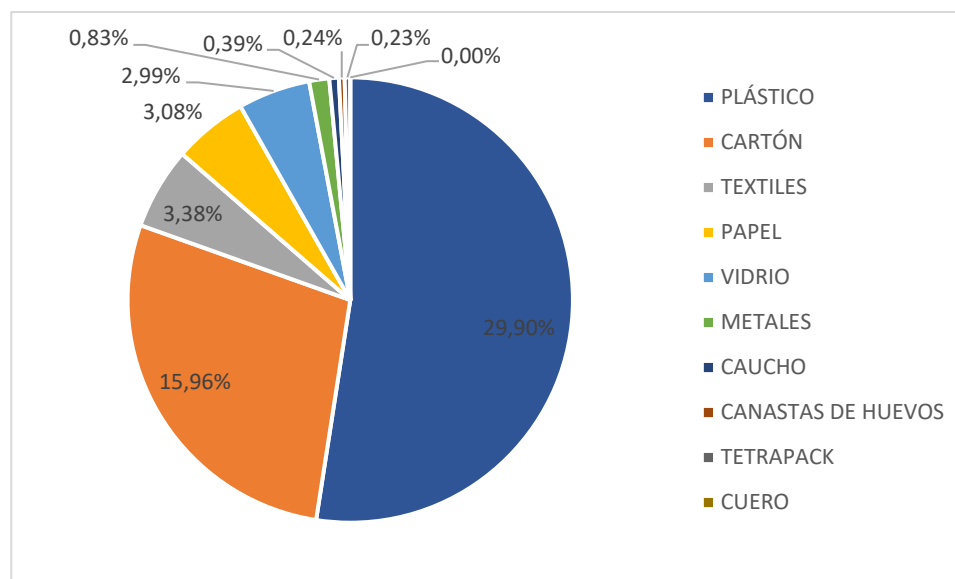
Gráfica 33. Composición porcentual consolidada del subsector comercial.



Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia la predominancia de los residuos reciclables aprovechables (57%) y orgánicos (29,24%), junto a una menor proporción de residuos no aprovechables (11,30%) y otros residuos, incluidos los peligrosos y de posconsumo (2,46%). Este panorama refuerza la necesidad de enfocar las estrategias de gestión de residuos hacia el aumento del reciclaje y la minimización de la generación de residuos no aprovechables y peligrosos.

Gráfica 34. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector comercial.



Fuente: Elaboración propia.

Después de examinar la gráfica de residuos aprovechables, se observa que el plástico (29,90%) y el cartón (15,96%) constituyen las mayores fracciones de residuos reciclables en el subsector comercial. Estos porcentajes destacan la importancia de implementar programas de reciclaje específicos que aborden estos materiales, promoviendo una economía circular y reduciendo la huella ambiental de las actividades comerciales.

El subsector comercial, dada su amplia gama de actividades, enfrenta desafíos particulares en la gestión de residuos que requieren soluciones específicas y efectivas. La alta proporción de residuos reciclables y orgánicos aprovechables ofrece una oportunidad para fortalecer las prácticas de aprovechamiento y/o tratamiento.

La gestión adecuada de los residuos peligrosos y posconsumo también es crucial para mitigar posibles impactos ambientales y cumplir con las regulaciones ambientales. La implementación de estrategias de gestión integral de residuos que incluyan la mejora de la segregación en la fuente, el aumento de las tasas de reciclaje y la educación ambiental para comerciantes y consumidores contribuirá significativamente a la sostenibilidad y responsabilidad ambiental del subsector comercial.

10.9 Resultados de la composición porcentual en el subsector Industrial.

El sector industrial, con su vasta gama de actividades, desde la producción de alimentos hasta la manufactura avanzada, incluyendo subsectores como metalmecánica, plásticos, químicos, y otros, presenta complejidades únicas en términos de producción y generación de residuos. Para abordar esta diversidad y sus específicas dinámicas de generación de residuos, se realizó una subclasificación del sector en seis principales actividades industriales. Esta división permite un análisis más detallado y contextualizado, facilitando la identificación de estrategias de gestión y reciclaje adaptadas a cada subsector, y es esencial para entender el panorama general de los residuos generados en el sector industrial.

En el siguiente cuadro se evidencian los resultados de manera global del subsector industrial. Sin embargo, en el desarrollo del ítem se presentan los respectivos resultados y análisis de cada subclasificación. Este enfoque estructurado no solo destaca la importancia de una gestión específica y adaptada de los residuos según cada actividad industrial, sino que también evidencia la relevancia de entender las particularidades de los distintos subsectores para una gestión de residuos eficiente y sostenible.

Tabla 60. Composición porcentual del subsector industrial.

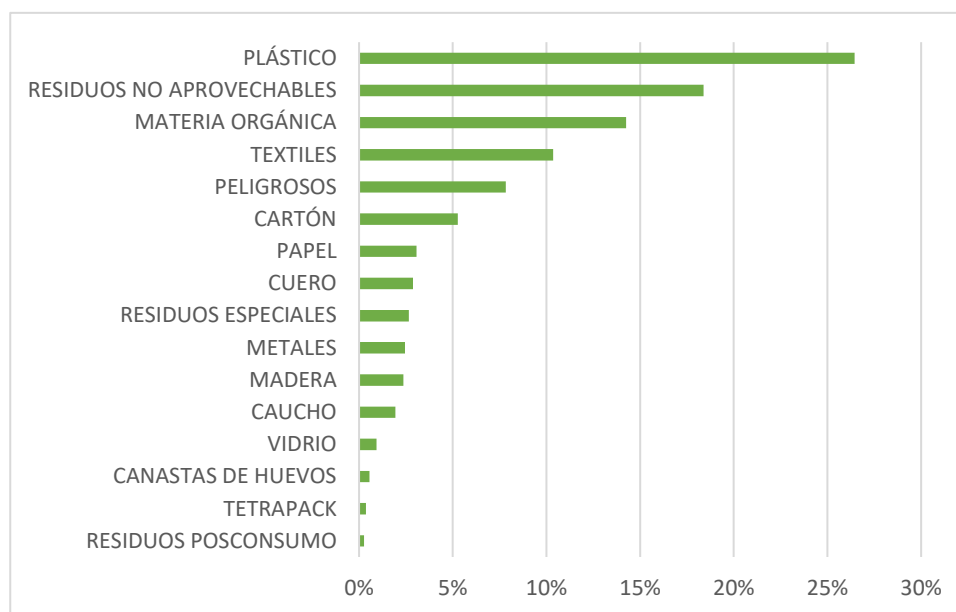
SUBSECTOR	INDUSTRIAL
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	54,28%
PAPEL	3,07%
Archivo	1,49%
Kraft	1,10%
Periódico	0,41%
Revista	0,07%
CARTÓN	5,27%
Corrugado	2,72%
Plegadizo	1,29%
Tubos de cartón	1,26%
CANASTAS DE HUEVOS	0,56%
Canastas de huevos	0,56%
PLÁSTICO	26,46%
PET (1) Transparente	1,44%
PET (1) Verde	0,03%
PET (1) Ámbar	0,11%
PET (1) Aceite	0,00%

PEAD (2) Flexible	9,25%
PEAD (2) Rígido	0,95%
PVC (3)	1,02%
PEBD (4) Flexible	6,12%
PEBD (4) Rígido	0,04%
PP (5) Flexible	1,39%
PP (5) Rígido	1,38%
PS (6)	0,75%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,68%
Otros (7)	2,16%
Plásticos aluminizados	0,76%
ABS	0,13%
Policarbonato	0,23%
VIDRIO	0,94%
Blanco	0,81%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,09%
Plano	0,04%
METALES	2,44%
Chatarra	1,75%
Aluminio	0,40%
Hierro gris	0,09%
Latón	0,04%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,01%
Karla	0,16%
CUERO	2,88%
Cuero	2,88%
CAUCHO	1,94%
Caucho	1,94%
TETRAPACK	0,37%
Tetrapack	0,37%
TEXTILES	10,35%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	10,35%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	16,60%
MATERIA ORGÁNICA	14,25%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	12,01%
Follaje y residuos de zonas verdes	2,24%
MADERA	2,36%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,07%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	2,29%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	18,38%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	8,74%

Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	3,67%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,37%
Calzado	0,40%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	4,54%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,66%
OTROS RESIDUOS	10,74%
RESIDUOS ESPECIALES	2,65%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	2,65%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	7,83%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	3,25%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0,79%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,13%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,18%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	2,78%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,13%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,49%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,07%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,26%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,17%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,01%
Pilas y/o acumuladores	0,03%
Baterías usadas plomo ácido	0,01%
Bombillas	0,05%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia

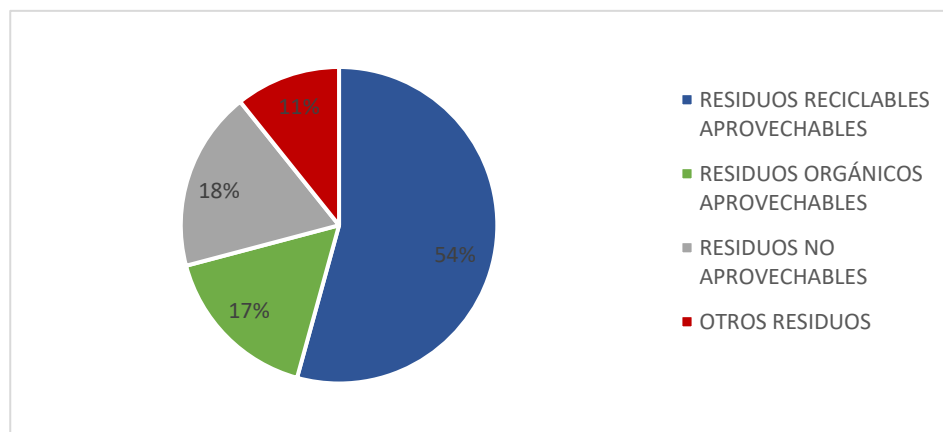
Gráfica 35. Composición porcentual del subsector industrial.



Fuente: Elaboración propia

La tabla y gráfica porcentual del sector industrial revelan una predominancia significativa de los residuos reciclables aprovechables, que constituyen el 54.28% del total de residuos generados. Dentro de esta categoría, el plástico destaca como el material más abundante, representando el 26.46% del total, seguido de los textiles con un 10.35%. Este alto porcentaje de plástico y textiles sugiere una oportunidad para mejorar las prácticas de reciclaje y reutilización, enfocándose en la separación en la fuente y la colaboración con plantas de reciclaje especializadas.

Gráfica 36. Composición porcentual consolidado del subsector industrial.

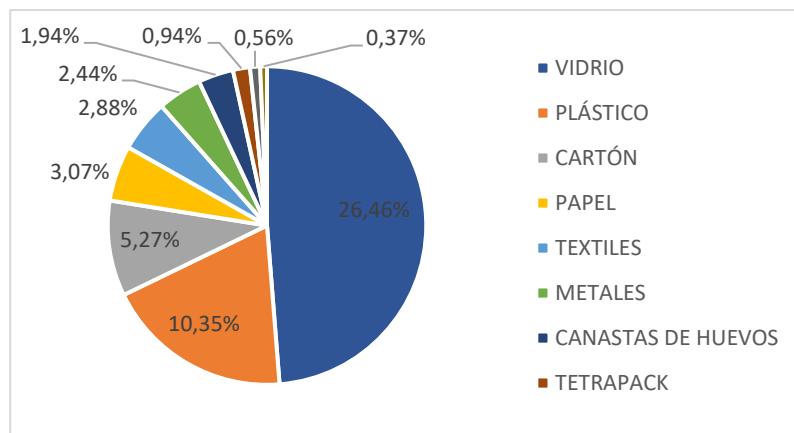


Fuente: Elaboración propia

Los residuos no aprovechables constituyen un 18.38%, y dentro de esta categoría, los residuos de papel higiénico y similares son los más significativos, seguidos por residuos de papel no reciclable. Esto indica la necesidad de incrementar la conciencia sobre la reducción en el origen y la búsqueda de alternativas sostenibles, como productos de papel reciclable y biodegradables, además de fomentar hábitos de consumo responsable dentro de las industrias.

Los residuos peligrosos, que constituyen un 7.83%, y los residuos posconsumo, con un 0.26%, aunque menores en volumen, representan un desafío significativo debido a su potencial impacto ambiental y de salud. La gestión adecuada de estos residuos requiere la implementación de políticas específicas para su gestión adecuada.

Gráfica 37. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los materiales aprovechables, los plásticos y textiles lideran en volumen de generación. Para los plásticos, es crucial promover el reciclaje y la innovación en productos reciclados, así como fomentar la economía circular a través del diseño de productos fácilmente reciclables. En cuanto a los textiles, es importante incentivar la industria del reciclaje textil y desarrollar mercados para productos derivados, como aislantes o nuevos tejidos.

El detallado análisis del material aprovechable destaca la necesidad de estrategias específicas para cada tipo de residuo. Por ejemplo, la alta generación de PEAD (2) Flexible sugiere la posibilidad de implementar programas de recolección selectiva y reciclaje específico para este material. Asimismo, la presencia significativa de residuos orgánicos aprovechables, que representan un 16.60%, indica la oportunidad de establecer sistemas de tratamiento, lo cual contribuiría a la reducción de la huella de carbono y la generación de posibles productos valiosos para la agricultura.

10.9.1 Industria de alimentos.

En el sector de alimentos se incluyeron industrias con producción de alimentos cárnicos, productos de panadería, fritos, entre otros, siendo la industria de alimentos fundamental para la economía y el bienestar social. Este sector no solo satisface una necesidad básica de la población, sino que también tiene un impacto significativo en términos ambientales, especialmente en la gestión de residuos. Una comprensión detallada de la composición porcentual de los

residuos generados ofrece una perspectiva crucial para la mejora de las prácticas de reciclaje y minimización de residuos en este sector diversificado.

Tabla 61. Composición porcentual del subsector industrial de alimentos.

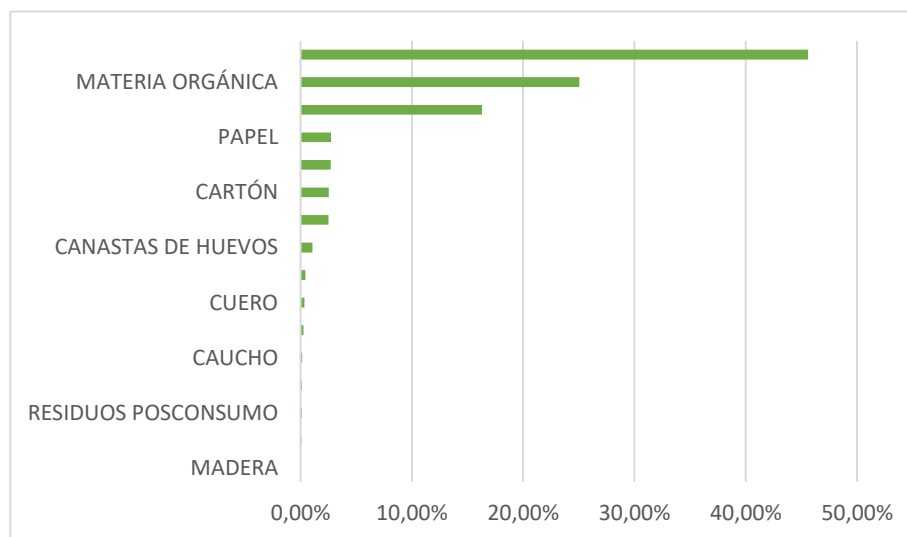
SUBCLASIFICACIÓN INDUSTRIAL	ALIMENTOS
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	55,74%
PAPEL	2,72%
Archivo	1,70%
Kraft	0,99%
Periódico	0,02%
Revista	0,01%
CARTÓN	2,53%
Corrugado	0,95%
Plegadizo	0,81%
Tubos de cartón	0,77%
CANASTAS DE HUEVOS	1,06%
Canastas de huevos	1,06%
PLÁSTICO	45,60%
PET (1) Transparente	0,81%
PET (1) Verde	0,02%
PET (1) Ámbar	0,06%
PET (1) Aceite	0,01%
PEAD (2) Flexible	28,32%
PEAD (2) Rígido	2,43%
PVC (3)	0,25%
PEBD (4) Flexible	9,45%
PEBD (4) Rígido	0,07%
PP (5) Flexible	1,13%
PP (5) Rígido	0,65%
PS (6)	0,19%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,22%
Otros (7)	0,68%
Plásticos aluminizados	1,28%
ABS	0,01%
Policarbonato	0,01%
VIDRIO	0,42%
Blanco	0,42%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,00%
Plano	0,00%
METALES	0,25%
Chatarra	0,11%
Aluminio	0,12%

Hierro gris	0,00%
Latón	0,00%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,02%
CUERO	0,35%
Cuero	0,35%
CAUCHO	0,16%
Caucho	0,16%
TETRAPACK	0,13%
Tetrapack	0,13%
TEXTILES	2,50%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	2,50%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	25,04%
MATERIA ORGÁNICA	25,04%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	23,41%
Follaje y residuos de zonas verdes	1,63%
MADERA	0,00%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,00%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0,00%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	16,30%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	9,52%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	4,13%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,43%
Calzado	0,05%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	2,14%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,04%
OTROS RESIDUOS	2,91%
RESIDUOS ESPECIALES	0,09%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,09%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	2,70%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,00%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	1,92%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,37%

Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0,00%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,41%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,12%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,12%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,00%
Pilas y/o acumuladores	0,00%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,00%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 38. Composición porcentual del subsector industrial de alimentos.

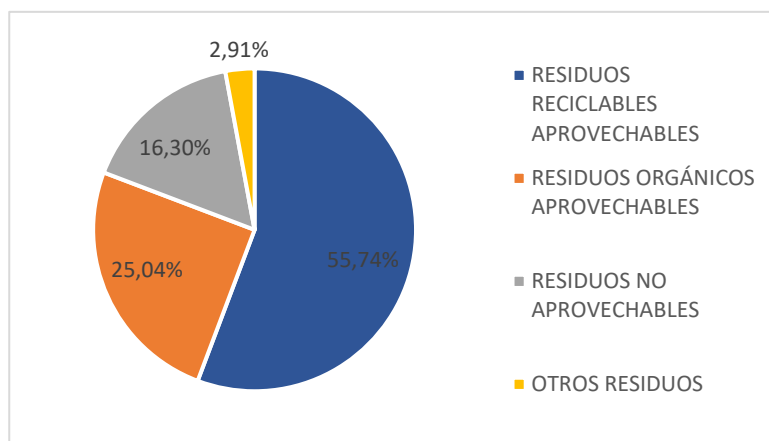


Fuente: Elaboración propia

La caracterización de residuos en el sector industrial de alimentos muestra que los residuos reciclables aprovechables representan un 55,74% del total, destacando la importancia de los plásticos con un 45,60%. Este dato subraya la relevancia del embalaje en la industria, especialmente el PEAD flexible,

prevalente en el envasado de productos. Los residuos peligrosos, aunque solo constituyen un 2,70%, requieren atención especial por su impacto potencial en la salud y el medio ambiente. Además, la presencia de RAEE en un 0,12% indica la necesidad de gestionar el ciclo de vida de los equipos tecnológicos utilizados.

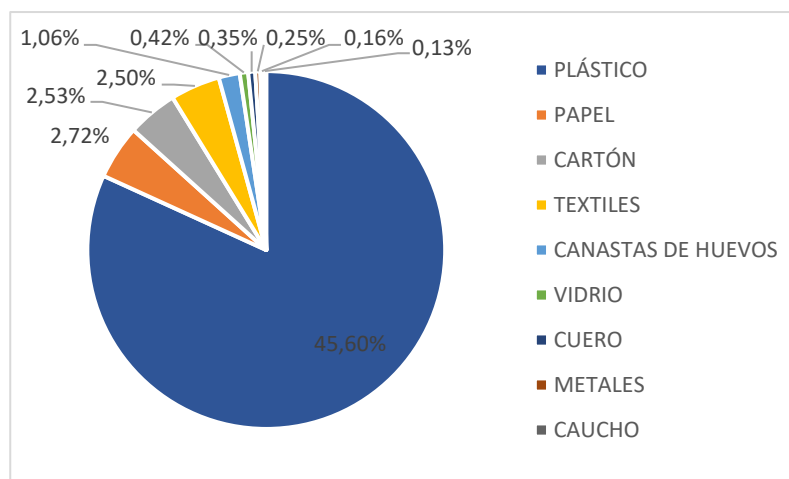
Gráfica 39. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de alimentos.



Fuente: Elaboración propia

En el sector de alimentos, el análisis detallado de la composición física porcentual revela una composición diversa de residuos, destacando los residuos no aprovechables que representan un 16,30% del total. Esta proporción señala la cantidad de residuos que requieren métodos de disposición final, señalando la importancia de estrategias de minimización y manejo eficiente. Por otro lado, los residuos aprovechables y orgánicos constituyen partes significativas del total, con un 55,74% y un 25,04% respectivamente, lo que indica un potencial considerable para el aprovechamiento y/o tratamiento. Este panorama sugiere la oportunidad de implementar prácticas de economía circular para reducir la huella ambiental, haciendo énfasis en la gestión especializada de cada categoría de residuo para promover un manejo más sostenible en el sector.

Gráfica 40. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de alimentos.



Fuente: Elaboración propia

En el análisis del material reciclable aprovechable, el PEAD flexible se destaca notablemente, constituyendo un 17,98% del total de los materiales aprovechables. Este porcentaje es indicativo de la prevalencia del uso de plásticos flexibles en el sector de alimentos, especialmente en el embalaje. La relevancia del PEAD flexible resalta la necesidad de enfocar esfuerzos en mejorar la recogida y el reciclaje de este material, así como en explorar alternativas de embalaje más sostenibles que puedan reducir su uso y, por ende, la generación de residuos asociados.

En el contexto del reciclaje, el PEAD flexible (Polietileno de Alta Densidad flexible) representa un material valioso con múltiples aplicaciones potenciales una vez reciclado. Este polímero, destacado por su resistencia, durabilidad y flexibilidad, se puede transformar en una variedad de nuevos productos, lo que refleja su importancia dentro del segmento de materiales aprovechables. Entre los usos más comunes del PEAD flexible reciclado se incluyen:

- **Productos de Embalaje:** Se puede utilizar para fabricar nuevos embalajes, incluyendo bolsas de compras reutilizables, sobres para envíos, y contenedores para el almacenamiento de alimentos y otros productos.
- **Materiales de Construcción:** El PEAD reciclado puede convertirse en tablas de madera plástica, utilizadas para construir bancos de parques, vallas, decks, y otros

elementos estructurales exteriores que requieren durabilidad y resistencia a la intemperie.

- **Productos Agrícolas:** Se emplea en la creación de tuberías para riego, macetas, y contenedores para el transporte de materiales agrícolas, aprovechando su resistencia y flexibilidad.

La presencia de un 8,96% de PEAD flexible dentro del material aprovechable marca una oportunidad de reincorporar este material en la cadena de valor, minimizando la demanda de recursos vírgenes y contribuyendo a la economía circular. La conversión de PEAD flexible en estos nuevos productos no solo reduce el volumen de residuos destinados al relleno sanitario, sino que también ofrece una vía para la innovación y el desarrollo sostenible en diversas industrias.

10.9.2 Industria de metalmecánica

El sector metalmecánico es fundamental en la economía por su rol en la fabricación de componentes metálicos, maquinaria y equipos. La gestión eficiente de los residuos en este sector no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también refleja compromisos con la economía circular. La caracterización de estos residuos ofrece una visión clara de cómo se pueden optimizar los recursos y minimizar el impacto ambiental en los materiales generados.

Tabla 62. Composición porcentual del subsector industrial de metalmecánica.

SUBCLASIFICACIÓN INDUSTRIAL	METALMECANICA
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	55,19%
PAPEL	2,75%
Archivo	1,70%
Kraft	0,33%
Periódico	0,33%
Revista	0,39%
CARTÓN	11,09%
Corrugado	9,23%
Plegadizo	1,42%
Tubos de cartón	0,44%
CANASTAS DE HUEVOS	0,72%
Canastas de huevos	0,72%
PLÁSTICO	21,54%
PET (1) Transparente	2,43%

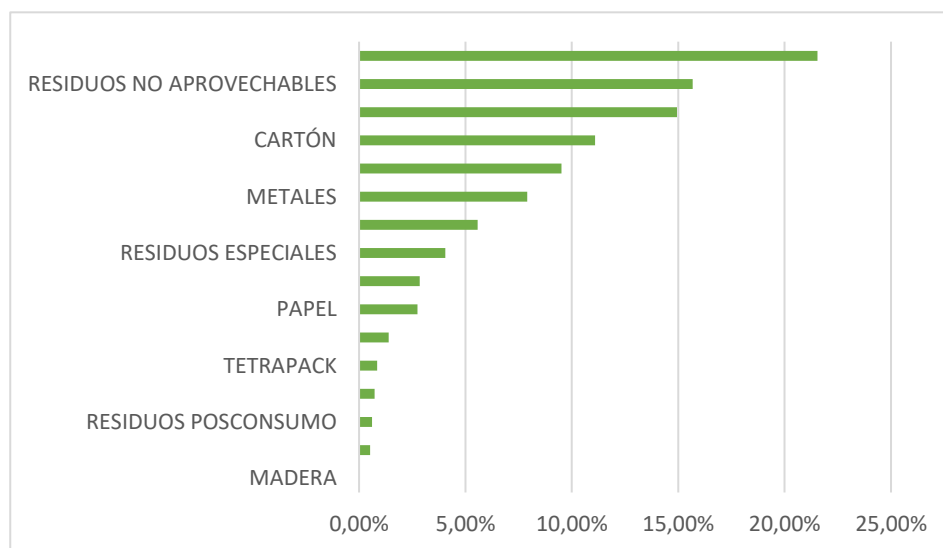
PET (1) Verde	0,09%
PET (1) Ambar	0,17%
PET (1) Aceite	0,01%
PEAD (2) Flexible	1,36%
PEAD (2) Rígido	0,21%
PVC (3)	0,76%
PEBD (4) Flexible	7,74%
PEBD (4) Rígido	0,02%
PP (5) Flexible	1,73%
PP (5) Rígido	2,11%
PS (6)	0,53%
PS (6) Expandido (Icopor)	1,51%
Otros (7)	1,19%
Plásticos aluminizados	0,89%
ABS	0,41%
Policarbonato	0,38%
VIDRIO	1,39%
Blanco	1,18%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,14%
Plano	0,07%
METALES	7,90%
Chatarra	6,06%
Aluminio	1,52%
Hierro gris	0,00%
Latón	0,01%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,03%
Karla	0,28%
CUERO	0,52%
Cuero	0,52%
CAUCHO	2,85%
Caucho	2,85%
TETRAPACK	0,85%
Tetrapack	0,85%
TEXTILES	5,57%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	5,57%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	14,96%
MATERIA ORGÁNICA	14,95%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	8,89%
Follaje y residuos de zonas verdes	6,05%
MADERA	0,02%

Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,01%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0,01%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	15,68%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	4,19%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	0,81%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	1,11%
Calzado	1,94%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	7,62%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,00%
OTROS RESIDUOS	14,17%
RESIDUOS ESPECIALES	4,05%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	4,05%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	9,52%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	1,30%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0,46%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,01%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,00%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	5,39%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,20%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	2,16%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,61%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,19%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,04%
Pilas y/o acumuladores	0,15%
Baterías usadas plomo ácido	0,07%

Bombillas	0,15%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia

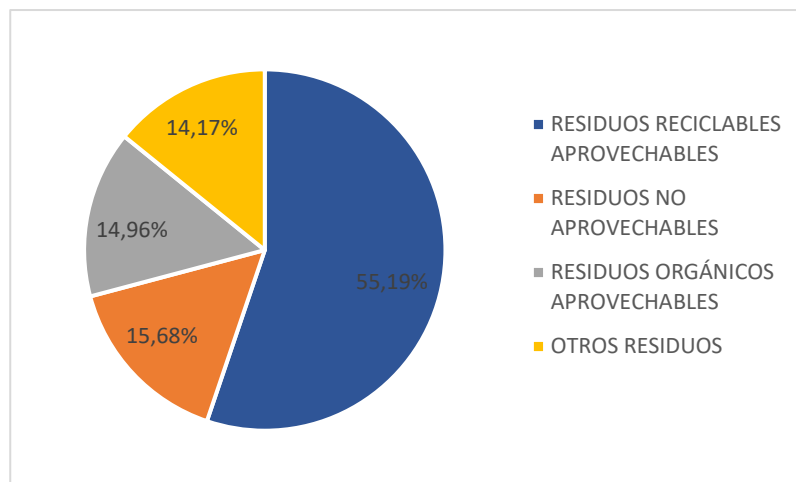
Gráfica 41. Composición porcentual del subsector industrial de metalmecánica.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica anterior revela que los residuos reciclables aprovechables constituyen el 55,19% del total, con el plástico (21,54%) y el metal (7,90%) siendo los más significativos. Esto destaca el alto potencial para el reciclaje y la recuperación de materiales en el subsector. Los residuos orgánicos aprovechables, que representan el 14,96%, sugieren una oportunidad para el compostaje y otras formas de tratamiento. Sin embargo, los residuos no aprovechables, que ascienden al 15,68%, indican la necesidad de mejorar las operaciones para reducir la generación de estos residuos.

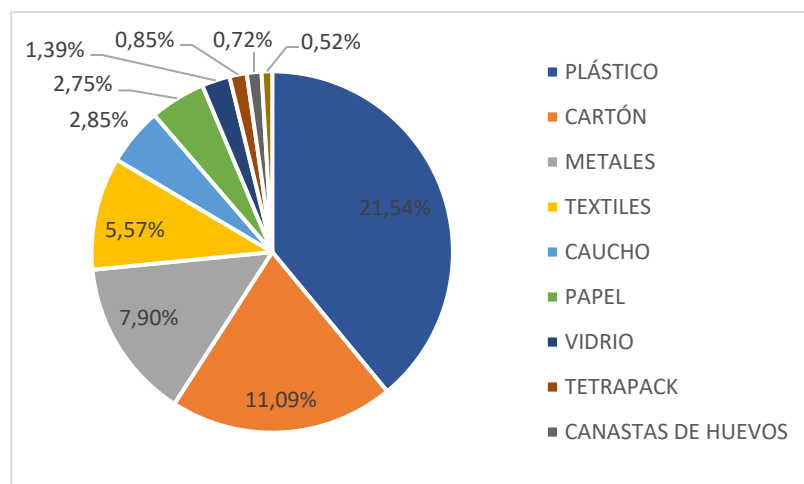
Gráfica 42. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de metalmecánica.



Fuente: Elaboración propia

Este sector se caracteriza por una notable cantidad de residuos reciclables aprovechables, evidenciando una oportunidad significativa para estrategias de reciclaje. Los residuos orgánicos aprovechables, con un 14,95% casi exclusivamente de materia orgánica y un mínimo de madera no inmunizada, refuerzan la viabilidad de programas de tratamiento. La presencia de un 15,68% de residuos no aprovechables llama la atención sobre la importancia de optimizar los procesos productivos para reducir estos residuos.

Gráfica 43. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de metalmecánica.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los materiales aprovechables, el plástico destaca con un 21,54%, donde el PEBD flexible resalta por su alta proporción (7,74%). Este dato es crucial para entender los flujos de residuos y orientar las estrategias de reciclaje hacia materiales específicos. El metal, con un 7,90%, señala la importancia de la recuperación de metales en el reciclaje industrial metalmecánico.

El PEBD flexible, tiene un notable potencial de reciclaje en productos como bolsas de plástico, elementos de construcción y mobiliario urbano. Este material, debido a su versatilidad y demanda en el mercado de reciclaje, representa una oportunidad valiosa para las empresas metalmecánicas en la transición hacia prácticas más sostenibles. Su reciclaje no solo reduce la demanda de recursos vírgenes, sino que también contribuye a la economía circular, demostrando cómo los residuos pueden convertirse en recursos.

10.9.3 Industria de manufactura.

El análisis de los residuos generados en el subsector industrial de manufactura, considerando la diversidad de industrias que lo componen, revela una variada composición de materiales. En este contexto, el residuo textil emerge como el componente más significativo, lo cual refleja la preponderancia de la industria textil en la muestra. Dado que Medellín es reconocida como un centro importante de la industria textil y de la moda a nivel nacional, esta composición refleja la relevancia de dicho sector en la generación de residuos.

Tabla 63. Composición porcentual del subsector industrial de manufactura

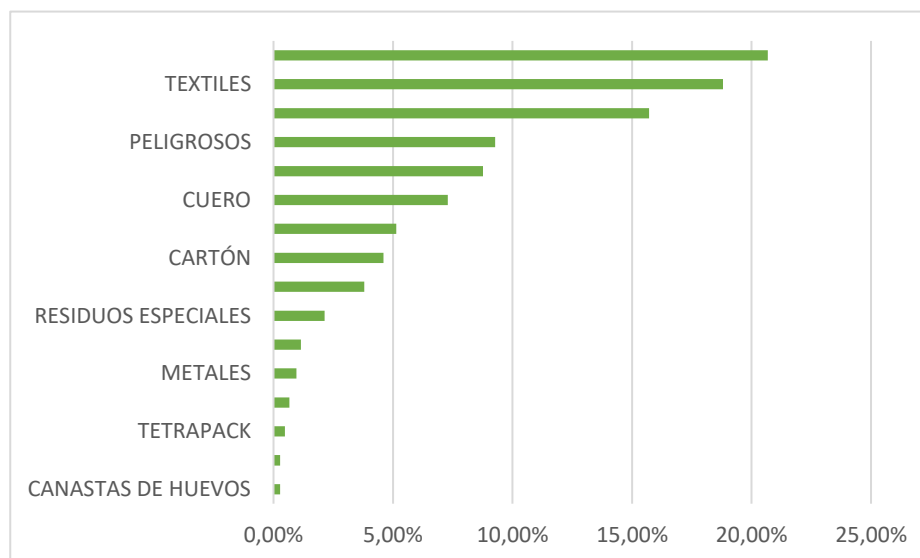
SUBCLASIFICACIÓN INDUSTRIAL	MANUFACTURA
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	53,72%
PAPEL	3,80%
Archivo	1,60%
Kraft	1,28%
Periódico	0,90%
Revista	0,02%
CARTÓN	4,60%
Corrugado	1,43%
Plegadizo	1,41%
Tubos de cartón	1,76%
CANASTAS DE HUEVOS	0,27%
Canastas de huevos	0,27%
PLÁSTICO	15,71%
PET (1) Transparente	1,45%
PET (1) Verde	0,02%
PET (1) Ámbar	0,16%
PET (1) Aceite	0,00%
PEAD (2) Flexible	2,23%
PEAD (2) Rígido	0,24%
PVC (3)	0,58%
PEBD (4) Flexible	4,50%
PEBD (4) Rígido	0,01%
PP (5) Flexible	1,37%
PP (5) Rígido	1,25%
PS (6)	0,49%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,72%
Otros (7)	1,87%
Plásticos aluminizados	0,47%
ABS	0,04%
Policarbonato	0,30%
VIDRIO	1,14%
Blanco	0,95%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,16%
Plano	0,03%
METALES	0,95%
Chatarra	0,33%
Aluminio	0,31%
Hierro gris	0,03%
Latón	0,07%
Cobre (Amarillo)	0,00%

Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,21%
CUERO	7,29%
Cuero	7,29%
CAUCHO	0,67%
Caucho	0,67%
TETRAPACK	0,48%
Tetrapack	0,48%
TEXTILES	18,80%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	18,80%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	13,91%
MATERIA ORGÁNICA	8,77%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	6,79%
Follaje y residuos de zonas verdes	1,98%
MADERA	5,14%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,04%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	5,10%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	20,68%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	9,47%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	2,89%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,21%
Calzado	0,18%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	6,17%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	1,78%
OTROS RESIDUOS	11,69%
RESIDUOS ESPECIALES	2,14%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	2,14%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	9,27%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	8,08%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0,03%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,01%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,00%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%

Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	0,83%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,28%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,05%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,28%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,21%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,00%
Pilas y/o acumuladores	0,00%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,07%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 44. Composición porcentual del subsector industrial de manufactura.

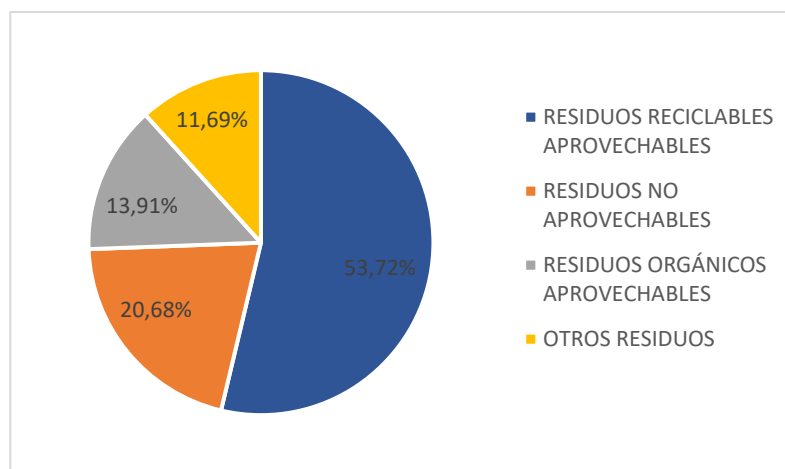


Fuente: Elaboración propia

La caracterización de residuos muestra que el 53,72% son residuos reciclables aprovechables, con el plástico (15,71%) y los textiles (18,80%) como los componentes más significativos. Esto indica un considerable potencial para el reciclaje y la recuperación de materiales en el sector. Específicamente, el PEBD

flexible destaca con un 4,50% dentro de los plásticos, reflejando su uso extendido en actividades de manufactura debido a su versatilidad y resistencia.

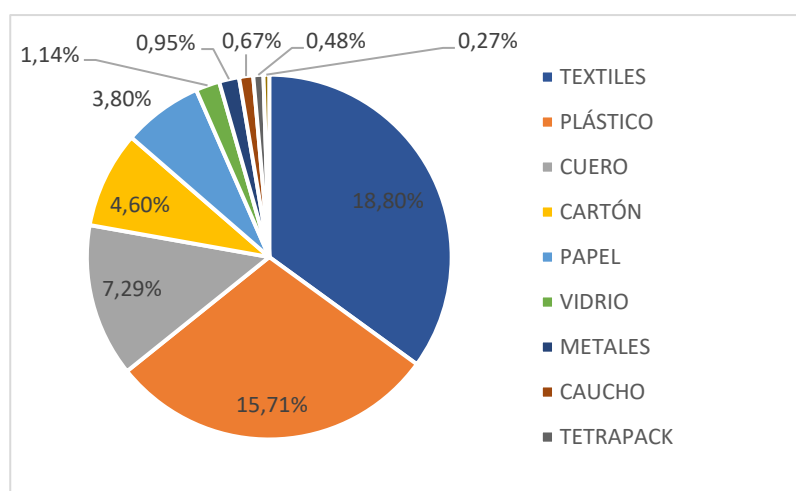
Gráfica 45. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de manufactura.



Fuente: Elaboración propia

El análisis detalla que, además de los residuos reciclables, existe un 20,68% de residuos no aprovechables, que enfatiza la importancia de reducir la generación de estos residuos mediante prácticas operativas más eficientes. Los residuos orgánicos aprovechables, incluyendo restos de alimentos, frutas, verduras y madera, representan un 13,91%, lo que sugiere oportunidades para su tratamiento.

Gráfica 46. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de manufactura.



Fuente: Elaboración propia

Los residuos textiles representan un área crítica de enfoque. Con un 18,80% de los residuos reciclables aprovechables correspondiendo a textiles, es imperativo implementar estrategias para minimizar este residuo. Una vía efectiva para lograr esto es la optimización de procesos, incluyendo la adopción de tecnologías avanzadas para el diseño y planificación de patrones de corte que maximicen el uso de la materia prima. La implementación de técnicas de corte más precisas y eficientes puede reducir significativamente la cantidad de residuos generados. Además, la industria puede beneficiarse de reevaluar los diseños para disminuir los recortes y adoptar prácticas de manufactura esbelta que prioricen la eficiencia en el uso de materiales.

Paralelamente, es crucial desarrollar métodos de reciclaje específicos para los residuos textiles, transformándolos en fibras recicladas para la producción de nuevos textiles. Esto no solo disminuye la necesidad de fibras vírgenes, sino que también promueve una economía circular, donde el reciclaje de textiles se integra plenamente en el ciclo de vida de los productos.

Extendiendo el análisis al uso de plásticos en la manufactura, el PEBD flexible se destaca como el material plástico más utilizado, constituyendo un 4,50% de los residuos reciclables aprovechables. Este hallazgo subraya la importancia de desarrollar estrategias específicas de reciclaje para plásticos, adaptadas a sus propiedades y usos. Al reciclar el PEBD flexible en nuevos productos, se puede contribuir significativamente a la reducción de la dependencia de materiales vírgenes y fortalecer la sostenibilidad ambiental.

Este enfoque integrado, que combina la optimización de procesos en la producción textil y el reciclaje efectivo de materiales como textiles y plásticos, es esencial para avanzar hacia prácticas más sostenibles dentro del sector de manufactura. La colaboración entre diseñadores, fabricantes y recicladores es fundamental para facilitar la transición hacia una economía más circular, donde los residuos se convierten en recursos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica.

10.9.4 Industria de químicos.

El subsector industrial de químicos, caracterizado por su diversa gama de procesos productivos, desde la fabricación de productos farmacéuticos hasta pinturas y revestimientos, presenta un desafío único en términos de gestión de



residuos. A continuación, se presenta la composición física porcentual para este subsector objeto de estudio.

Tabla 64. Composición porcentual del subsector industrial de químicos.

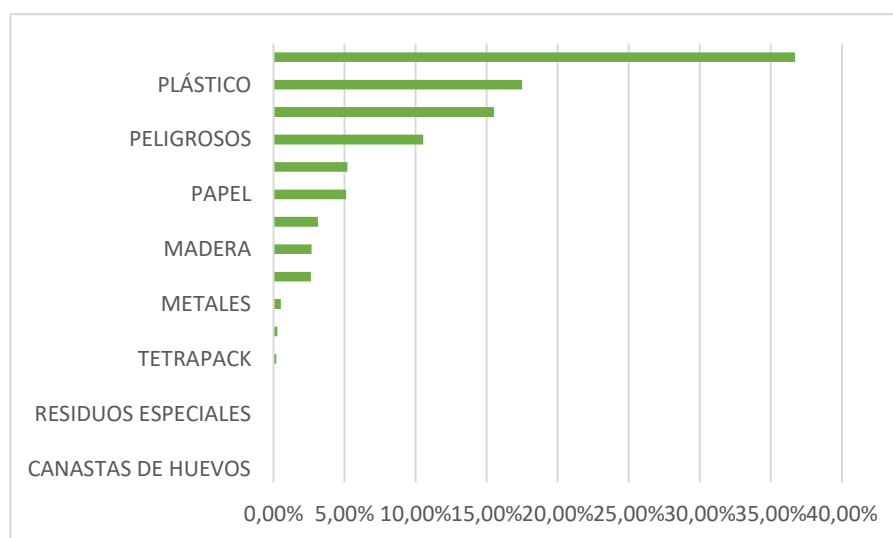
SUBCLASIFICACIÓN INDUSTRIAL	QUÍMICOS
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	34,28%
PAPEL	5,10%
Archivo	1,36%
Kraft	3,66%
Periódico	0,08%
Revista	0,01%
CARTÓN	5,21%
Corrugado	1,46%
Plegadizo	1,79%
Tubos de cartón	1,96%
CANASTAS DE HUEVOS	0,00%
Canastas de huevos	0,00%
PLÁSTICO	17,49%
PET (1) Transparente	1,99%
PET (1) Verde	0,00%
PET (1) Ámbar	0,08%
PET (1) Aceite	0,00%
PEAD (2) Flexible	3,05%
PEAD (2) Rígido	0,47%
PVC (3)	0,28%
PEBD (4) Flexible	5,48%
PEBD (4) Rígido	0,07%
PP (5) Flexible	0,54%
PP (5) Rígido	2,21%
PS (6)	0,80%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,85%
Otros (7)	1,16%
Plásticos aluminizados	0,48%
ABS	0,01%
Policarbonato	0,00%
VIDRIO	2,64%
Blanco	1,80%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,29%
Plano	0,55%
METALES	0,51%
Chatarra	0,00%
Aluminio	0,51%

Hierro gris	0,00%
Latón	0,00%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,00%
CUERO	0,00%
Cuero	0,00%
CAUCHO	0,01%
Caucho	0,01%
TETRAPACK	0,19%
Tetrapack	0,19%
TEXTILES	3,14%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	3,14%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	18,19%
MATERIA ORGÁNICA	15,51%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	15,11%
Follaje y residuos de zonas verdes	0,40%
MADERA	2,69%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,03%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	2,66%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	36,71%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	23,13%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	11,55%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,16%
Calzado	0,00%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	1,87%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,00%
OTROS RESIDUOS	10,81%
RESIDUOS ESPECIALES	0,00%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,00%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	10,54%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	1,91%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	4,82%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,00%

Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	3,75%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,05%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,28%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,08%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,00%
Pilas y/o acumuladores	0,20%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,00%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia

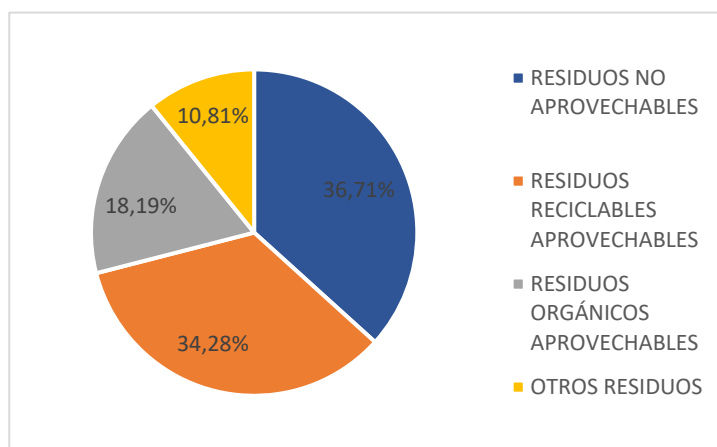
Gráfica 47. Composición porcentual del subsector industrial de químicos.



Fuente: Elaboración propia

La composición de residuos en el subsector químico muestra que un 34,28% son residuos reciclables aprovechables, destacando el papel y el plástico como componentes significativos. Sin embargo, llama la atención que los residuos no aprovechables representen el 36,71% del total, lo que indica la necesidad de revisar los procesos productivos empleados en este subsector, para analizar posibilidades de sustitución de materias primas e insumos, o la revisión de las tecnologías actualmente utilizadas en comparación con otras más limpias.

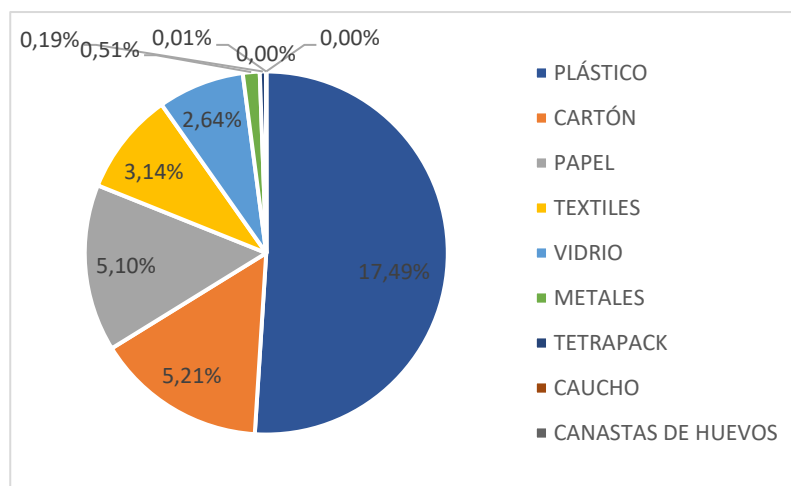
Gráfica 48. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de químicos.



Fuente: Elaboración propia

La composición de residuos en el subsector químico muestra que un 34,28% son residuos reciclables aprovechables, destacando el papel y el plástico como componentes significativos. Sin embargo, llama la atención que los residuos no aprovechables representen el 36,71% del total, lo cual subraya la importancia de optimizar aún más las prácticas de producción y gestión de residuos para reducir su volumen.

Gráfica 49. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de químicos.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los materiales reciclables aprovechables, el plástico ocupa un lugar preponderante con un 17,49%, siendo el PEBD flexible (5,48%) el más utilizado. Este dato es indicativo de su uso generalizado en la industria para el embalaje de productos químicos, debido a sus propiedades de barrera y flexibilidad. La gestión adecuada de este material, a través de su reciclaje, puede mitigar significativamente el impacto ambiental, transformándolo en nuevos productos y reduciendo la demanda de recursos vírgenes.

Los residuos textiles, aunque menos predominantes en este sector en comparación con los plásticos, aún representan un área de interés para la gestión de residuos. Con un 3,14% del total de residuos reciclables aprovechables, su reciclaje y reutilización pueden contribuir a la economía circular. Sin embargo, el foco principal recae en el PEBD flexible y otros plásticos, cuyo reciclaje no solo apoya la sostenibilidad ambiental, sino que también presenta oportunidades económicas al crear un mercado para materiales reciclados. Este enfoque en materiales específicos, como el PEBD flexible, resalta la importancia de desarrollar estrategias de reciclaje adaptadas a las necesidades y características únicas del subsector químico, promoviendo así prácticas más sostenibles y responsables en la gestión de residuos.

En el subsector químico, la gestión de residuos, especialmente los peligrosos (10,54%) y posconsumo (0,28%), requiere la adopción de prácticas de gestión sostenibles. La presencia significativa de residuos peligrosos exige estrategias

rigurosas de minimización, tratamiento y disposición segura, mientras que los residuos posconsumo requieren sistemas eficaces de entrega de estos a los respectivos gestores autorizados por la autoridad ambiental. Adoptar enfoques integrales que abarquen desde la prevención hasta la gestión final de estos residuos no solo ayuda a cumplir con la legislación ambiental sino también a avanzar hacia la economía circular, subrayando la importancia de la responsabilidad ambiental y la innovación en la sostenibilidad dentro de la industria química.

10.9.5 Industria de plásticos.

La industria del plástico, crucial para la economía moderna debido a la versatilidad y utilidad del plástico en numerosas aplicaciones, enfrenta desafíos significativos en términos de gestión ambiental y de residuos. Un análisis detallado de los residuos generados por esta industria no solo revela la composición y proporciones de diferentes tipos de residuos sino también destaca oportunidades para mejorar la sostenibilidad a través de prácticas de reciclaje y manejo eficiente de residuos.

Tabla 65. Composición porcentual del subsector industrial de plásticos.

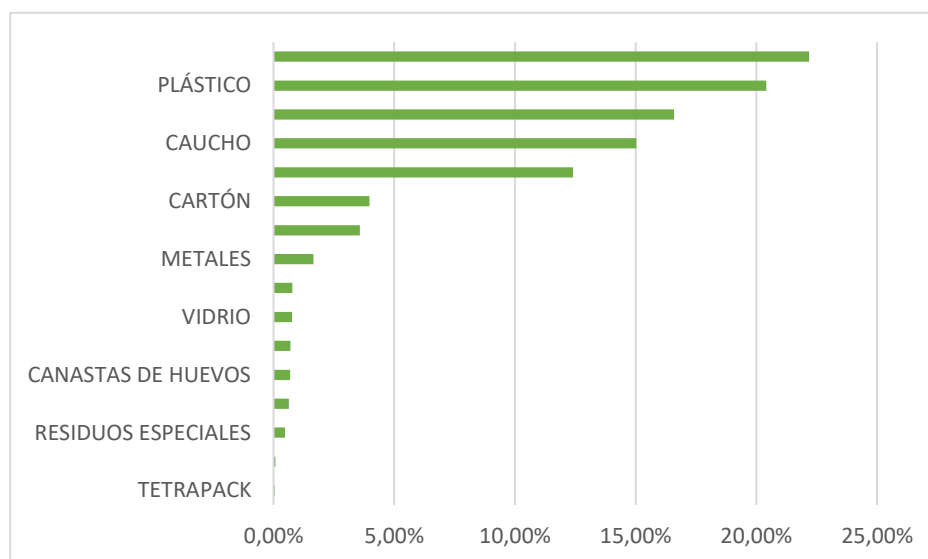
SUBCLASIFICACIÓN INDUSTRIAL	PLASTICO
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	66,10%
PAPEL	0,64%
Archivo	0,29%
Kraft	0,17%
Periódico	0,12%
Revista	0,06%
CARTÓN	3,97%
Corrugado	0,80%
Plegadizo	0,64%
Tubos de cartón	2,53%
CANASTAS DE HUEVOS	0,68%
Canastas de huevos	0,68%
PLÁSTICO	20,42%
PET (1) Transparente	0,67%
PET (1) Verde	0,01%
PET (1) Ámbar	0,05%
PET (1) Aceite	0,00%
PEAD (2) Flexible	1,86%
PEAD (2) Rígido	1,37%
PVC (3)	0,04%
PEBD (4) Flexible	2,12%

PEBD (4) Rígido	0,00%
PP (5) Flexible	1,19%
PP (5) Rígido	0,83%
PS (6)	0,07%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,18%
Otros (7)	10,44%
Plásticos aluminizados	0,78%
ABS	0,78%
Polycarbonato	0,00%
VIDRIO	0,76%
Blanco	0,76%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,00%
Plano	0,00%
METALES	1,65%
Chatarra	1,27%
Aluminio	0,04%
Hierro gris	0,00%
Latón	0,19%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,00%
Karla	0,15%
CUERO	0,70%
Cuero	0,70%
CAUCHO	15,03%
Caucho	15,03%
TETRAPACK	0,05%
Tetrapack	0,05%
TEXTILES	22,19%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	22,19%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	4,35%
MATERIA ORGÁNICA	3,58%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	3,26%
Follaje y residuos de zonas verdes	0,32%
MADERA	0,78%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,66%
Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	0,12%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	12,41%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	7,81%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	3,05%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,02%

Calzado	0,00%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	1,53%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,00%
OTROS RESIDUOS	17,14%
RESIDUOS ESPECIALES	0,47%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	0,47%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	16,59%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,04%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0,03%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,00%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	0,00%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	16,41%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,10%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,00%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,08%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,08%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,00%
Pilas y/o acumuladores	0,00%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,00%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

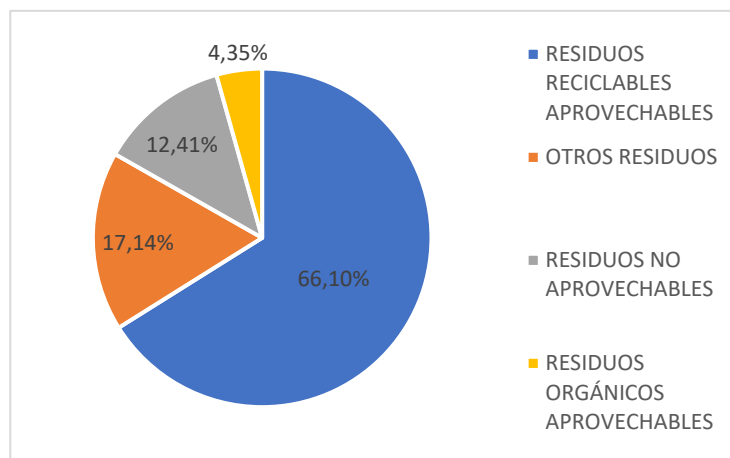
Gráfica 50. Composición porcentual del subsector industrial de plásticos.



Fuente: Elaboración propia

Se observa una distribución diversa de residuos, donde los residuos reciclables aprovechables representan un 66,10%, y los residuos textiles constituyen un 22,19% del total. Esto sugiere una actividad de reciclaje dentro de la industria, así como una posible reincorporación de los excedentes plásticos a los procesos de producción. Además, el 17,14% de otros residuos incluye categorías especiales y peligrosas, lo que indica la complejidad del manejo de estos residuos en este subsector.

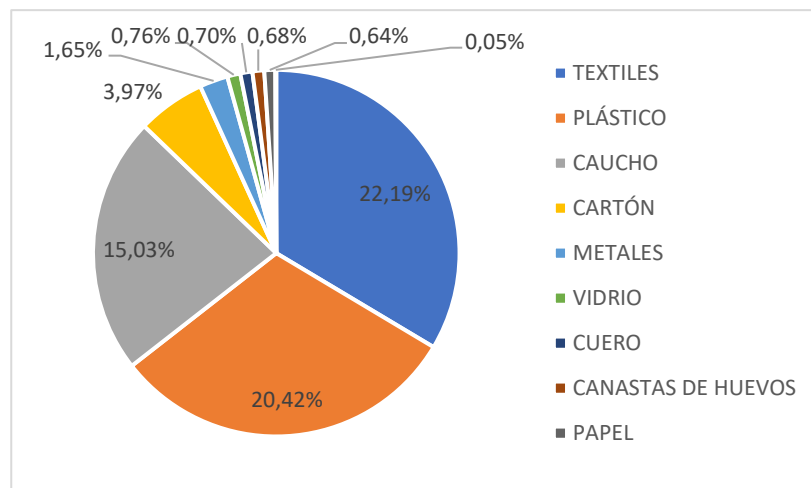
Gráfica 51. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de plásticos.



Fuente: Elaboración propia

El análisis del material aprovechable pone de relieve la significativa proporción de plásticos, que representan el 20,42% del total de residuos reciclables. Esto no solo subraya el potencial de reciclaje dentro de la industria sino también la necesidad de enfocarse en mejorar las tecnologías productivas y el incremento de las tasas de reciclaje para estos materiales, considerando su impacto ambiental.

Gráfica 52. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector industrial de plásticos.



Fuente: Elaboración propia

Al detallar el material aprovechable, se observa una amplia gama de plásticos reciclables, desde PET hasta polipropileno y polietileno de alta y baja densidad. Este análisis refleja la diversidad de productos plásticos fabricados y la oportunidad de implementar estrategias de reciclaje específicas para cada tipo de plástico. La presencia significativa de residuos textiles dentro de los materiales aprovechables sugiere la posibilidad de reutilización o reciclaje de estos materiales, posiblemente indicando una sinergia entre la industria del plástico y otros sectores productivos.

Este análisis muestra una idea en la composición de los residuos generados en la industria del plástico, revelando no solo los desafíos asociados con la gestión de residuos peligrosos y de posconsumo sino también las oportunidades para mejorar la sostenibilidad a través de prácticas efectivas de reciclaje y manejo de residuos. La integración de estrategias de economía circular, particularmente en el manejo de residuos textiles y plásticos, puede jugar un papel crucial en la reducción del impacto ambiental de esta industria.

10.9.6 Otras industrias.

La categoría "Otras Industrias" agrupa sectores con procesos productivos diversificados, tales como ladrilleras, extractoras de material de arcilla, y productoras de caucho y vidrio. Estas industrias generan una gama variada de residuos, reflejando la complejidad de sus operaciones y el desafío que representan para la gestión de residuos sostenible.

Tabla 66. Composición porcentual del subsector industrial de otras industrias.

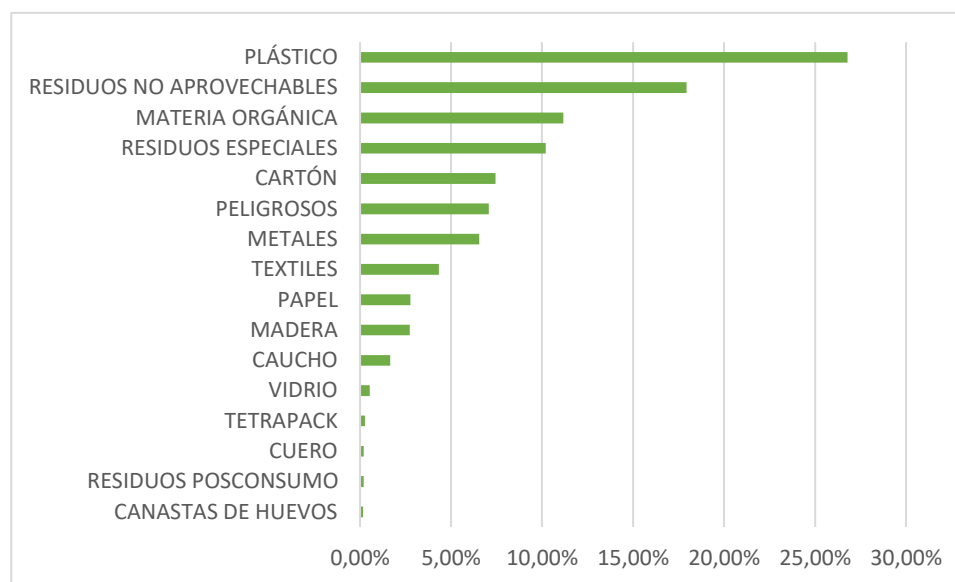
SUBCLASIFICACIÓN INDUSTRIAL	OTROS
COMPONENTE	%
RESIDUOS RECICLABLES APROVECHABLES	50,69%
PAPEL	2,76%
Archivo	1,16%
Kraft	1,38%
Periódico	0,16%
Revista	0,05%
CARTÓN	7,45%
Corrugado	4,55%
Plegadizo	2,08%
Tubos de cartón	0,81%
CANASTAS DE HUEVOS	0,17%
Canastas de huevos	0,17%
PLÁSTICO	26,78%
PET (1) Transparente	1,97%

PET (1) Verde	0,02%
PET (1) Ámbar	0,10%
PET (1) Aceite	0,00%
PEAD (2) Flexible	2,42%
PEAD (2) Rígido	0,47%
PVC (3)	5,08%
PEBD (4) Flexible	4,06%
PEBD (4) Rígido	0,07%
PP (5) Flexible	1,99%
PP (5) Rígido	2,63%
PS (6)	3,36%
PS (6) Expandido (Icopor)	0,84%
Otros (7)	2,86%
Plásticos aluminizados	0,34%
ABS	0,00%
Policarbonato	0,57%
VIDRIO	0,53%
Blanco	0,53%
Verde	0,00%
Café - Ámbar	0,00%
Plano	0,00%
METALES	6,54%
Chatarra	5,48%
Aluminio	0,16%
Hierro gris	0,62%
Latón	0,00%
Cobre (Amarillo)	0,00%
Cobre (Rojo)	0,03%
Karla	0,25%
CUERO	0,20%
Cuero	0,20%
CAUCHO	1,66%
Caucho	1,66%
TETRAPACK	0,27%
Tetrapack	0,27%
TEXTILES	4,33%
Estopas, fibras y excedentes textiles no contaminados	4,33%
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES	13,90%
MATERIA ORGÁNICA	11,17%
Restos de Alimentos, Frutas y Verduras	9,52%
Follaje y residuos de zonas verdes	1,65%
MADERA	2,73%
Madera no inmunizada (Estibas, guacales, carretas, palos de escoba, entre otros)	0,06%

Residuos de carpintería (aserrín, viruta, orillos, retales, tablero aglomerado, enchapes, entre otras)	2,67%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	17,94%
Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc,	6,11%
Papel No reciclable: papel mantequilla, papel encerado, papel plastificado, papeles valores (cheques, facturas, letras, papeles de seguridad), papel aluminio, papel carbón y de fax,	6,14%
Cartón no aprovechable: encerado, plastificado, sucio	0,10%
Calzado	0,46%
Espumas, colillas de cigarrillo, chicles, restos de barrido, cerámica, fomy, oasis, ceniza, parafina	5,06%
PET EXÓTICO (Colores sólidos blanco, fucsia, azul y amarillo, entre otros)	0,06%
OTROS RESIDUOS	17,47%
RESIDUOS ESPECIALES	10,20%
Escombros (residuos de concreto, asfalto, mampostería, yeso, entre otros)	10,20%
Muebles y enseres	0,00%
PELIGROSOS	7,07%
Madera inmunizada a vacío presión (sales de cromo y arsénico)	0,50%
Biosanitarios (tapabocas, gasas, algodón y residuos contaminados con fluidos corporales)	0,20%
Cortopunzantes (lancetas y cuchillas contaminadas con sangre y fluidos corporales)	0,00%
Restos de aceites minerales y grasas de desecho, así como estopas, liencillos u otros absorbentes contaminados con éstos	0,26%
Filtros contaminados con aceites lubricantes	1,43%
Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices; sus contenedores y materiales impregnados con estos,	3,62%
Cartuchos, tonners y cintas de impresión	0,00%
Residuos de piel curtida contaminado con cromo y otras sustancias químicas del proceso de curtido de pieles	0,00%
Otros envases y contenedores de desecho que contienen residuos de sustancias peligrosas	0,47%
Lodos y escorias peligrosas (incluidas listado Decreto 4741)	0,60%
Fibra de vidrio	0,00%
RESIDUOS POSCONSUMO	0,20%
Llantas usadas	0,00%
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	0,20%
Fármacos o medicamentos vencidos	0,00%
Pilas y/o acumuladores	0,00%
Baterías usadas plomo ácido	0,00%
Bombillas	0,00%
Plaguicidas y envases	0,00%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 53. Composición porcentual del subsector industrial de otras industrias.

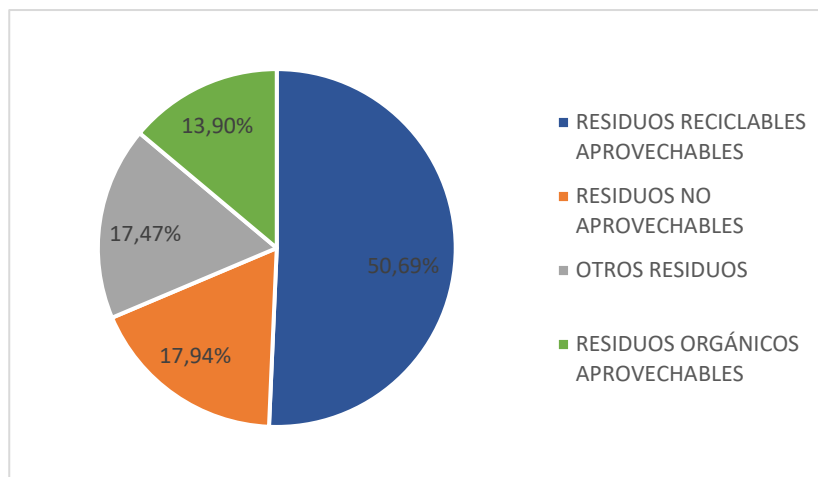


Fuente: Elaboración propia

Los residuos reciclables aprovechables conforman el 50,69% del total, destacando el plástico (26,78%) como uno de los componentes principales. Esta alta proporción de plásticos reciclables sugiere una oportunidad significativa para mejorar las prácticas de reciclaje. Los residuos no aprovechables representan el 17,94%, lo que podría indicar una gestión eficiente de materiales en algunas áreas, aunque aún hay espacio para la mejora en la reducción de estos residuos.

El análisis del material resalta la diversidad de residuos generados, incluyendo cantidades considerables de plástico y metal. La presencia de residuos orgánicos aprovechables (13,90%) y madera (2,73%) INDICA que actividades como la gestión de residuos vegetales y el reciclaje de madera pueden ser áreas de oportunidad para estas industrias.

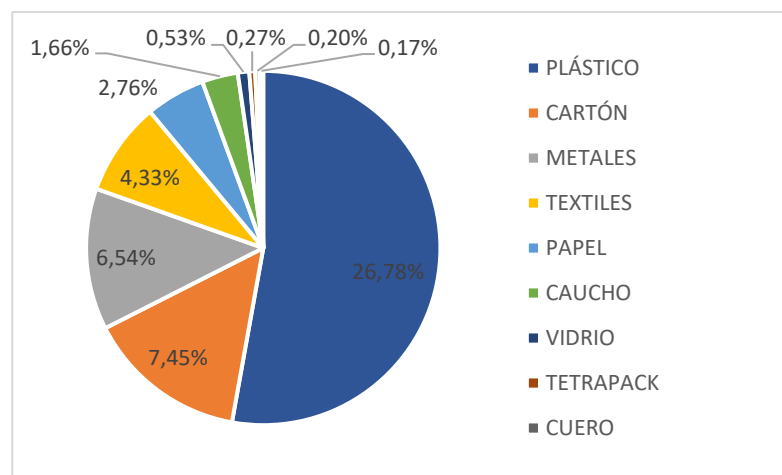
Gráfica 54. Composición porcentual consolidado del subsector industrial de otras industrias.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los materiales reciclables aprovechables, el PVC constituye un 5,08% de los residuos aprovechables, destacando su uso en tuberías, embalajes, y componentes debido a su durabilidad y resistencia. La gestión y reciclaje del PVC en estas industrias es esencial para minimizar impactos ambientales, requiriendo tecnologías especializadas para su manejo adecuado. La eficiente recuperación y reutilización del PVC no solo disminuyen la demanda de recursos vírgenes, sino que también fomentan la economía circular, señalando la importancia de innovar en prácticas de reciclaje y gestión de residuos para un enfoque más sostenible.

Gráfica 55. Composición porcentual de los residuos reciclables aprovechables del subsector otras industrias.



Fuente: Elaboración propia

El análisis detallado de materiales aprovechables revela que, a pesar de la heterogeneidad de las industrias incluidas en esta categoría, existe un potencial considerable para el reciclaje de plásticos y metales. Las estrategias para mejorar la recolección y el procesamiento de estos materiales pueden contribuir significativamente a la sostenibilidad de estas industrias. Además, la considerable cantidad de residuos textiles (4,33%) sugiere la posibilidad de reutilización o reciclaje, posiblemente indicando sinergias entre estas industrias y el sector textil.

Los residuos peligrosos (7,07%) y posconsumo (0,20%) representan retos importantes para la gestión sostenible. La alta proporción de residuos peligrosos, especialmente aquellos relacionados con la producción y uso de químicos, requiere prácticas de manejo especializadas para evitar daños al medio ambiente y la salud pública. Los residuos posconsumo, incluyendo RAEE, aunque menos significativos en volumen, necesitan sistemas de recolección y reciclaje efectivos para recuperar materiales valiosos y prevenir la contaminación.

Este análisis destaca la necesidad de enfoques integrados y sostenibles en la gestión de residuos para la subclasificación de "Otras Industrias", considerando tanto la recuperación de materiales reciclables como el manejo seguro de residuos peligrosos y posconsumo, para avanzar hacia prácticas más responsables y sostenibles.

10.10 Consolidado de residuos aprovechables que se desvían del relleno sanitario.

Es esencial reconocer la importancia de los residuos que actualmente están siendo aprovechados y desviados de disposición final. Estos residuos aprovechables, que no se contabilizan en las cifras de disposición final, representan una parte significativa del flujo de residuos generados en la ciudad de Medellín.

Según los datos proporcionados por el Sistema Único de Información (SUI) en su base de datos de Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento, en el año 2021 se aprovecharon un total de 162.413 toneladas de residuos reciclables generados por el sector residencial de Medellín.

En el presente estudio se llevó a cabo la solicitud de certificados de aprovechamiento a los diferentes actores de los subsectores no residenciales, para tener una comprensión del desvío de estos materiales, que no son entregados a disposición final y son enviados a un respectivo aprovechamiento.

De los 713 suscriptores no residenciales caracterizados, solamente 31 presentaron soportes y certificados de gestión de residuos reciclables, a pesar de la estrategia comunicacional donde se argumentaba la importancia de suministrar la información asociada a las cantidades de los residuos aprovechados por el sector no residencial.

En la tabla presentada a continuación, se presenta la información suministrada por las 31 empresas que reportaron datos de aprovechamiento en su ejercicio de participación del estudio de caracterización.

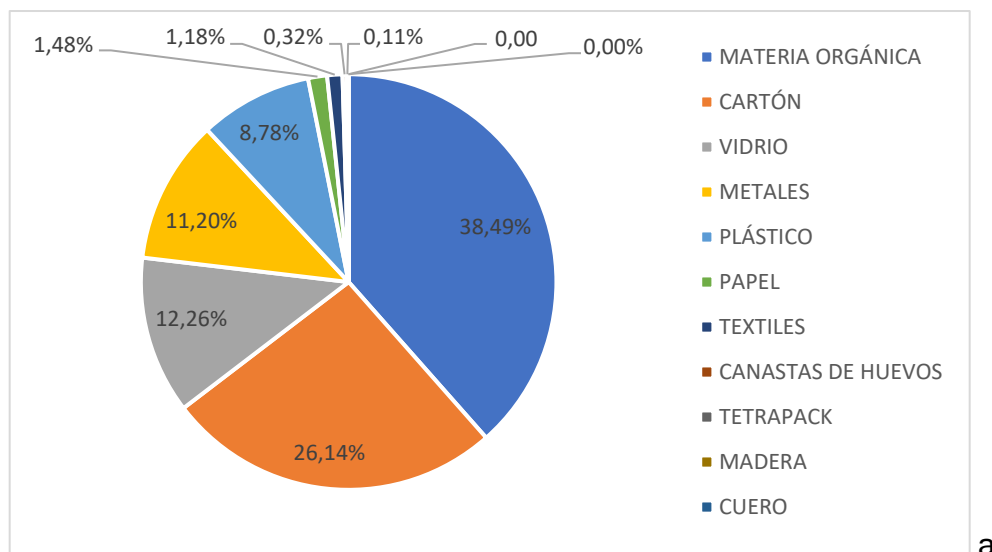


Tabla 67. Residuos aprovechados por los 31 suscriptores no residenciales que entregaron certificados de aprovechamiento.

SUBSECTOR NO RESIDENCIAL		
ACTORES CON CERTIFICADOS	31	
COMPONENTE	GENERACIÓN (Ton/Año)	PORCENTAJE DE GENERACIÓN (%)
MATERIA ORGÁNICA	1.183	38,49%
CARTÓN	804	26,14%
VIDRIO	377	12,26%
METALES	344	11,20%
PLÁSTICO	270	8,78%
PAPEL	46	1,48%
TEXTILES	36	1,18%
CANASTAS DE HUEVOS	10	0,32%
TETRAPACK	3	0,11%
MADERA	1	0,00
CUERO	0	0,00%
CAUCHO	0	0,00%
TOTAL	3.075	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 56. Composición porcentual de los 31 suscriptores no residenciales que entregaron certificados de aprovechamiento



Fuente: Elaboración propia

Solamente 31 suscriptores no residenciales, correspondientes al 4.4% del total de la muestra, presentaron sus certificados de aprovechamiento. La generación

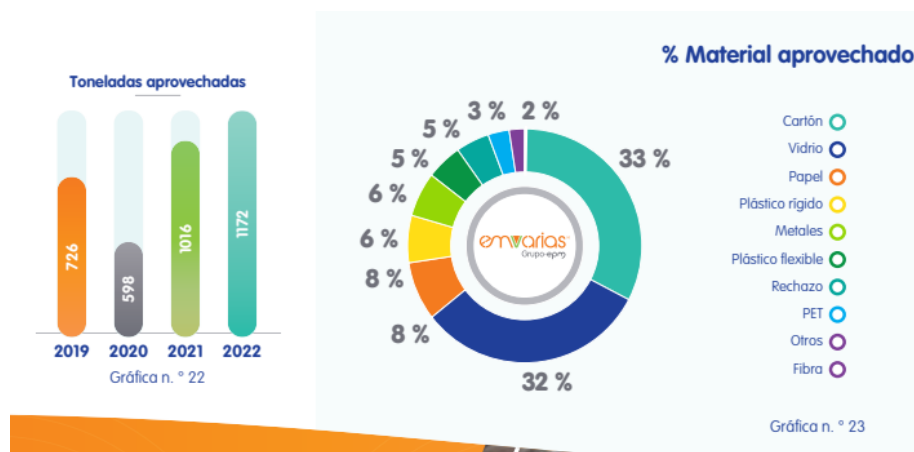
total de residuos aprovechables de estos actores alcanza las 3.075 toneladas por año.

En términos de composición, se observa que el cartón es el material más aprovechado, representando el 26.14% del total de residuos aprovechables, seguido por el plástico (8.78%) y el vidrio (12.26%). Estos resultados sugieren una tendencia hacia el aprovechamiento de materiales reciclables comunes en el sector no residencial, lo que puede atribuirse a la disponibilidad de infraestructura y procesos de reciclaje para estos materiales.

En cuanto a los residuos orgánicos, se registra una generación de 1.185 toneladas por año, lo que representa el 38.53% del total de residuos gestionados por estos actores. Este hallazgo revela esfuerzos en curso para implementar prácticas de gestión integral de residuos orgánicos en la ciudad.

Aunque con estos datos se revelan buenas prácticas por parte de algunos actores, también revelan áreas de oportunidad, como el bajo aprovechamiento de ciertos materiales como el cuero, el caucho y la madera, así como la necesidad de aumentar la participación de más actores en programas de aprovechamiento y reciclaje. La colaboración entre el sector privado, las autoridades municipales y las empresas de gestión de residuos será fundamental para avanzar hacia un modelo de economía circular.

Ilustración 4. Cantidad y porcentaje de residuos aprovechados por EMVARIAS SA ESP en su ruta selectiva



Fuente: EMVARIAS SA ESP

El análisis comparativo entre los datos de aprovechamiento de residuos presentados en el informe de sostenibilidad de EMVARIAS SA ESP para el año 2022 y los certificados obtenidos en el estudio de caracterización de residuos

revela una coherencia notable en la distribución de los materiales más aprovechados. Según el informe de EMVARIAS SA ESP, el 33% del material aprovechado fue cartón, seguido por el 32% de vidrio, el 13% de plástico y el 6% de metales. Esta distribución guarda similitud con la composición porcentual hallada mediante los certificados obtenidos en el estudio, donde el cartón, el vidrio, los metales y los plásticos ocupan los cuatro primeros lugares en generación de residuos aprovechables, con porcentajes del 26.14%, 12.26%, 11.20% y 8.78% respectivamente.

Es importante destacar que, si bien el plástico no ocupa el primer lugar en los resultados del aprovechamiento realizado actualmente, sí se sitúa en el primer lugar de los residuos reciclables que se están destinando al relleno sanitario, siendo uno de los contribuyentes más significativos. Este hallazgo resalta el potencial y la oportunidad que existe para aumentar las tasas de aprovechamiento del plástico en la ciudad de Medellín, ya que actualmente gran parte de este material termina en el relleno sanitario La Pradera. Implementar estrategias específicas para fomentar el reciclaje y la valorización del plástico podría tener un impacto significativo en la reducción de residuos enviados a disposición final y en la promoción de una gestión más sostenible de los recursos.

Según el informe de sostenibilidad de EMVARIAS SA ESP para el año 2022, se llevó a cabo el tratamiento de un total de 3.325 toneladas de residuos orgánicos generados en la actividad de corte de césped y poda de árboles. Estos residuos fueron sometidos a diversos procesos, como el chipeado y el compostaje. Esta cifra refleja una gestión sostenible de los residuos, al aprovechar los recursos orgánicos para la generación de productos útiles como el compost, en lugar de enviarlos al relleno sanitario. Este enfoque hacia el tratamiento y la valorización de los residuos orgánicos contribuye significativamente a la reducción de la cantidad de residuos destinados a la disposición final, al tiempo que promueve prácticas más amigables con el medio ambiente. Además, se destaca que la materia orgánica representa el 38.49% del total de residuos con certificados de gestión, según los certificados obtenidos de los actores no residenciales caracterizados. Esto resalta la importancia de continuar fortaleciendo las estrategias de tratamiento de estos materiales orgánicos, dado su alto potencial para ser transformados en recursos útiles mediante procesos de gestión adecuados.

Si bien se tiene un trabajo significativo en la gestión de los residuos orgánicos, los resultados de la caracterización muestran un porcentaje importante de estos



residuos presentes en los diferentes subsectores. Esto indica que aún persiste una cantidad considerable de materia orgánica que se destina a la disposición final en el relleno sanitario, lo cual representa una oportunidad para fortalecer las iniciativas de tratamiento en todos los sectores de la ciudad. La identificación de este potencial de tratamiento en los diferentes subsectores indica una importancia de implementar estrategias integrales de gestión de residuos que aborden de manera efectiva la gestión de los materiales orgánicos, con la finalidad de reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final y avanzar hacia un modelo de economía circular que maximice la utilización de recursos y minimice el impacto ambiental asociado a su gestión.

10.11 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023

Al observar la gestión de residuos a través de diferentes subsectores en los estudios de 2018 y 2023, encontramos una oportunidad de entender cómo han evolucionado las prácticas de manejo de residuos. Este análisis comparativo ofrece una posible visión panorámica del impacto de las políticas ambientales y de las iniciativas de sostenibilidad implementadas en los últimos años.

El estudio de 2018 proporcionó una línea desde la cual hemos podido observar tendencias, identificar progresos y detectar desafíos persistentes en la gestión de residuos. Ahora, al contrastar estos hallazgos con los datos de 2023, es posible destacar no solo los cambios cuantitativos en la generación de residuos, sino también cualitativos en cuanto a la clasificación de estos.

La comparación se centra en la composición porcentual de las categorías de residuos que incluyen papel, cartón, plástico, vidrio, metales, cuero, caucho, tetrapack, textiles, residuos orgánicos, madera, residuos no aprovechables, residuos especiales, peligrosos y posconsumo. Se observa que las canastas de huevos, aunque manejadas de manera independiente en 2023, para los propósitos de una comparación equitativa, se han integrado en la categoría de cartón. Del mismo modo, las llantas usadas, a pesar de ser clasificadas como residuos posconsumo en 2023, también se consideran como un residuo especial. Para mantener la coherencia con el estudio de 2018, en esta comparativa, se agrupa en la categoría de residuos especiales. Este ejercicio comparativo busca respetar la consistencia metodológica y proporcionar una imagen comparable de la evolución en la generación de residuos entre estos dos años evaluados.

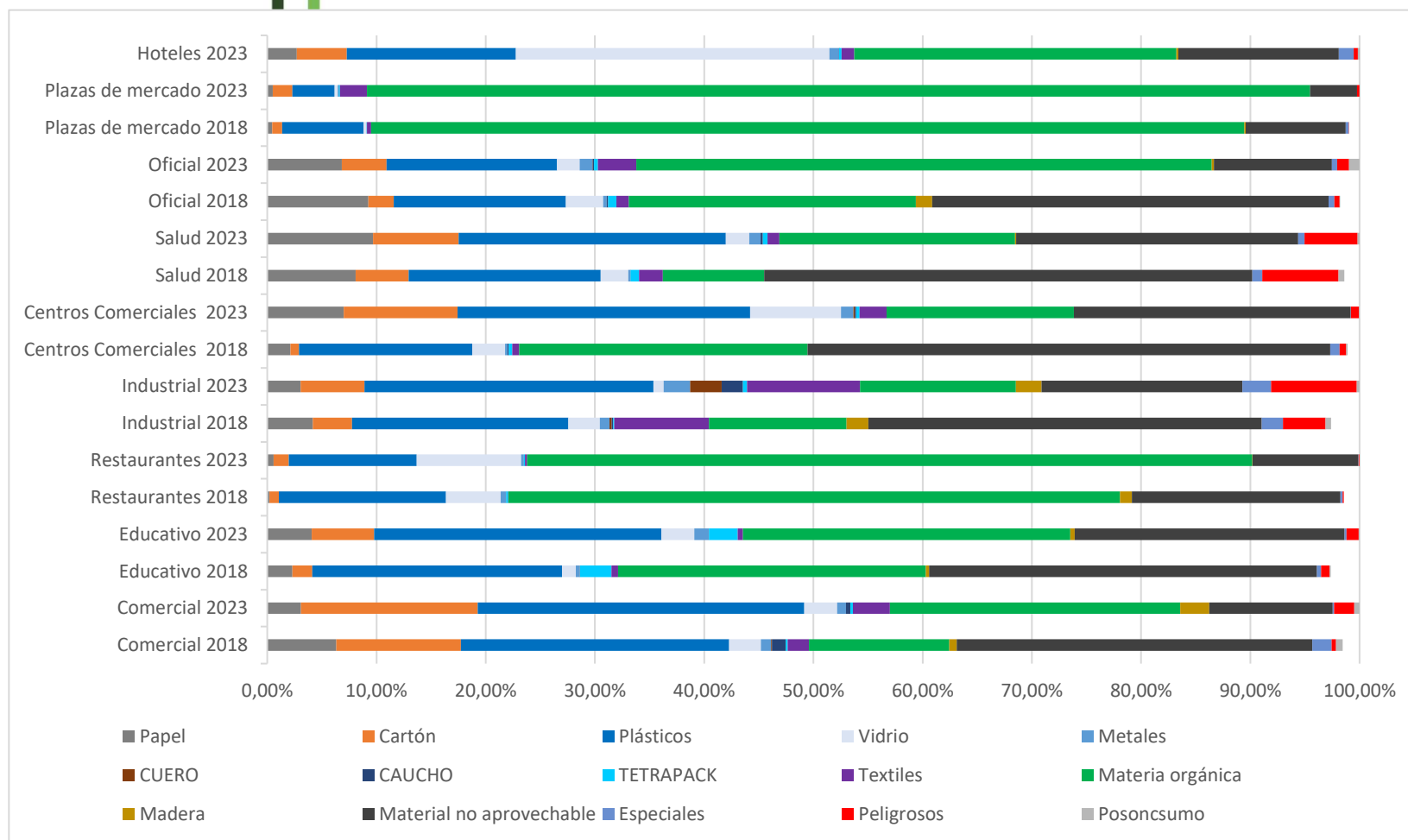
Este enfoque detallado permite una evaluación de los avances o retrocesos en la gestión de residuos y permite identificar dónde se han hecho mejoras significativas y dónde se requieren esfuerzos para avanzar hacia una gestión más sostenible y responsable de los residuos en todos los subsectores. Con esta comparativa, se busca fomentar una reflexión crítica sobre las estrategias actuales y futuras en la gestión de residuos y destacar la importancia de un enfoque que promueva la reducción, reutilización y reciclaje.

Tabla 68. Composición porcentual de residuos en los años 2022 y 2023 en los diferentes subsectores.

TIPO DE RESIDUO	Papel	Cartón	Plásticos	Vidrio	Metales	cuero	caucho	tetrapack	Textiles	Materia orgánica	Madera	Material no aprovechable	Especiales	Peligrosos	Posconsumo
Comercial 2018	6,31%	11,41%	24,56%	2,91%	0,93%	0,07%	1,27%	0,18%	1,95%	12,86%	0,68%	32,54%	1,78%	0,39%	0,61%
Comercial 2023	3,08%	16,19%	29,90%	2,99%	0,83%	0,00%	0,39%	0,23%	3,38%	26,58%	2,66%	11,30%	0,14%	1,83%	0,49%
Educativo 2018	2,31%	1,81%	22,85%	1,27%	0,35%	0,00%	0,04%	2,88%	0,61%	28,17%	0,31%	35,50%	0,39%	0,79%	0,08%
Educativo 2023	4,08%	5,71%	26,31%	2,99%	1,32%	0,00%	0,02%	2,63%	0,47%	29,98%	0,40%	24,70%	0,18%	1,11%	0,09%
Restaurantes 2018	0,20%	0,87%	15,30%	5,01%	0,48%	0,00%	0,01%	0,17%	0,03%	55,99%	1,10%	19,08%	0,22%	0,09%	0,00%
Restaurantes 2023	0,59%	1,39%	11,71%	9,55%	0,24%	0,00%	0,00%	0,10%	0,21%	66,40%	0,02%	9,69%	0,03%	0,07%	0,01%
Industrial 2018	4,17%	3,60%	19,80%	2,87%	0,90%	0,20%	0,12%	0,11%	8,66%	12,59%	2,02%	36,01%	1,93%	3,90%	0,52%
Industrial 2023	3,07%	5,83%	26,46%	0,94%	2,44%	2,88%	1,94%	0,37%	10,35%	14,25%	2,36%	18,38%	2,65%	7,83%	0,26%
Centros Comerciales 2018	2,11%	0,80%	15,84%	3,01%	0,23%	0,00%	0,10%	0,33%	0,63%	26,40%	0,00%	47,85%	0,86%	0,63%	0,11%
Centros Comerciales 2023	7,01%	10,40%	26,80%	8,32%	1,12%	0,14%	0,11%	0,32%	2,47%	17,14%	0,00%	25,36%	0,00%	0,74%	0,06%
Salud 2018	8,10%	4,84%	17,58%	2,52%	0,20%	0,00%	0,01%	0,79%	2,17%	9,29%	0,00%	44,68%	0,93%	6,98%	0,52%
Salud 2023	9,69%	7,85%	24,44%	2,16%	1,02%	0,00%	0,21%	0,43%	1,10%	21,57%	0,10%	25,82%	0,57%	4,86%	0,19%
Oficial 2018	9,25%	2,33%	15,75%	3,41%	0,33%	0,00%	0,13%	0,75%	1,15%	26,27%	1,50%	36,28%	0,54%	0,49%	0,04%
Oficial 2023	6,83%	4,10%	15,61%	2,08%	1,15%	0,02%	0,12%	0,36%	3,51%	52,69%	0,18%	10,80%	0,49%	1,10%	0,96%
Plazas de mercado 2018	0,45%	0,90%	7,47%	0,28%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,38%	79,96%	0,11%	9,16%	0,28%	0,02%	0,00%
Plazas de mercado 2023	0,50%	1,81%	3,87%	0,26%	0,10%	0,00%	0,01%	0,11%	2,46%	86,35%	0,00%	4,29%	0,00%	0,23%	0,01%
Hoteles 2023	2,70%	4,58%	15,48%	28,71%	0,87%	0,00%	0,00%	0,22%	1,18%	29,50%	0,16%	14,69%	1,37%	0,38%	0,17%

Fuente: Elaboración

Gráfica 57. Composición porcentual de los residuos en los diferentes subsectores en los años 2018 y 2023.



Fuente: Elaboración propia

La composición de residuos sólidos generados entre 2018 y 2023 refleja los residuos potencialmente aprovechables en los diferentes subsectores analizados.

En el subsector comercial, aunque se observa un aumento en materiales como materia orgánica y plásticos, el hecho de que estos terminen en rellenos sanitarios indica que aún hay un gran potencial de mejora en las prácticas de gestión. El incremento en el uso de cartón puede sugerir un cambio hacia materiales más sostenibles, pero esto no se traduce en una ventaja ambiental si estos materiales no se reciclan de manera efectiva.

Similarmente, en el subsector educativo, el aumento en papel y cartón, así como en plásticos, podría reflejar una oportunidad para implementar programas de reciclaje más robustos que eviten que estos materiales valiosos sean desaprovechados en rellenos sanitarios.

Los restaurantes, a pesar de reducir la cantidad de residuos no aprovechables y aumentar la materia orgánica, muestran una necesidad urgente de adoptar prácticas de tratamiento de residuos orgánicos, ya que estos residuos biodegradables representan una fracción significativa que podría ser reintegrada al ciclo natural en lugar de ocupar espacio en rellenos sanitarios.

El subsector industrial, con una disminución en residuos no aprovechables y aumento en plásticos y textiles, tiene un claro margen para mejorar la recuperación y el reciclaje de estos materiales, minimizando así su huella ambiental.

Los centros comerciales muestran un aumento en materiales reciclables como plásticos, papel, cartón y vidrio, lo que indica la necesidad de mejorar la infraestructura y las políticas de reciclaje.

En el ámbito de la salud, el manejo de residuos es crítico debido a su potencial peligrosidad. Se observa un incremento en residuos peligrosos que están siendo incluidos en los residuos entregados a la empresa del servicio público de aseo. Es crucial asegurar su gestión adecuada, en lugar de ser llevados al relleno sanitario La Pradera, donde pueden representar riesgos para la salud y el medio ambiente.

Para el sector oficial, la disminución en residuos no aprovechables es positiva, pero el incremento en la materia orgánica y textiles en los rellenos sanitarios



señala la necesidad de implementar prácticas de reciclaje y aprovechamiento de orgánicos más efectivas.

Las plazas de mercado, con su alta proporción de materia orgánica, están en una posición óptima para liderar la implementación de programas de tratamiento de residuos orgánicos, lo que podría reducir significativamente la cantidad de residuos destinados a disposición final.

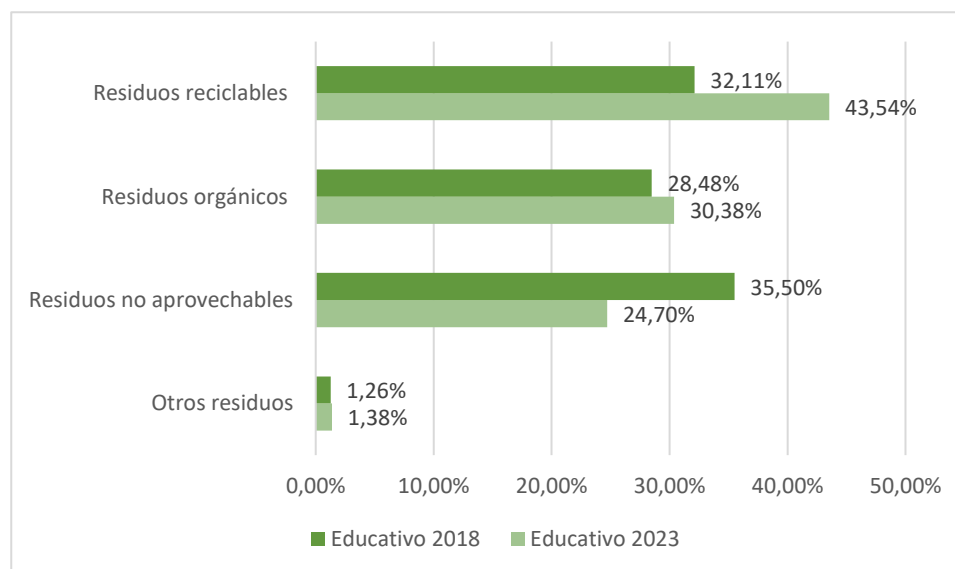
Para los hoteles, la proporción de materia orgánica y vidrio pone de manifiesto la oportunidad de adoptar y mejorar las prácticas de gestión para estos materiales.

En conclusión, aunque hay una mayor segregación de residuos reciclables, la realidad de su disposición final en rellenos sanitarios resalta la desconexión entre la separación de residuos y su efectivo aprovechamiento. Es crucial que los diferentes subsectores trabajen en cerrar este ciclo mediante la implementación de estrategias que promuevan el aprovechamiento y/o tratamiento de los residuos sólidos.



10.11.1 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector educativo.

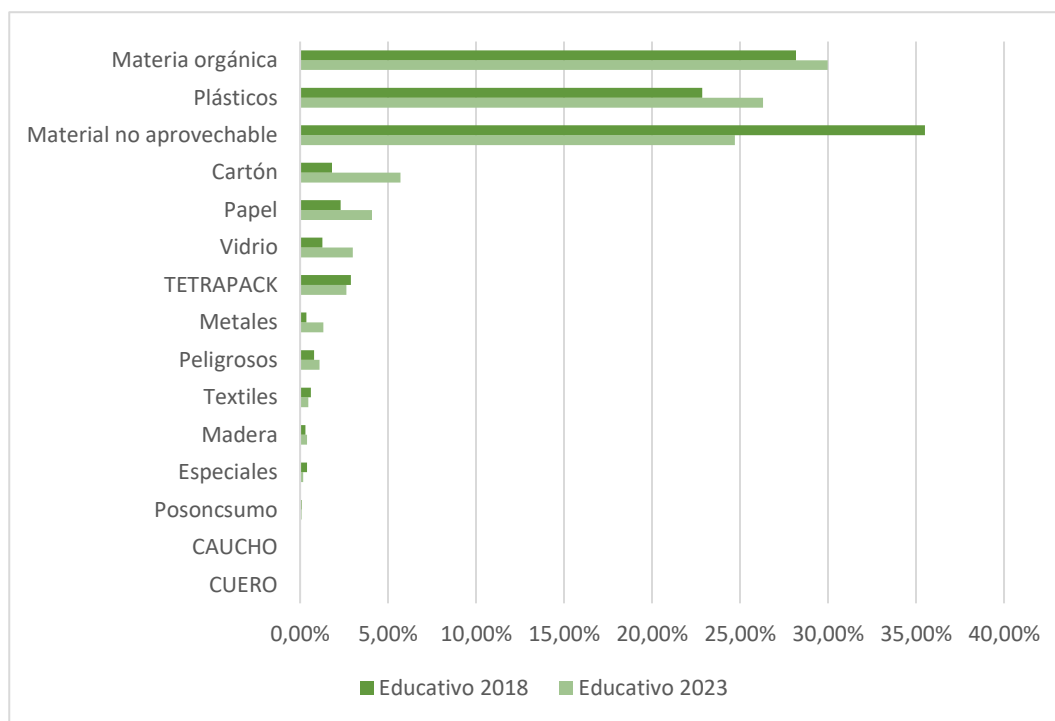
Gráfica 58. Consolidado general porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector educativo.



Fuente: Elaboración propia

Comparando los datos de 2018 y 2023, se observa una notable disminución en la categoría de residuos no aprovechables, pasando de 35.50% a 24.70%, lo que indica una mejora en la separación de residuos y posiblemente una mayor conciencia ambiental dentro del subsector. Los residuos orgánicos han aumentado ligeramente de 28.48% a 30.38%, lo que podría reflejar una mayor generación de residuos biodegradables debido a los servicios de cafetería y alimentación. La categoría de residuos reciclables aprovechables ha visto un incremento significativo de 32.11% a 43.54%, una señal positiva que indica un potencial incremento en la recolección y segregación de materiales reciclables como papel, cartón, y plásticos. Sin embargo, este progreso se ve empañado por el hecho de que estos materiales reciclables están siendo enviados al relleno sanitario, lo que sugiere una desconexión entre la segregación de residuos y su gestión adecuada.

Gráfica 59. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector educativo.



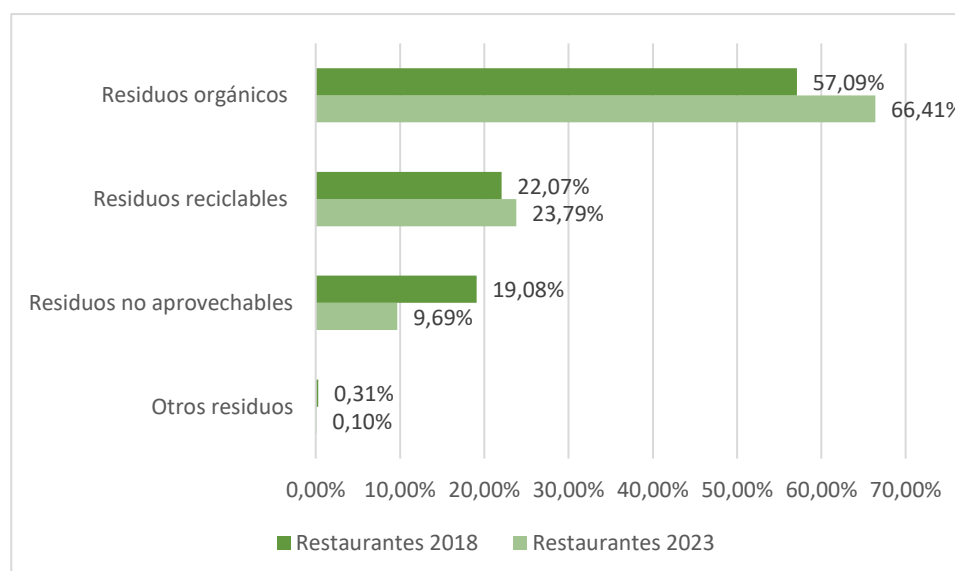
Fuente: Elaboración propia

La gráfica detallada muestra un panorama más específico de la composición de residuos en el subsector educativo. La disminución en residuos especiales y textiles, y un aumento moderado en materiales como madera, vidrio, papel y cartón reflejan cambios en los hábitos de consumo y las prácticas de gestión de residuos. Especial atención merece el aumento en la categoría de plásticos, de 22.85% a 26.31%, lo que, aunque indica una mayor segregación, también resalta la necesidad de mejorar las estrategias de reciclaje y reducción de plásticos en las instituciones educativas. Por otro lado, la materia orgánica sigue siendo una fracción importante, pasando de 28.17% a casi 30%, lo que refuerza la oportunidad de establecer programas de tratamiento de orgánicos dentro de las instituciones educativas.

10.11.2 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector restaurantes.

El subsector de restaurantes ha visto cambios notables en la gestión de residuos desde 2018, reflejando una adaptación hacia prácticas más sostenibles. Estos cambios tienen implicaciones importantes, ya que los restaurantes juegan un papel crucial en la generación de residuos orgánicos y su gestión correcta puede tener un impacto positivo sustancial en el medio ambiente.

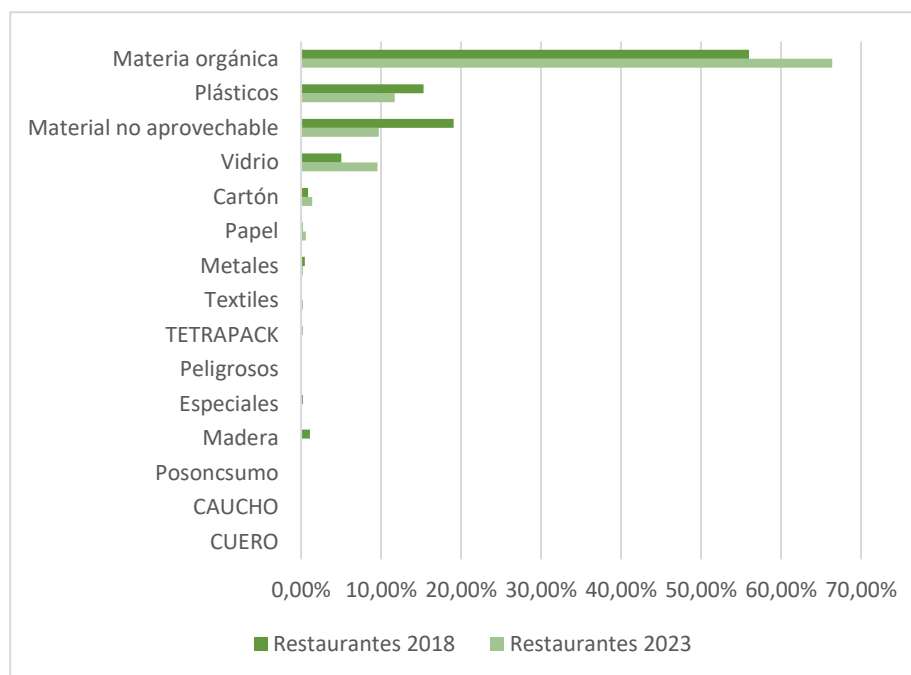
Gráfica 60. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector restaurantes.



Fuente: Elaboración propia

La comparación entre 2018 y 2023 muestra que los residuos no aprovechables en los restaurantes han disminuido significativamente, pasando de 19.26% a 9.69%. Esta reducción sugiere una mejora considerable en las prácticas de reducción en la fuente y reducción de la generación. El incremento en residuos orgánicos aprovechables del 57.09% al 66.40% refleja un fortalecimiento en la separación de los residuos biodegradables, probablemente debido a una adecuada gestión de residuos de este tipo o al incremento en el volumen de sus actividades económicas.

Gráfica 61. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector restaurantes.



Fuente: Elaboración propia

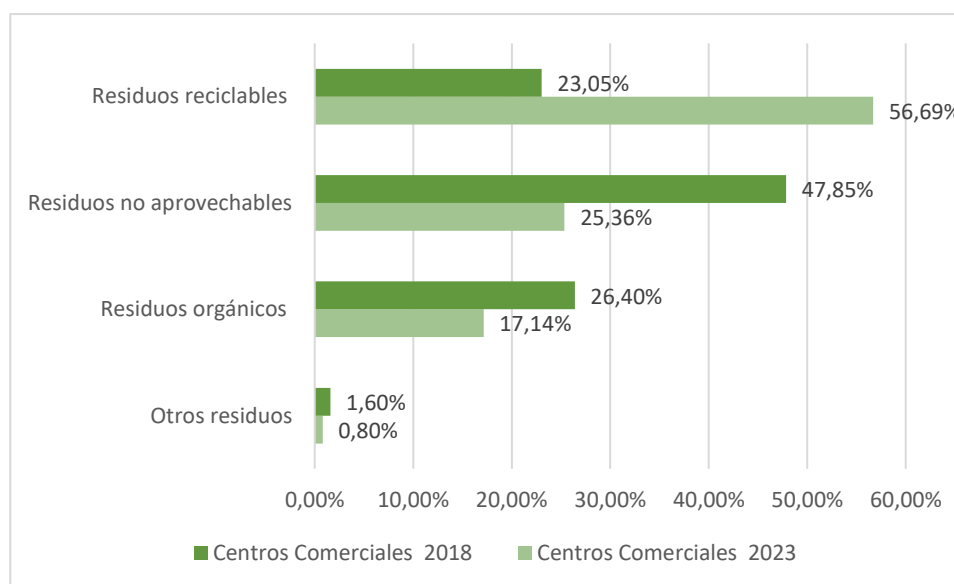
La gráfica resalta el aumento en la generación de residuos orgánicos y una disminución en los plásticos, lo que es un indicativo de cambios en el consumo y la responsabilidad ambiental dentro del sector. Sin embargo, el aumento en la categoría de vidrio, de 5.01% a 9.55%, puede reflejar un cambio en las preferencias de empaques o presentación de productos.

Es esencial que los restaurantes continúen optimizando sus procesos para reducir la generación de residuos no aprovechables y continuar trabajando en la separación de residuos orgánicos. Se sugiere la implementación de programas de tratamientos para orgánicos, para así convertir residuos alimentarios en recursos valiosos como abonos y biocombustibles. Además, debe fomentarse la educación y la conciencia ambiental entre el personal y los clientes para mantener y mejorar las prácticas sostenibles.

10.11.3 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector centros comerciales.

Los centros comerciales son espacios multifuncionales que concentran una amplia gama de actividades, resultando en una diversidad de residuos generados. Entre 2018 y 2023, se han observado cambios importantes en la composición de residuos en este subsector, lo que refleja un cambio en las prácticas de consumo y manejo de residuos.

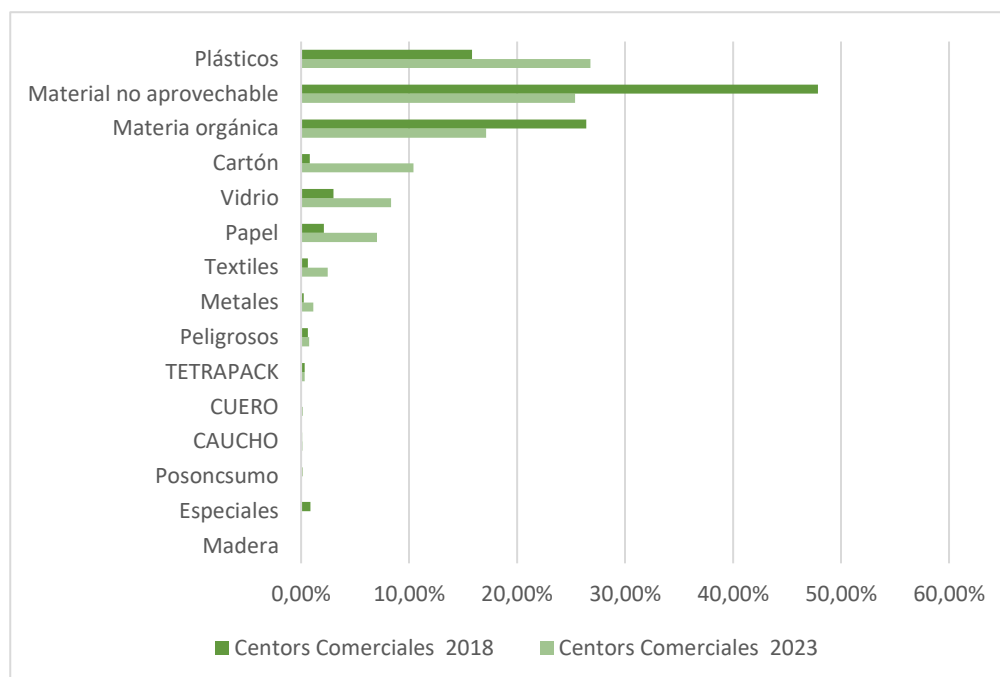
Gráfica 62. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector centros comerciales.



Fuente: Elaboración propia

La categoría de residuos no aprovechables se ha reducido notablemente de 47.85% a 25.36%, mostrando un avance en la prevención de la generación. Los residuos plásticos han aumentado de 15.84% a 26.80%, y el vidrio también ha visto un aumento significativo de 3.01% a 8.32%, lo que sugiere un incremento en el uso de productos y empaques con materiales reciclables, esto por parte de los consumidores y negocios que operan en estos espacios. Sin embargo, a pesar de ser residuos con potencial de aprovechamiento, estos están siendo dispuestos con la empresa de aseo y llegando al relleno sanitario.

Gráfica 63. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector centros comerciales.



Fuente: Elaboración propia

La presencia de residuos peligrosos sugiere la necesidad de reforzar las prácticas de manejo seguro y disposición adecuada, para evitar su disposición final media la técnica de relleno sanitario, lo que puede acarrear problemas ambientales y sanitarios.

El aumento en la separación de plásticos y vidrio, por otro lado, refleja un desafío y una oportunidad para intensificar las políticas de reciclaje y reducción en el origen y la oportunidad de educar a comerciantes y consumidores sobre el consumo responsable y las prácticas sostenibles. Los centros comerciales, como conglomerados de consumo masivo, tienen la responsabilidad y la capacidad de liderar con el ejemplo, implementando programas de reciclaje efectivos y facilitando infraestructuras para la recuperación de materiales y evitar que estos terminen en el relleno sanitario.

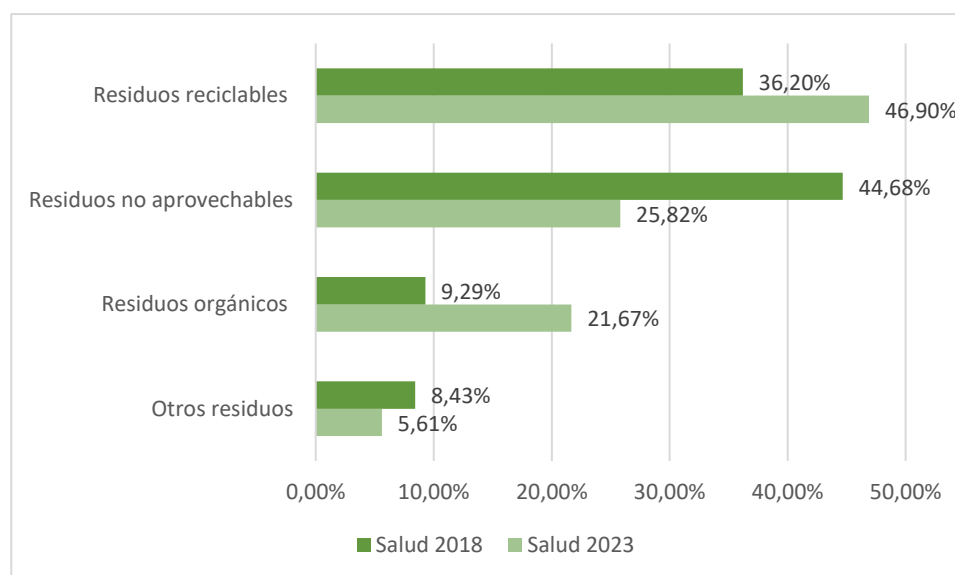
Las recomendaciones apuntan hacia la adopción de estrategias integrales que incluyan puntos de recolección accesibles para el público, estaciones de reciclaje claramente marcadas y visibles, así como campañas educativas continuas que promuevan la segregación de residuos y el reciclaje. Estas

medidas no solo contribuirían a la sostenibilidad ambiental sino también a la imagen socialmente responsable de los centros comerciales, incentivando a los visitantes a participar activamente en la economía circular y reducir la huella ambiental colectiva.

10.11.4 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector salud.

El subsector de la salud ha sido particularmente impactado por las necesidades de manejo de residuos, especialmente dada la naturaleza peligrosa de los residuos generados. La comparación entre los estudios de 2018 y 2023 permite evaluar cómo las instituciones de salud han adaptado sus prácticas en respuesta a las crecientes demandas normativas de sostenibilidad y manejo responsable de residuos.

Gráfica 64. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector salud.

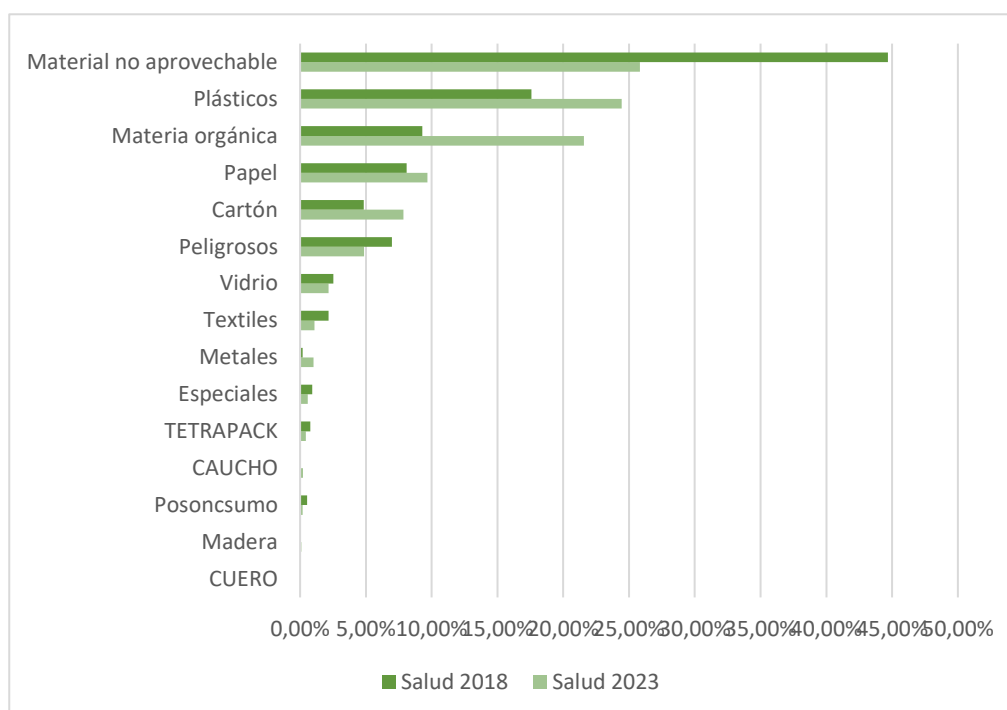


Fuente: Elaboración propia

La comparativa entre 2018 y 2023 muestra una notable disminución en los residuos no aprovechables, pasando de 44.68% a 25.82%. Este cambio sugiere un avance significativo en la prevención de la generación de estos. Los residuos orgánicos y los reciclables muestran un aumento, reflejando posiblemente mejoras en las prácticas de separación o un cambio en los materiales de productos y empaques. Sin embargo, el hecho de que estos residuos terminen

en rellenos sanitarios plantea interrogantes sobre la efectividad de las estrategias de reciclaje y reutilización implementadas.

Gráfica 65. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector salud.



Fuente: Elaboración propia

El análisis detallado resalta un aumento en la proporción de plásticos, pasando de 17.58% a 24.65%, y una disminución en los residuos peligrosos de 7.50% a 5.04%. Este último dato, aunque representa una disminución, sigue siendo relevante debido a la naturaleza crítica de los residuos peligrosos en el sector salud, que requiere de manejo especializado para evitar riesgos ambientales y de salud pública. La materia orgánica también muestra un incremento, lo que sugiere una oportunidad para fortalecer los programas de gestión de residuos biodegradables.

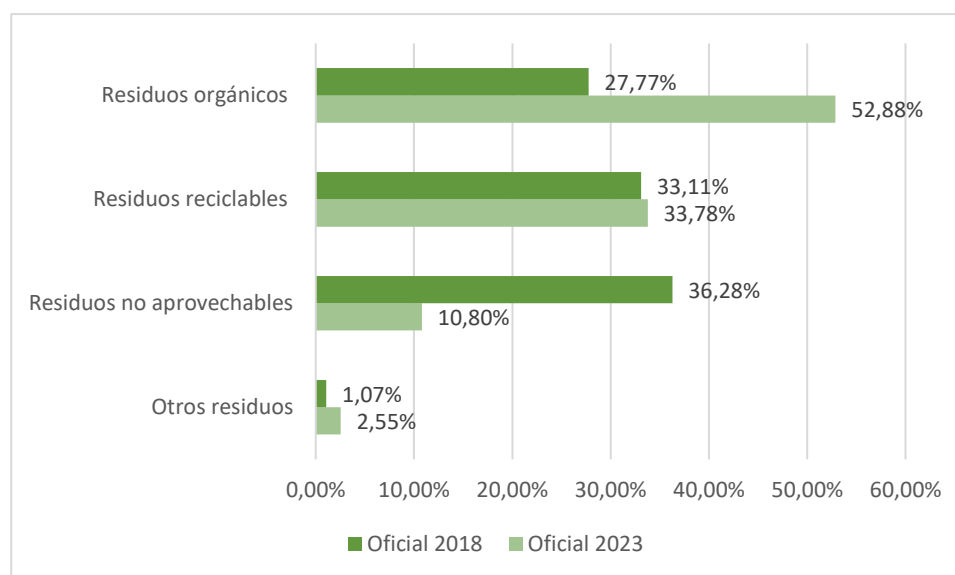
Es esencial para el subsector salud continuar mejorando en las prácticas de separación de residuos para minimizar la cantidad de residuos dirigidos a rellenos sanitarios. Es crucial fortalecer el manejo de residuos peligrosos y reciclables para asegurar su adecuada gestión. Implementar programas de educación y sensibilización sobre manejo de residuos, tanto para el personal de

salud como para los pacientes y visitantes, puede contribuir significativamente a estos objetivos. Además, fomentar la gestión a través de gestores externos autorizados por la autoridad ambiental competente puede mejorar la efectividad de las estrategias de gestión de residuos en el sector salud.

10.11.5 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector oficial.

El subsector oficial ha experimentado cambios significativos en la gestión de residuos desde 2018, reflejando una evolución en las prácticas ambientales dentro de las instituciones gubernamentales. Estos cambios son cruciales, ya que las entidades oficiales no solo cumplen funciones administrativas, sino que también tienen un impacto importante en la comunidad como entidades de referencia en materia de gestión pública y sostenibilidad.

Gráfica 66. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector oficial.

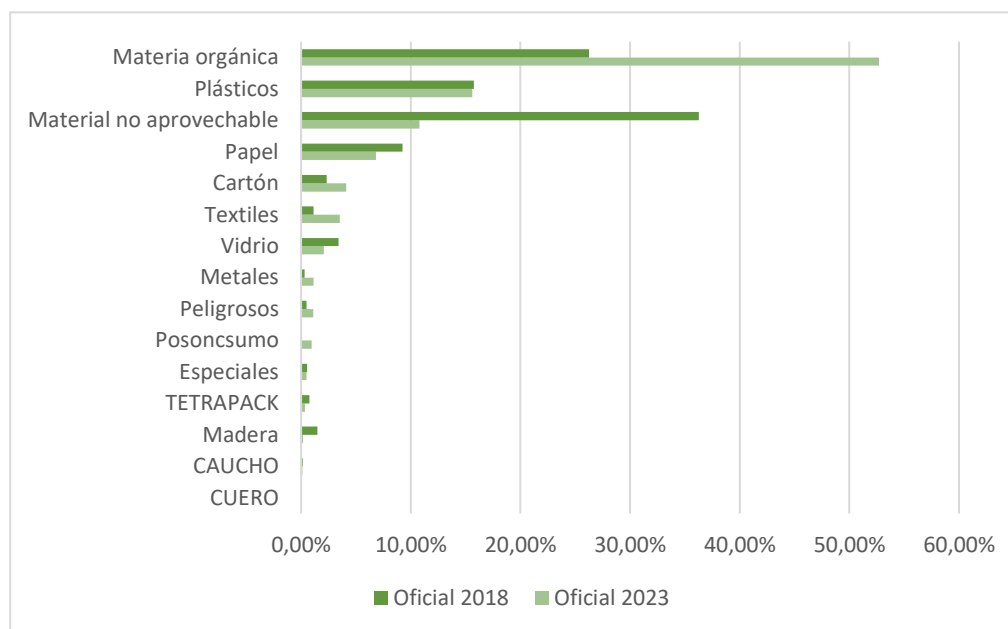


Fuente: Elaboración propia

Al comparar los datos de 2018 y 2023, se observa una reducción notable en la categoría de residuos no aprovechables, pasando del 36.28% al 10.80%, lo que sugiere una mejora en la gestión ambiental dentro del subsector oficial. Los residuos orgánicos aprovechables muestran un aumento del 27.77% al 52.88%, lo que podría indicar un aumento de las actividades de cafetería y alimentación. La categoría de residuos reciclables aprovechables ha experimentado un

aumento modesto del 33.11% al 33.78%, lo que sugiere una estabilización en la generación de estos materiales dentro del subsector.

Gráfica 67. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector oficial.



Fuente: Elaboración propia

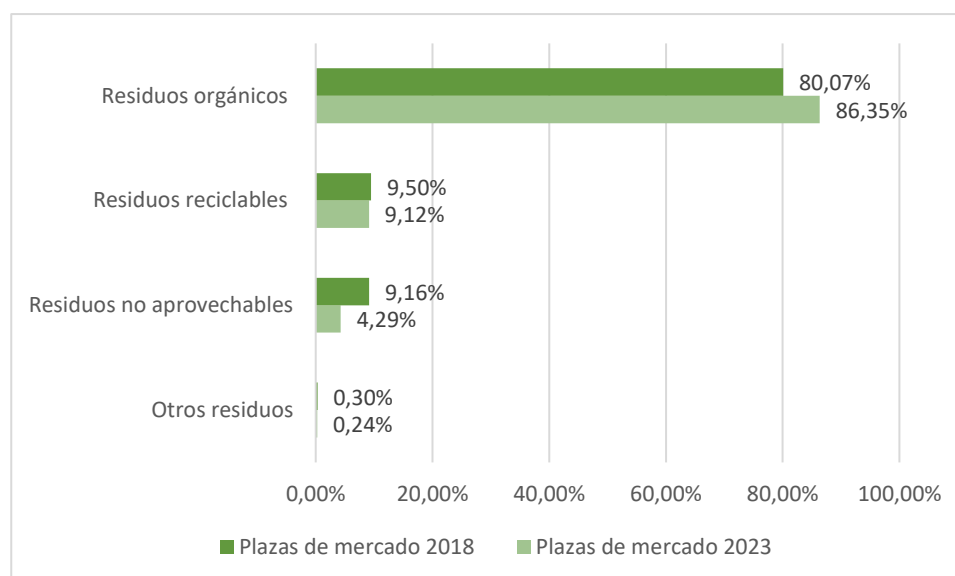
Se observa una disminución en la proporción de papel y cartón, posiblemente como resultado de la digitalización de procesos administrativos. Por otro lado, se destaca una disminución en la categoría de plásticos, pasando de 15.75% a 15.61%, lo que sugiere un leve descenso en el uso de plásticos dentro de las entidades gubernamentales. Además, se observa un incremento en la categoría de residuos peligrosos, lo que podría requerir una atención especial en términos de manejo y disposición adecuada.

Aunque se ha logrado una reducción significativa en la generación de residuos no aprovechables, es importante implementar medidas para mejorar la gestión de residuos orgánicos y reciclables dentro del subsector oficial. Se recomienda realizar una evaluación exhaustiva de los procesos de gestión de residuos y fortalecer la infraestructura de reciclaje para garantizar una gestión efectiva de los materiales reciclables. Además, se sugiere implementar programas de sensibilización ambiental y capacitación para el personal gubernamental con el fin de promover prácticas sostenibles en todas las áreas de trabajo.

10.11.6 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector plazas de mercado.

Las plazas de mercado son sitios fundamentales en la dinámica comercial y social de una comunidad, sirviendo como centros de intercambio de bienes y servicios. La gestión adecuada de los residuos en estos espacios es esencial para promover la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los residentes locales, pues una gestión inadecuada de residuos orgánicos puede generar problemas asociados a malos olores y vectores de enfermedades.

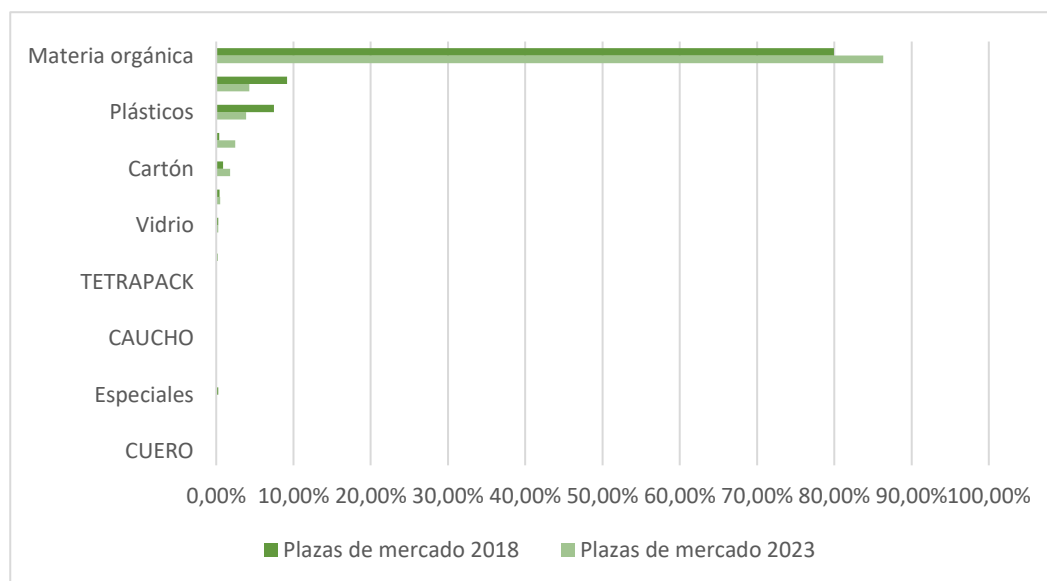
Gráfica 68. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector plazas de mercado.



Fuente: Elaboración propia

Al comparar los datos de 2018 y 2023 para las plazas de mercado, se observa un cambio significativo en la composición de los residuos. La proporción de residuos no aprovechables ha disminuido notablemente, pasando del 9.16% al 4.29%, lo que sugiere una mejora en las prácticas de gestión de residuos y posiblemente una mayor conciencia ambiental en el subsector. Los residuos orgánicos han experimentado un aumento del 80.07% al 86.35%, lo que indica una mayor generación de materiales biodegradables o una mejora en la separación y gestión de estos residuos. La proporción de residuos reciclables ha mostrado una ligera disminución del 9.50% al 9.12%, lo que sugiere una estabilidad en la generación de materiales reciclables en las plazas de mercado.

Gráfica 69. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector plazas de mercado.



Fuente: Elaboración propia

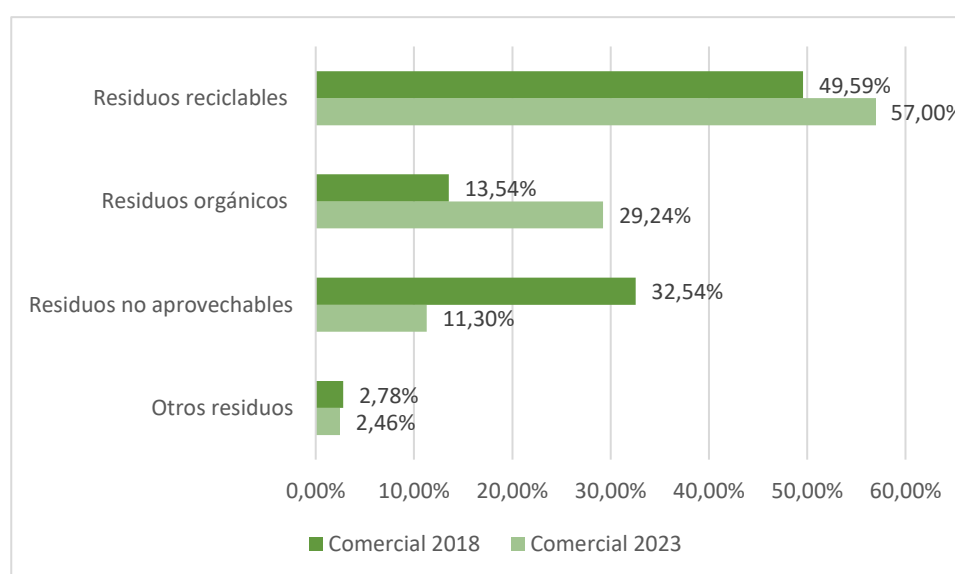
A pesar de la mejora en la gestión de residuos en las plazas de mercado, aún existen áreas de oportunidad para fortalecer las prácticas de gestión sostenible de residuos. Se recomienda continuar promoviendo la prevención de la generación, la separación en origen y la implementación de programas de reciclaje y sensibilización ambiental entre los comerciantes y visitantes de las plazas de mercado. Es crucial también abordar adecuadamente la gestión de residuos peligrosos y posconsumo, asegurando su disposición final segura y adecuada.

Es importante reconocer el gran potencial que representan las plazas de mercado en la generación de residuos orgánicos. Siendo solo 4 generadores, estas plazas son un contribuyente significativo de materia orgánica a nivel de la ciudad. Se sugiere aprovechar este recurso mediante programas tratamiento de residuos orgánicos, lo que no solo ayudaría a reducir la cantidad de residuos enviados a los a rellenos sanitarios, sino que también podría generar productos útiles, como abono orgánico, para la comunidad local.

10.11.7 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector comercial.

El subsector comercial desempeña un papel crucial en la economía y el tejido social de una comunidad, siendo un centro de actividad económica y punto de acceso para productos. La gestión efectiva de los residuos en este sector es esencial para promover la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social corporativa.

Gráfica 70. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector comercial.

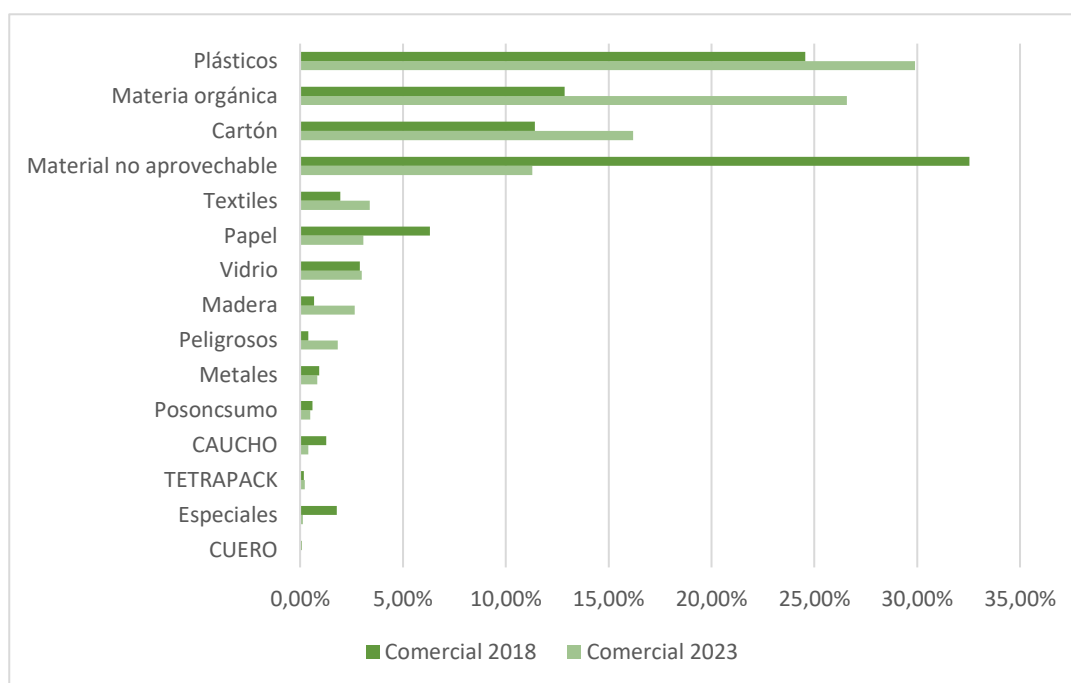


Fuente: Elaboración propia

Al comparar los datos de 2018 y 2023 para el subsector comercial, se observa un cambio significativo en la composición de los residuos. La proporción de residuos no aprovechables ha disminuido drásticamente, pasando del 32.54% al 11.30%, lo que indica una mejora considerable en las prácticas de gestión de residuos. Este cambio puede atribuirse en parte a la adopción de empaques más reciclables y sostenibles por parte de los comercios, lo que ha llevado a una transición de residuos no aprovechables a aprovechables. Los residuos orgánicos han experimentado un aumento notable del 13.54% al 29.24%, lo que puede ser el resultado de cambios en los hábitos de consumo de alimentos dentro del subsector comercial. La proporción de residuos reciclables ha aumentado del 49.59% al 57.00%, lo que sugiere una adopción por materiales aprovechables, sin embargo, es de anotar que estos cambios impactarían

positivamente y generaría un mayor aporte ambiental si se reincorporan a un proceso de aprovechamiento, y no siendo enviados al relleno sanitario como ocurre actualmente.

Gráfica 71. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector comercial.



Fuente: Elaboración propia

Se observa un aumento en la proporción de plásticos, cartón y madera, lo que puede reflejar cambios en los materiales de embalaje y las prácticas de gestión de residuos en respuesta a las demandas del mercado y las regulaciones ambientales. Además, se destaca un incremento en la proporción de residuos peligrosos y posconsumo, reflejando la importancia de abordar adecuadamente la gestión de estos materiales en el sector comercial.

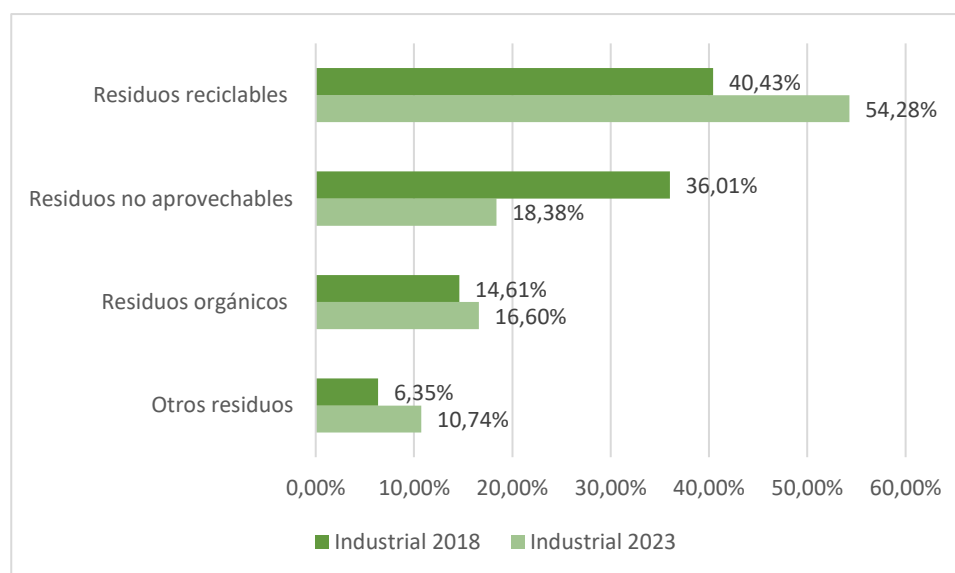
A pesar de la mejora en la gestión de residuos en el sector comercial, aún existen áreas de oportunidad para fortalecer las prácticas de gestión sostenible de residuos. Se recomienda continuar promoviendo la separación en la fuente, implementar programas de reciclaje y sensibilización ambiental entre las empresas y los consumidores. Es esencial también abordar adecuadamente la gestión de residuos peligrosos y posconsumo, asegurando su disposición final segura y adecuada.

Es importante destacar el potencial del sector comercial para liderar iniciativas de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Se sugiere fomentar la adopción de prácticas comerciales más sostenibles, como la reducción del uso de materiales no aprovechables y la promoción de productos y embalajes eco-amigables.

10.11.8 Consolidado de resultados de la composición porcentual en los estudios 2018 y 2023 del subsector industrial.

El sector industrial desempeña un papel crucial en la economía, siendo un motor de producción y desarrollo. La gestión eficaz de los residuos en este subsector es esencial para minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad en la producción industrial.

Gráfica 72. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector industrial.

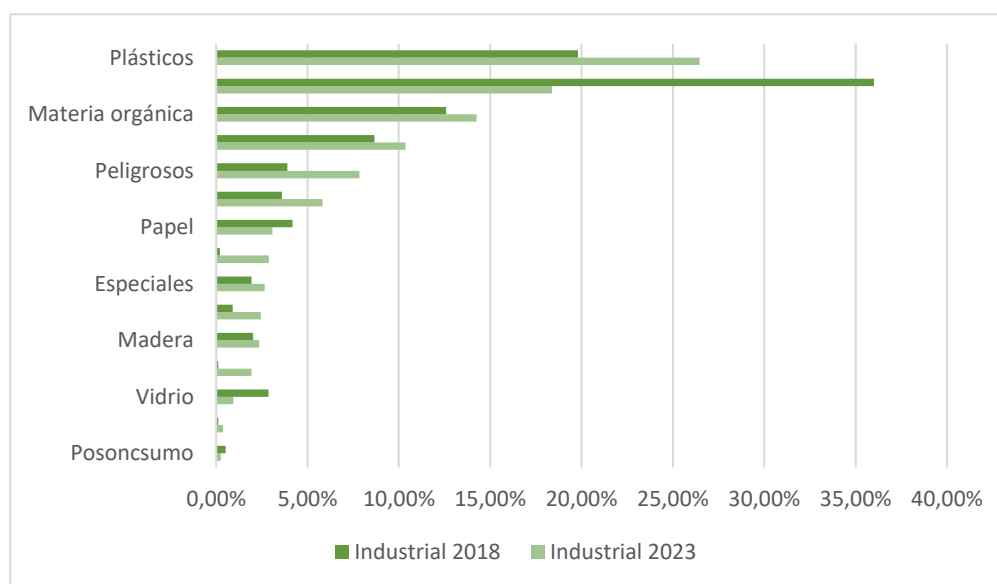


Fuente: Elaboración propia

Al comparar los datos de 2018 y 2023 para el subsector industrial, se observa una evolución significativa en la composición de los residuos. La proporción de residuos no aprovechables ha disminuido notablemente del 36.01% al 18.38%, lo que sugiere procesos industriales más eficientes o una optimización de materias primas, llevando a una reducción en la generación de residuos no aprovechables. Sin embargo, a pesar del aumento en la proporción de residuos

reciclables, que ha pasado del 40.43% al 54.28%, aún persiste el desafío de la gestión adecuada de estos materiales, ya que muchos de ellos terminan en rellenos sanitarios en lugar de ser aprovechados.

Gráfica 73. Consolidado porcentual de residuos en los años 2018 y 2023 en el subsector industrial.



Fuente: Elaboración propia

Se observa un aumento en la proporción de plásticos, textiles y residuos peligrosos. La presencia significativa de textiles y plásticos puede estar relacionada con la industria textil en Medellín, que es reconocida como un centro de moda y producción textil. Además, se destaca la presencia notable de residuos peligrosos, lo que destaca la importancia de implementar medidas para su gestión integral a través de gestores externos autorizados por la autoridad ambiental competente.

A pesar del progreso en la reducción de residuos no aprovechables, es fundamental abordar el desafío de la gestión adecuada de los residuos reciclables. Se requieren medidas adicionales para promover el reciclaje efectivo, como la implementación de programas de separación en la fuente, el fortalecimiento de la infraestructura de reciclaje y la promoción de la economía circular en el sector industrial de la ciudad.

Se sugiere también explorar alternativas para reducir la generación de residuos en primer lugar, como la optimización de procesos, el uso eficiente de recursos

y la adopción de tecnologías más limpias y sostenibles. Además, es esencial promover una mayor conciencia ambiental y responsabilidad corporativa en el sector industrial para fomentar prácticas de gestión de residuos más sostenibles. En resumen, el sector industrial tiene el potencial de liderar iniciativas de sostenibilidad y reducción de residuos, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible a nivel local y global.



11 RESULTADOS DE COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA

De todas las caracterizaciones realizadas para el sector no residencial, se enviaron 22 muestras al laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM de la Universidad de Antioquia, para la realización de las pruebas de laboratorio respectivas. Este laboratorio cuenta con la certificación por parte del Instituto Colombiano Agrario (ICA como laboratorio de control de calidad de Fertilizantes y Acondicionadores Inorgánicos y Orgánicos).

Según el Título F del RAS, entre los requisitos para la comercialización de productos obtenidos por tratamiento de las fracciones de residuos orgánicos, se debe contar con separación en la fuente, recolección y transporte selectivo, no debe existir contaminación con residuos peligrosos, residuos sanitarios, residuos de metales pesados u otros materiales que imposibiliten o limiten su potencial de aprovechamiento y valorización. El producto final del tratamiento de los residuos orgánicos debe cumplir con los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y de macro contaminantes establecidos por la normativa y las autoridades competentes.

Los productos finales del tratamiento de residuos orgánicos, para ser comercializados, deben cumplir los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tienen sustancias peligrosas que puedan afectar la salud humana y el medio ambiente.

De acuerdo con la definido en el Título F del RAS, se deben evaluar las características físicoquímicas, microbiológicas y contenido de metales pesados, atendiendo normas tales como la NTC 5167 de ICONTEC o aquellas que la complementen, modifiquen o sustituya. El compost o producto resultante de estos procesos debe cumplir con las especificaciones contenidas en la tabla F.5.6 del RAS.

En los numerales 12.1 a 12.9 se presentan los resultados para los análisis físicoquímicos y microbiológicos en los subsectores no residenciales objeto de estudio, comparando los resultados obtenidos con la tabla F.5.6 del RAS. Luego, en el numeral 12.10 se interpretan dichos resultados respecto de las posibilidades de aplicación práctica de los productos de tratamiento de residuos orgánicos en actividades de agricultura, como abonos orgánicos, en cultivos y praderas de pastoreo, para remediación de suelos contaminados, como insumo para tratamiento térmico de residuos, para la obtención de materiales de



construcción, todo ello categorizado según el Título F del RAS como "Categoría A". Además de lo anterior, en el numeral 12.10 también se plantean precisiones respecto de las posibilidades de aplicación de los productos de tratamiento de residuos orgánicos mediante aplicaciones asociadas a estabilización de taludes viales, rehabilitación de suelos de uso no agrícola, jardines parques y zonas verdes, recuperación de zonas mineras y en plantaciones forestales, en el marco de la "Categoría B" establecida en el Título F del RAS.

11.1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector industrial

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector industrial.

Tabla 69. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Industrial

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. Total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
23/10/2023	17,2	13,6	86,4	27,4	691,3	0,08	7,10	0,020	0,573	0,445	0,0132	0,527
16/11/2023	69,1	9,0	91,0	14,1	414,8	0,075	5,74	0,083	0,472	0,193	0,0057	0,671
22/11/2023	3,66	9,7	90,3	21,7	362,5	0,14	6,56	0,011	0,149	0,087	0,0277	0,062
22/11/2023	2,39	10,1	89,9	21,6	352,9	0,086	7,61	0,020	0,270	0,190	0,0202	0,014

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 70. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Industrial

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
23/10/2023	7,8E+05	4,0E+04	0,0E+00	9,0E+03	0,0E+00	Ausente	Ausente
16/11/2023	5,5E+07	1,0E+04	0,0E+00	3,4E+04	8,0E+02	Ausente	Ausente
22/11/2023	1,3E+05	1,0E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	Ausente	Ausente
22/11/2023	1,5E+05	1,0E+01	0,0E+00	0,0E+00	1,0E+01	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

En el Título F del RAS se establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%, razón por lo cual solamente la muestra tomada el 16 de noviembre de 2023 se pasa de dicho límite.

También se establece que la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) debe ser superior a 30 meq/100g, por lo que se puede observar que las cuatro muestras tomadas incumplen dicho concepto, pues los resultados hallados son inferiores a dicho valor.

Como la NTC 5167 define los parámetros para abonos orgánicos, es decir, residuos sólidos que ya han pasado por un proceso de degradación de materia orgánica en donde los protagonistas son los microorganismos como los Mesófilos y termófilos, resulta coherente que haya una cantidad representativa de éstos en las cuatro muestras de residuos sólidos, especialmente si hay presencia de residuos orgánicos. En las muestras del 23 de octubre y 16 de noviembre de 2023 se encontraron levaduras, lo que puede originarse por los valores de humedad cercanos o superiores al 20%.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el Título F del RAS y la NTC 5167.

11.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Centros Comerciales

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector centros comerciales.

Tabla 71. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Centros Comerciales

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
08/11/2023	30,8	9,8	90,2	21,1	388,3	0,085	6,25	0,040	0,431	0,431	0,0341	0,127
10/11/2023	31,3	4,3	95,7	22,9	453	0,06	6,27	0,022	0,130	0,130	0,0219	0,057

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 72. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Industrial

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Enterobacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
08/11/2023	4,3E+07	1,4E+04	0,0E+00	5,8E+03	2,0E+01	Ausente	Ausente
10/11/2023	6,3E+07	1,2E+05	0,0E+00	3,4E+03	4,3E+02	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Las muestras tomadas el 8 y el 10 de noviembre de 2023 sobrepasan el valor de humedad del 20% definido en el Título F del RAS.

Ninguna de las dos muestras tomadas tiene un valor superior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que ambas incumplen el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. De otro lado, las muestras del 8 y el 10 de noviembre de 2023 tienen presencia de levaduras, debido quizá a los valores de humedad superiores al 20%.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el Título F del RAS y la NTC 5167.

11.3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Oficial

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector oficial.

Tabla 73. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial-Subsector Oficial

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
16/11/2023	21,9	12,2	87,8	7,40	323,9	0,11	7,05	0,014	0,130	0,070	0,0040	0,062

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 74. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Oficial

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Enterobacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
16/11/2023	6,0E+07	3,0E+05	0,0E+00	1,9E+03	4,0E+02	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

La muestra tomada el 16 de noviembre de 2023 sobrepasan el valor de humedad del 20% definido en el Título F del RAS.

La muestra tomada tiene un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumple el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de levaduras en la muestra tomada el 16 de noviembre de 2023, debido quizá al valor de humedad ligeramente superior al 20% recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el Título F del RAS y la NTC 5167.

11.4 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Instituciones Educativas

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector instituciones educativas.

Tabla 75. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Instituciones Educativas

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
20/10/2023	49,7	7,09	92,9	30,7	327,1	0,10	5,94	0,032	0,651	0,592	0,0225	0,010
23/10/2023	58,3	7,8	92,2	35,3	369,6	0,1	5,73	0,029	1,533	0,163	0,0144	0,087
16/11/2023	48,3	13,3	86,7	25,9	399,8	0,10	6,05	0,055	0,097	0,054	0,0240	0,537

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 76. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Instituciones Educativas

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
20/10/2023	6,7E+07	1,0E+02	0,0E+00	5,0E+03	5,0E+02	Ausente	Ausente
23/10/2023	1,9E+07	1,5E+04	5,0E+02	0,0E+00	6,0E+02	Ausente	Ausente
16/11/2023	5,7E+08	3,1E+03	0,0E+00	4,2E+03	0,0E+00	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

El Título F del RAS establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%, por lo que las tres muestras tomadas sobrepasan ese límite e incumplen dicho parámetro.

La muestra tomada el 16 de noviembre de 2023 tiene un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumple el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

Respecto del resultado de Nitrógeno total, solamente la muestra del 23 de octubre de 2023 presentó un valor superior al 1%, caso en el cual el Título F del RAS recomienda reportarlo.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de mohos en la muestra del 23 de octubre de 2023 y levaduras en las muestras tomadas el 20 de octubre y el 16 de noviembre de 2023, debido quizá a los valores de humedad que sobrepasan el 20% recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el reglamento técnico RAS y la NTC 5167.

11.5 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Salud

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector salud.

Tabla 77. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial-Subsector Salud

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
22/11/2023	29,6	5,2	94,8	19,4	454,5	0,065	6,32	0,013	0,489	0,129	0,0215	0,028
24/11/2023	35,4	3,7	96,3	13,8	485,5	0,049	6,74	0,006	0,255	0,204	0,0392	0,0064
24/11/2023	17,1	8,4	91,6	29,2	692,1	0,049	6,98	0,011	0,390	0,146	0,0575	0,010

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 78. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Salud

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
22/11/2023	9,1E+08	4,1E+04	0,0E+00	6,4E+04	7,0E+02	Ausente	Ausente
24/11/2023	6,8E+08	3,2E+05	0,0E+00	3,7E+04	0,0E+00	Ausente	Ausente
24/11/2023	5,7E+08	1,7E+05	0,0E+00	2,5E+04	0,0E+00	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

El Título F del RAS establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%, por lo que las muestras del 22 y 24 de noviembre de 2023 sobrepasan ese límite e incumplen dicho parámetro.

Las tres muestras del subsector salud tienen un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumplen el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de levaduras en todas las muestras del subsector salud, debido quizá a los valores de humedad cercanos o superiores al 20% recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el reglamento técnico RAS y la NTC 5167.

11.6 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Restaurantes

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector restaurantes.

Tabla 79. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Restaurantes

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
08/11/2023	69,3	12,9	87,1	21,6	457,2	0,074	5,37	0,206	0,422	0,422	0,0242	1,467

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 80. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Restaurantes

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
08/11/2023	2,8E+07	1,5E+05	0,0E+00	6,0E+02	2,1E+02	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

El Título F del RAS establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%, por lo que la muestra del 8 de noviembre de 2023 sobrepasa ese límite e incumple dicho parámetro.

La muestra del subsector restaurantes tienen un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumplen el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de levaduras en la muestra del subsector restaurantes, debido quizá al alto valor de humedad (69,3%), el cual sobrepasa el 20% de humedad recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el reglamento técnico RAS y la NTC 5167.

11.7 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Plazas de Mercado

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector plazas de mercado.

Tabla 81. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Plazas de Mercado

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
16/11/2023	72,1	11,7	88,3	9,64	536	0,064	6,79	0,064	0,413	0,331	0,0157	0,114
16/11/2023	87,6	11,9	88,1	24,8	166,9	0,27	5,55	0,212	0,868	0,588	0,0292	2,236

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 82. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Plazas de Mercado

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
16/11/2023	7,2E+07	2,6E+04	9,1E+02	0,0E+00	0,0E+00	Ausente	Ausente
16/11/2023	5,0E+07	1,0E+05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

El Título F del RAS establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%, por lo que las dos muestras tomadas el 16 de noviembre de 2023 sobrepasan e incumplen dicho parámetro.

Las dos muestras del subsector plazas de mercado tienen un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumplen el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de mohos en una de las muestras tomadas el 16 de noviembre de 2023, debido quizá al alto valor de humedad (72,1%), el cual sobrepasa el 20% de humedad recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el reglamento técnico RAS y la NTC 5167.

11.8 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Comercial

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector comercial.

Tabla 83. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Comercial

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
18/10/2023	49,1	6,87	93,1	26,3	769,6	0,10	6,11	0,05	0,793	0,699	0,0667	0,237
18/10/2023	22,3	10,8	89,2	26,3	452	0,09	7,01	0,039	0,122	0,082	0,0428	0,008
08/11/2023	22,6	7,7	92,3	28,4	398,0	0,091	6,67	0,013	0,227	0,227	0,0082	0,611
22/11/2023	62,8	15,1	84,9	32,8	344,9	0,13	5,61	0,064	1,141	0,831	0,0229	0,625

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 84. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Comercial

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
18/10/2023	1,0E+08	2,0E+02	1,2E+03	0,0E+00	8,0E+02	Ausente	Ausente
18/10/2023	2,3E+07	1,8E+04	1,0E+03	0,0E+00	7,0E+02	Ausente	Ausente
08/11/2023	3,5E+07	6,5E+04	0,0E+00	3,7E+03	2,0E+02	Ausente	Ausente
22/11/2023	7,8E+08	2,3E+05	0,0E+00	5,3E+03	0,0E+00	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

El Título F del RAS establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%, por lo que todas las muestras del subsector comercial tomadas sobrepasan e incumplen dicho parámetro.

Las dos muestras tomadas el 18 de octubre de 2023 y la muestra del 8 de noviembre de 2023 tienen un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumplen el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de mohos en las dos muestras tomadas el 18 de octubre de 2023. También se hallaron levaduras en las muestras del 8 y 22 de noviembre de 2023, debido

quizá a los valores de humedad hallados los cuales sobrepasan el 20% de humedad recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el reglamento técnico RAS y la NTC 5167.

11.9 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el subsector Hotelero

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector hotelero.

Tabla 85. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Hotelero

Fecha muestra	Humedad	Cenizas	Pérdida por volatilización	CIC	CRA	Densidad real	pH	C.E	N-total	N-Org. total	N-NH3 (NH3)	Fósforo total (P2O5)
18/10/2023	27,8	16,1	83,9	26,2	406,6	0,10	5,97	0,034	0,584	0,520	0,0332	0,051
18/10/2023	15,4	9,74	90,3	24,6	519,6	0,12	6,39	0,022	0,456	0,427	0,0348	0,043

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

Tabla 86. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial- Subsector Hotelero

Fecha muestra	Mesófilos	Termófilos	Mohos	Levaduras u.f.c / g	Entero bacterias	Nemátodos / 25 g	Salmonella / 25 g
18/10/2023	5,4E+07	1,0E+01	0,0E+00	9,0E+03	7,2E+02	Ausente	Ausente
18/10/2023	4,2E+08	1,3E+03	1,0E+01	2,0E+02	6,8E+02	Ausente	Ausente

Fuente: Laboratorio GIEM UdeA, 2023

El Título F del RAS establece un valor máximo permitido para la humedad del 20%. Como una de las muestras reporta un valor de 27,8%, entonces dicha muestra específica sobrepasa e incumple dicho parámetro.

Las dos muestras tomadas el 18 de octubre de 2023 de 2023 tienen un valor inferior a 30 meq/100g para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), por lo que incumplen el valor mínimo requerido por dicho reglamento técnico.

La presencia de materia orgánica en las muestras tomadas posibilita la presencia de microorganismos como los Mesófilos y termófilos. Se encontró presencia de mohos en una de las muestras tomadas para el subsector hotelero. También se

hallaron levaduras en las dos muestras del 18 de octubre de 2023, debido quizá a los valores de humedad hallados los cuales están cercanos o sobrepasan el 20% de humedad recomendado por el Título F del RAS.

Todos los demás valores fisicoquímicos y microbiológicos están dentro de los valores establecidos por el reglamento técnico RAS y la NTC 5167.

11.10 Análisis general de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del sector no residencial

El 77,27% de las muestras del sector no residencial sobrepasa el valor de humedad del 20% recomendado por el Título F del RAS, lo que puede ser originado por el origen diverso de las muestras tomadas, ya que proceden de actividades productivas asociadas a los diferentes subsectores objeto de estudio. A su vez, los altos valores de humedad pueden estar incidiendo en la presencia de mohos o levaduras, las cuales fueron halladas en el 86,36% de las muestras analizadas.

En cuanto al contenido de nitrógeno total solamente 2 de las 22 muestras analizadas alcanzaron valores superiores al 1% y en el caso del fósforo total (P_2O_5) se presentó igual situación, pues un número igual de las muestras analizadas alcanzaron valores que superaron el 1%. Como se puede ver, el aporte de macronutrientes en la mayoría de las muestras es significativamente bajo, por lo que su uso como producto agrícola no es conveniente. Lo anterior, pues los macronutrientes son fundamentales para los seres vivos y sus funciones vitales, tales como el crecimiento y el desarrollo del potencial genético, pero en el caso del 81,82% de las muestras enviadas al laboratorio, los contenidos de macronutrientes estuvieron por debajo del 1%.

El 86,36% de las muestras del sector no residencial presenta valores inferiores a 30 meq/100g, por lo cual incumplen lo establecido en la tabla F.5.6 del Título F del RAS. Es importante señalar que entre mayor es la CIC, mayor es la cantidad de cationes como calcio, magnesio y potasio que puede retener, indispensables para la fertilidad de los suelos. El intercambio de cationes es determinante y de suma importancia para mantener el equilibrio natural, puesto que regula el consumo de nutrientes por parte de las plantas. Ello tiene lugar por intercambio con iones H^+ generados durante la respiración de las plantas. El intercambio catiónico forma parte del mecanismo auto depurador del suelo al retener los metales tóxicos, impidiendo su movilización en el ecosistema (Doménech, 1995).



Todas las muestras analizadas cumplen con los parámetros de referencia para el contenido de ceniza, con porcentajes inferiores al 60%, lo que resulta favorable, toda vez que las cenizas constituyen un material no volátil asociado a materia orgánica e inorgánica no combustible (Chávez, 2016), sin aportes significativos para procesos de valorización energética.

Todas las muestras cumplen con valores de densidad menores a $0,6 \text{ g/cm}^3$ base seca, lo que quiere decir que están acordes a los valores típicos de la bibliografía, incluido el Título F del RAS. Además de lo anterior, todas las muestras cumplen con los valores de Capacidad de Retención de Agua (mínimo su propio peso), lo que permite regular el balance hídrico y beneficia la retención de nutrientes en el suelo.

También se presentó el cumplimiento de todas las muestras respecto de los valores de pH dentro de un rango de 4 a 9, lo cual es importante si se considera como una variable importante agronómicamente dado que en buena medida la absorción de nutrientes está altamente influenciada por el pH (Título F RAS, 2018).

Con respecto a los resultados de los parámetros microbiológicos, no se encontró presencia de nemátodos, ni tampoco de Salmonella en las muestras analizadas. También se encontró que todos los resultados reportados para Enterobacterias estaban por debajo de 1.000 ufc/g muestra. Esta situación resulta favorable si se considera que La Salmonella, en el ámbito mundial, está asociada frecuentemente a enfermedades diarreicas, las cuales continúan siendo una de las causas más importantes de morbilidad y mortalidad sobre todo en lactantes, niños y ancianos. Las infecciones agudas del tracto gastrointestinal están consideradas como una de las enfermedades más frecuentes en Colombia. Estos microorganismos que se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza se encuentran en el tracto gastrointestinal de los mamíferos domésticos y salvajes, los reptiles, las aves y los insectos (Parra, Durango, & Mattar, 2002).

Es posible que estas muestras después de un proceso de estabilización, mediante procesos de tratamiento de la materia orgánica tales como compostaje, digestión anaerobia o cualquier otro, posibiliten el cumplimiento de parámetros tales como la humedad, además de la sanitización en cuanto a niveles de microorganismos patógenos presentes, haciendo posible la utilización de la materia orgánica tratada como acondicionadores de suelos o enmiendas para aplicaciones en recuperación de suelos degradados por minería o por deforestación, con lo cual aportarían principalmente materia orgánica y



estructura al suelo, más no contenidos de nutrientes al suelo, pues como se comentó con anterioridad, las concentraciones de macronutrientes en las muestras analizadas estuvo por debajo del 1% en el 81,82% de los casos.

En general, no se recomienda la utilización de los residuos sólidos sin procesos previos de separación en la fuente, para su utilización como materia prima agrícola para obtener abonos o fertilizantes orgánico-minerales, en cumplimiento de lo establecido por la norma NTC 5167 y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano). Se pueden contemplar otros usos de la Categoría B, tales como:

- Estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, secundaria y/o terciaria.
- Rehabilitación y recuperación de suelos degradados de uso no agrícola, áreas destinadas al ornato y la recreación, jardines, parques y zonas verdes.
- Revegetalización de suelos degradados de uso no agrícola.
- Como material para cobertura y revegetalización de áreas erosionadas y de minería a cielo abierto.
- En plantaciones forestales.
- En la fabricación de encendedores y material aglomerado o comprimido (pellets) para procesos de tratamiento térmico de residuos como combustible alternativo (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2018).

Se insiste que los usos que pueden tener este tipo de residuos deben ser después de aplicar procesos o tratamientos de estabilización de la materia orgánica, proceso de sanitización y otros procesos físicos como el triturado para disminuir el tamaño de partícula.

11.11 Resultados de poder calorífico para las muestras del sector no Residencial

El poder calorífico es la cantidad de calor por unidad de masa (o volumen) que desprende un combustible al quemarse, sus unidades más comunes son (kJ/Kg) o en (KJ/Nm³), también se usan Kcal/Kg. Otra definición puede ser, es el calor obtenido en la combustión completa de 1 Kg (1 m³) de combustible al oxidarse



de forma completa. Es decir, cuando el carbono del combustible pasa a Dióxido de Carbono, ya que la mayoría de los combustibles son compuestos de carbono e hidrógeno, que al arder se combinan con el oxígeno formando dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Se diferencia entre poder calorífico inferior (PCI) y poder calorífico superior (PCS), según se tenga en cuenta o no el calor de condensación del vapor del agua procedente de la humedad de un combustible.

El PCS se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a 0°C y los productos (gases de combustión) son llevados también a 0°C después de la combustión, por lo que el vapor de agua se encontrará totalmente condensado. El vapor de agua proviene de la humedad propia del combustible y de la que se forma por la combustión del hidrógeno del combustible. De esta manera, al condensar el vapor del agua contenido en los gases de combustión se tiene un aporte de calor de 597 Kcal/Kg de vapor de agua condensado.

El PCI considera que el vapor de agua contenido en los gases de combustión no condensa, por lo tanto, no hay aporte adicional de calor por la condensación del vapor de agua. Solo se dispondrá del calor de oxidación del combustible, como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Cálculo del poder calorífico inferior

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 597 \cdot G$$

Donde:

- PCS: Poder Calorífico Superior (Kcal/Kg de combustible).
- PCI: Poder Calorífico Inferior (Kcal/Kg de combustible).
- 597: Es el calor de condensación del agua a 0°C (kcal/kg de agua).
- G: Porcentaje de peso del agua formada por la combustión del hidrógeno presente en la composición del combustible, o de la propia humedad del combustible (kg de agua / kg de combustible). Siendo $G = 9 \cdot H + H_2O$



Donde:

- 9: son los kilogramos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno.
- H: es el peso de hidrógeno contenido por Kg de combustible.
- H₂O: es el peso de agua debido a la humedad presente en el combustible, por kilogramo de combustible.

Según lo anterior, se obtiene la siguiente ecuación:

Ecuación 7. Poder calorífico inferior reemplazando G

$$PCI = PCS - 597 * (9H + H_2O)$$

Existen diferentes métodos para determinar el poder calorífico de un combustible, que son el método analítico y el método práctico.

El método analítico consiste en sumar los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de residuos, ponderados por su fracción en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno. Para ello se utilizan los datos provistos por un análisis elemental, es decir, el porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y cenizas, de los componentes típicos de los residuos. Este análisis elemental, es costoso y demorado y requiere una instrumentación especial (Sukru & Ayanoglu, 212).

La estimación del contenido energético de los residuos sólidos urbanos (RSU) se realiza normalmente mediante el uso de la ecuación de Dulong, que se expresa de la siguiente forma:

Ecuación 8. Ecuación de Dulong para el cálculo del Poder Calorífico Inferior

$$PCI = 8.140 * C + 34.400 * \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2.220 * S$$

Donde:

- C: cantidad centesimal de carbono en peso por kilogramo combustible.
- H: cantidad centesimal de hidrógeno total en peso por kilogramo de combustible.
- O: cantidad centesimal de oxígeno en peso por kilogramo combustible.



- S: cantidad centesimal de azufre en peso por kilogramo combustible.
- O/8: cantidad centesimal de hidrógeno en peso que se encuentra combinado con el oxígeno del mismo combustible dando "agua de combinación".
- (H - O/8): cantidad centesimal de "hidrógeno disponible", en peso realmente disponible para que se oxide con el oxígeno del aire, dando "agua de formación".

La ecuación de Dulong requiere cambiar todos los componentes de los RSU a porcentajes de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N) y azufre (S), lo cual requiere de un alto esfuerzo. Los autores (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991) presentaron una nueva ecuación para el poder calorífico superior neto, más fácil de usar y más práctica, que utiliza directamente los porcentajes de los componentes combustibles primarios de los RSU como plástico, papel, cartón y residuos de comida. La validez de la nueva ecuación se comparó con la Ecuación de Dulong utilizando datos de componentes de RSU para 35 países y 86 ciudades internacionales. La ecuación de (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991) se presenta a continuación:

Ecuación 9. Ecuación de Ali Khan y Abu Gararah para el cálculo del Poder Calorífico Superior

$$PCS = 0.0535 * (F + 3.6 * CP) + 0.372 * PLR \text{ en (MJ/Kg)}$$

Donde:

- PCS: Es el Poder calorífico Superior neto.
- F= porcentaje en masa de comida
- CP= Porcentaje en masa de la suma de cartón y papel en base seca.
- PLR= Es el porcentaje en masa de la suma del Plástico, Caucho y Cuero en base seca.

El Poder calorífico Inferior se calcula mediante la Ecuación:

Ecuación 10. Ecuación de Ali Khan y Abu Gararah para el cálculo del Poder Calorífico Inferior

$$PCI = PCS \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \right) - 0.0244 * (W + 9 * H)$$



Donde:

- W= Porcentaje de humedad
- 9: son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno.
- H: es el peso de hidrógeno contenido por kg de combustible (5.70%).

Otro método analítico ampliamente usado es el propuesto por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS-OPS) que propone una ecuación basada también en el principio de conservación de la energía, según las fracciones porcentuales de materiales que conforman las muestras analizadas, los poderes calóricos establecidos para cada uno y los porcentajes de humedad.

Ecuación 11. Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Superior en base Seca

$$PCS(bs) = \frac{(MO + Papel + Textiles + Ordinarios) * 4000}{100} + \frac{(Plástico + caucho + cuero) * 9000}{100}$$

Dónde:

- PCS (bs): Poder calorífico superior en base seca.
- MO: Materia orgánica.
- Poder calorífico teórico (kcal/kg): 4000 y 9000, son asignados por la metodología CEPIS, para cada material.

El poder calorífico superior en base húmeda se determinó mediante la siguiente ecuación:



Ecuación 12. Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Superior en base Húmeda

$$PCS_{bh} = \frac{(MO + \text{Papel} + \text{Textiles} + \text{Ordinarios} - \% \text{ humedad}) * 4000}{100} + \frac{(\text{Plástico} + \text{caucho} + \text{cuero}) * 9000}{100}$$

Dónde:

- PCS (bh): Poder calorífico superior en base húmeda.
- MO: Materia orgánica.
- % de humedad promedio de los seis estratos

Por último, el poder calorífico inferior, se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 13. Ecuación de (KUNITOSHI S. G., 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Inferior

$$PCI = PCS(bh) - 6 * \% \text{Humedad}$$

Dónde:

- PCS (bh): Poder calorífico superior en base húmeda.
- PCI: Poder Calorífico Inferior

El análisis del poder calorífico ha demostrado que algunos residuos sólidos Urbanos tienen un poder calorífico interesante para usarlos como combustibles en diversas actividades, sobre todo industriales, mediante procesos de incineración como pirólisis y gasificación. Para seleccionar el proceso de incineración como un método de tratamiento de residuos, se debe comparar el poder calorífico inferior de los residuos con los valores reportados en la siguiente tabla.



Tabla 87. Rangos para la aplicación de procesos de incineración

Rango del Poder Calorífico Inferior de los Residuos	Aplicación de procesos de incineración
Superior a 1500 kcal/kg	Se pueden incinerar sin necesidad de implementar combustible auxiliar
Entre 1000 kcal/kg y 1500 kcal/kg	Se pueden incinerar siempre y cuando se realice un pretratamiento para bajar los niveles de humedad,
Inferior a 1000 kcal/kg	No es viable su incineración.

Fuente: CEPIS

El método práctico se rige bajo el método estándar americano ASTM D2015 y utiliza bombas calorimétricas adiabáticas o calorímetros que en general se basa en la utilización de un recipiente cerrado y perfectamente aislado que se coloca en un baño de agua, un dispositivo para agitar y un termómetro. Se conecta una fuente de energía, se agita el agua hasta lograr el equilibrio térmico, y se mide el aumento de temperatura durante la combustión, para finalmente determinar el poder calorífico del compuesto.

En la siguiente tabla, se presentan los resultados promedio de los poderes caloríficos y el porcentaje de humedad de las diferentes muestras reportados por el laboratorio GIEM, específicamente para los subsectores industrial, centros comerciales, oficial, educativo, salud, restaurantes, plazas de mercado y comercial.

Tabla 88. Resultados promedio de poder calorífico por método práctico y porcentaje de Humedad.

COMPONENTE	Poder Calorífico Superior (Kcal/kg) Bomba Calorimétrica (ASTM 2015)	% Humedad
Industrial	4.525	23,1
Centros comerciales	5.500	31,1
Oficial	5.423	21,9
Educativo	4.093	52,1
Salud	4.612	27,4
Restaurantes	5.172	69,3
Plazas de mercado	4.325	79,9
Hotelero	5.066	21,6
Comercial	4.924	39,2
Promedio	4.849	40,6

Fuente: GIEM, 2023

Tabla 89. Componentes porcentuales tenidos en cuenta para el cálculo de poder calorífico por métodos analíticos

COMPONENTE	Orgánicos aprovechables	Papel	Textiles	No aprovechables	Plásticos	Caucho	Cuero	Cartón
Industrial	16,51	3,08	10,31	18,30	26,33	1,93	2,87	5,25
Centros comerciales	17,14	7,01	2,47	25,36	26,80	0,11	0,14	10,33
Oficial	52,88	6,83	3,51	10,80	15,61	0,12	0,02	3,50
Educativo	29,38	3,99	0,46	24,04	25,99	0,02	0,00	5,37
Salud	21,37	9,50	1,10	25,43	24,16	0,21	0,00	7,76
Restaurantes	66,25	0,59	0,21	9,64	11,68	0,00	0,00	1,13
Plazas de mercado	86,35	0,50	2,46	4,29	3,87	0,01	0,00	1,06
Hotelero	30,00	3,00	5,03	15,00	15,00	0,00	0,00	4,00
Comercial	29,24	3,08	3,38	11,30	29,90	0,39	0,00	15,96
Promedio	38,79	4,18	3,21	16,02	19,93	0,31	0,34	6,04

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del poder calorífico usando los dos métodos analíticos anteriormente explicados se calcularon usando los porcentajes reportados en la Tabla 89 y los resultados se pueden ver en la Tabla 90 y la Tabla 91.

Tabla 90. Resultados del poder calorífico por subsector mediante método analítico de (KUNITOSHI S. G., 1998)

COMPONENTE	PCSbs: Poder Calorífico Superior en Base Seca
Industrial	4.730
Centros comerciales	4.514
Oficial	4.378
Educativo	4.656
Salud	4.489
Restaurantes	4.119
Plazas de mercado	4.093
Hotelero	3.471
Comercial	4.606
Promedio	4.340

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Resultados de poder calorífico promedio para el subsector No residencial por métodos analíticos

Metodología	(KUNITOSHI S. G., 1998)			(Ali Khan & Abu Ghararah, New Approach of Estimating Energy Content of Municipal Solid Waste, 1991)	
Resultados	Poder calorífico superior en base seca (Kcal/Kg)	Poder calorífico superior en base húmeda (Kcal/Kg)	Poder calorífico inferior (Kcal/kg)	Poder calorífico superior neto (Kcal/kg)	Poder calorífico inferior (Kcal/kg)
Promedio para el sector no residencial	4.340	2.715	2.471	2.798	2.262

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la comparación con los resultados del estudio anterior, en el año 2018 se obtuvo un resultado de Poder Calorífico Superior (PCS) de 4.819 Kcal/Kg por el método práctico, para una humedad promedio del 57,50%. Por su parte, el presente estudio reportó un valor de PCS de 4.849 Kcal/kg para una humedad promedio de 43%. Puede observarse la gran semejanza de los valores reportados por los estudios 2018 y 2023. Sin embargo, es importante mencionar que ambos valores corresponden a un poder calorífico que no tiene en cuenta el calor de condensación del agua procedente de la humedad de los residuos muestreados. Lo anterior quiere decir que el Poder Calorífico Inferior (PCI) calculado a partir de dichos valores será inferior para el año 2018, toda vez que la humedad de los residuos muestreados fue superior a la hallada para 2023 (57,50% > 43%).

De otro lado, el análisis comparativo del poder calorífico superior en base seca propuesto por (KUNITOSHI S. , 1998), muestra que para el año 2018 se obtuvo un resultado de 4.325 Kcal/Kg, mientras que en el año 2023 se encontró un resultado de 4.340 Kcal/Kg, correspondientes a valores muy cercanos, lo cual valida la utilización de métodos prácticos y teóricos para la determinación del poder calorífico.

De acuerdo con los resultados reportados por el método práctico entregados por el Laboratorio GIEM (ver Tabla 88), el poder calorífico superior promedio para el sector No residencial de Medellín estimado por ese método fue de 4.849 Kcal/Kg, valor cercano al calculado por el método analítico de (KUNITOSHI S. G., 1998) que fue de 4.340 Kcal/Kg. Ambos valores superan el valor teórico del poder calorífico de 4.000 Kcal/Kg reportado por (KUNITOSHI S. G., 1998), por lo cual

los valores están resultando coherentes con la bibliografía, respecto de los valores teóricos obtenibles para residuos sólidos urbanos.

Con respecto al Poder Calorífico Inferior calculado por dos Métodos Analíticos de (KUNITOSHI S. G., 1998) y (Ali Khan & Abu Ghararah, New Approach of Estimating Energy Content of Municipal Solid Waste, 1991), se obtuvieron valores de 2.471 Kcal/Kg y 2.262 Kcal/Kg, respectivamente. Puede observarse que ambos valores están muy cercanos y que según los rangos de aplicaciones de proceso Incineración, ambos valores se encuentran por encima del valor de 1.500 Kcal/Kg, lo que quiere decir que se podrán incinerar sin necesidad de implementar combustible auxiliar o tratamiento adicional.

Aunque los resultados del Poder Calorífico Inferior indican que la incineración es viable, esta decisión se debe tomar, mediante un estudio de prefactibilidad económica y ambiental por subsector, teniendo en cuenta las características de cada uno, el porcentaje de humedad y la cantidad de residuos con potencial de aprovechamiento energético, además de tener en cuenta las necesidades energéticas de cada subsector.



12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA DE LOS SUBSECTORES NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN

El análisis estadístico que a continuación se explica fue realizado con el apoyo del software estadístico R versión 4.3.2 y Excel Office.

Para validar los datos y el comportamiento del índice de producción per cápita (PPC) obtenido en cada uno de los subsectores no residencial, durante la realización del trabajo de campo. A continuación, se muestra el resumen de los indicadores de la PPC y los valores descriptivos de los mismos, según la evaluación realizada en el 2023.

Tabla 92. Indicadores de la PPC para el sector No residencial de Medellín

PPC (kg/ PERSONA*día)							
SUBSECTOR	N	PPC (Promedio)	Desviación Estándar	Error Estándar	Margen de Error	Min	Max
CENTROS COMERCIALES	15	0,04	0,10	0,02	0,19	0,00	0,38
COMERCIAL	241	0,04	0,01	0,00	0,02	0,04	0,06
EDUCATIVO	80	0,11	0,13	0,01	0,25	0,00	0,68
HOTELERO	55	0,30	0,34	0,05	0,67	0,01	1,88
INDUSTRIAL	172	0,25	0,33	0,02	0,64	0,00	2,13
OFICIAL	30	0,09	0,16	0,03	0,31	0,00	0,56
PLAZAS DE MERCADO	4	0,88	1,01	0,51	1,99	0,06	2,36
RESTAURANTE	43	0,17	0,23	0,03	0,44	0,00	1,03
SALUD	73	0,11	0,28	0,03	0,55	0,00	2,00

Fuente: Elaboración propia

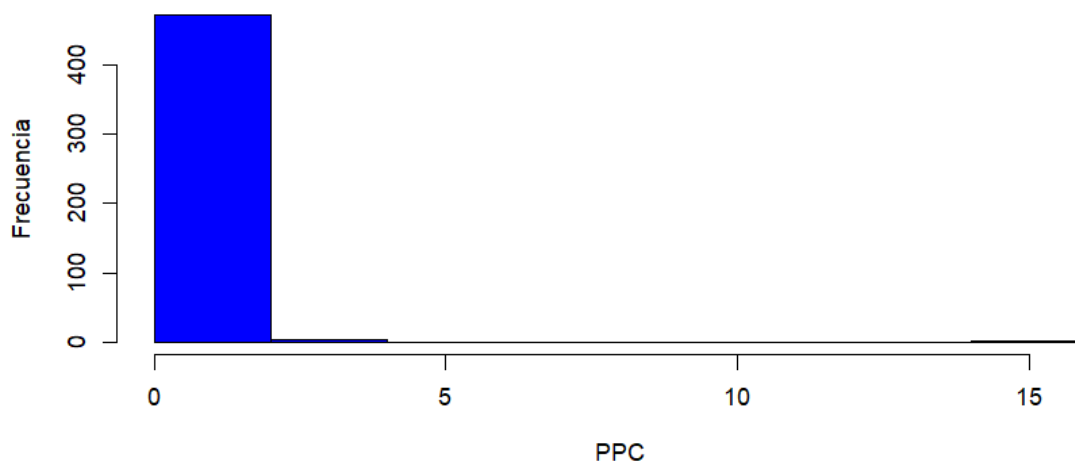
El valor de la n representa el tamaño de la muestra que fue necesario para el estudio de caracterización de los residuos en el sector no residencial, a partir de los cuales se hicieron inferencias, este es un valor representativo de la población de referencia.

La media poblacional es el valor de la PPC para cada uno de los subsectores no residenciales donde se tomaron las muestras.

La desviación estándar nos explica la dispersión de los datos alrededor de la media. Entre más dispersos estén los datos el valor de la desviación estándar es más alto. Para el caso de los datos analizados del sector no residencial, se tienen valores de desviación estándar relativamente bajos, lo que quiere decir que los datos son homogéneos.

Lo anterior quiere decir que, para cada uno de los sectores no residenciales, los valores de la PPC individuales están dispersos alrededor de la media más o menos dos veces la desviación estándar.

Gráfica 74. Histograma de PPC sector no residencial.



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los datos de la PPC del sector residencial de Medellín, tiene una concentración de los datos con una simetría a la derecha, es decir, los valores de la PPC se concentran entre valores de 0 y 2.5 Kg/habitante*día y llegan hasta valores máximos de 15 Kg/habitante*día, en alguno de los subsectores.

También se utilizarán los intervalos de confianza para la media, lo que nos da un rango de valores admisible para la media de la población. Si un intervalo de confianza no incluye un valor determinado, podemos llegar a concluir que no es probable que la media de los datos sea verdadera para la población en estudio. A continuación, se presentan los intervalos de confianza para la PPC promedio para cada uno de los subsectores no residencial de Medellín.

Tabla 93. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para sector no residencial.

SUBSECTOR	PPC (Promedio)	Valores de la PPC por Subsector		Intervalo de confianza para la media de la PPC	
		Mínimo	Máximo	Límite inferior	Límite Superior
CENTROS COMERCIALES	0,04	0,00	0,38	-0,15	0,23
COMERCIAL	0,04	0,04	0,06	0,03	0,06
EDUCATIVO	0,11	0,00	0,68	-0,14	0,36
HOTELERO	0,30	0,01	1,88	-0,36	0,97
INDUSTRIAL	0,25	0,00	2,13	-0,39	0,89
OFICIAL	0,09	0,00	0,56	-0,21	0,40
PLAZAS DE MERCADO	0,88	0,06	2,36	-1,11	2,87
RESTAURANTE	0,17	0,00	1,03	-0,27	0,61
SALUD	0,11	0,00	2,00	-0,45	0,66

Fuente: Elaboración propia

Según lo descrito anteriormente, podemos concluir que las PPC promedio constituyen un buen estimador de la generación por persona, ya que todos los intervalos de confianza contienen la media de cada uno de los subsectores no residencial. Esto también nos lleva a concluir que las medias para cada uno de los subsectores no residencial son verdaderas.

Los Intervalos de Confianza son reportados con rangos o intervalos y estimadores puntuales. Los intervalos describen los valores inferiores y superiores (límites) de incertidumbre o márgenes de error.

El nivel de confianza de 95 % significa que el intervalo de confianza abarca el valor verdadero en 95 de 100 estudios desarrollados. Es decir, que de 100 estudios que se realicen el 95% de las veces el valor real de la PPC en cada uno de los subsectores no residencial caerá entre los límites inferior y superior de los intervalos.

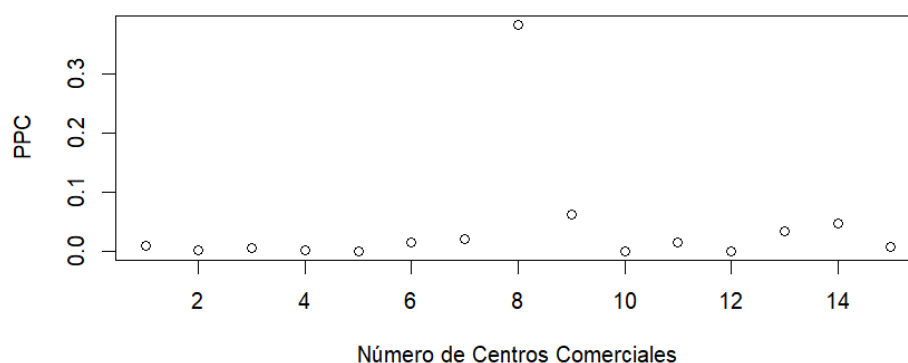
A continuación, se presentan los gráficos de dispersión y las tablas del análisis estadístico para cada uno de los subsectores, en los cuales se relacionan los valores de PPC:

Tabla 94. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector de centros comerciales.

CENTROS COMERCIALES				
ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	50,81	24,46	38,43	63,19
Volumen Diario (m ³)	3,26	3,29	-3,18	9,70
Generación Diaria (Kg/día)	180,46	192,75	-197,32	558,25
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,04	0,10	-0,15	0,23

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 75. Dispersión del subsector centros comerciales.



Fuente: Elaboración propia

Se observa que la dispersión de los datos para la PPC de las de los centros comerciales es homogénea y solamente se cuenta con un valor alejado de la media (0,04 Kg/persona*día). La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,10; que corresponde a un valor superior a la media (0,04), pero que no resulta muy alejada de dicho valor, lo cual se relaciona con la homogeneidad de los datos.

La desviación estándar para el Volumen y la generación diaria, también están cercanas a la media de cada una de sus mediciones, lo cual corrobora la homogeneidad de los datos.

El valor de la desviación estándar (24,46) está un poco alejado de la media de la densidad (50,81 kg/m³), lo que puede ser debido a la heterogeneidad de los datos reportados para densidad por los centros comerciales.

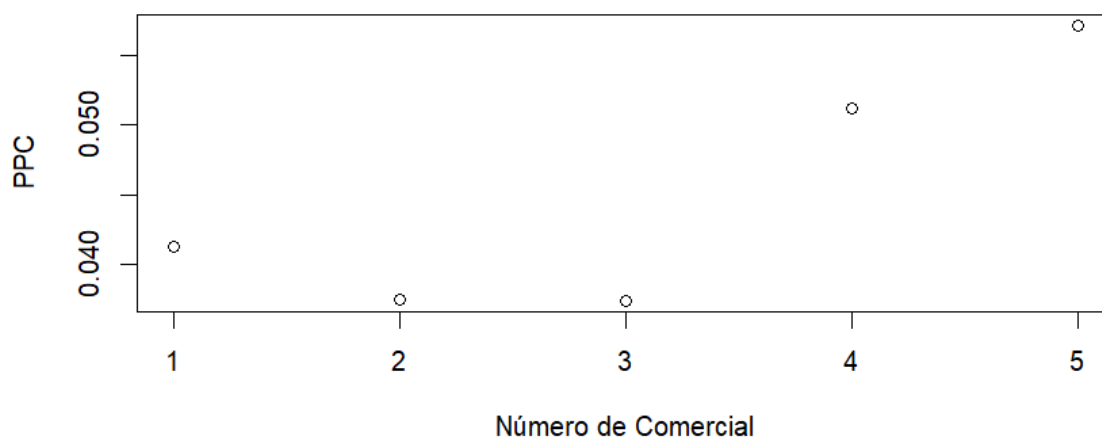
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 95. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector comercial.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	0,86	1,30	0,70	1,03
Volumen Diario (m ³)	0,06	0,35	0,02	0,11
Generación Diaria (Kg/día)	2,49	2,21	2,21	2,77
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,04	0,01	0,03	0,06

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 76. Dispersión del subsector comercial.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector comercial, de los cuales se realizaron 241 establecimientos, que se

caracterizaron mediante la composición de 5 grandes muestras a las cuales se les aplicó el método del cuarteo.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,01; está cerca de la media de PPC (0,04 kg/m³), esto nos indica homogeneidad en los datos de la PPC.

La desviación estándar para el Volumen y la densidad, están un poco alejadas de la media de cada una de las medidas, esto nos indica heterogeneidad en los datos reportados por el subsector comercial.

El valor de la desviación estándar (2,21) está cercade la media de la generación diaria (2,49 kg/m³), esto nos indica homogeneidad de los datos.

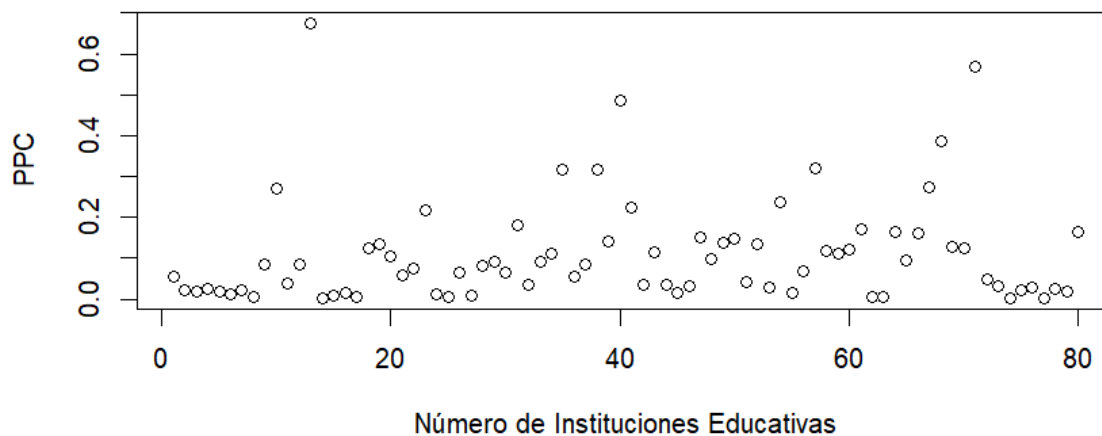
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 96. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector educativo.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	57,70	38,23	49,32	66,07
Volumen Diario (m ³)	0,25	0,40	-0,53	1,03
Generación Diaria (Kg/día)	10,43	9,35	-7,89	28,75
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,11	0,13	-0,14	0,36

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 77. Dispersión del subsector educativo



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector educativo, de los cuales se realizaron 80 establecimientos y entre los cuales no se encuentran datos atípicos, y se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,13; el cual están cercanas a la media (0,11 Kg/persona*día) de cada una de sus mediciones, lo cual corrobora la homogeneidad de los datos, para la PPC.

La desviación estándar para el Volumen diario y la densidad, están un poco alejadas de la media, lo cual lo que puede agregar heterogeneidad en estas variables.

La desviación estándar para la generación diaria (9,35 Kg/día), esta cercana al valor de la media (10,43 Kg/día) y nos da buena homogeneidad en los datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

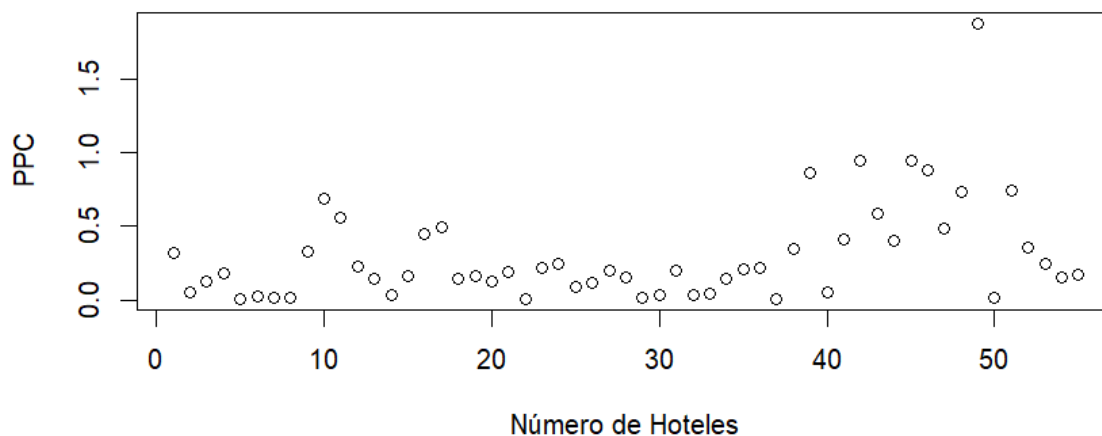
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 97. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector hotelero.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	53,87	42,60	42,61	65,13
Volumen Diario (m ³)	0,17	0,25	-0,32	0,65
Generación Diaria (Kg/día)	7,96	12,91	-17,34	33,25
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,30	0,34	-0,36	0,97

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 78. Dispersión del subsector hotelero.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector Hotelero, de los cuales se realizaron 55 establecimientos, gráficamente parece haber un dato atípico, sin embargo, este se encuentra en el rango de valores, se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,34; la cual están cercanas a la media (0,30 Kg/persona*día) de cada una de sus mediciones, lo cual corrobora la homogeneidad de los datos, para la PPC.

La desviación estándar para el Volumen diario, densidad y generación diaria, están un poco alejadas de la media, lo cual lo que puede agregar heterogeneidad en estas variables.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

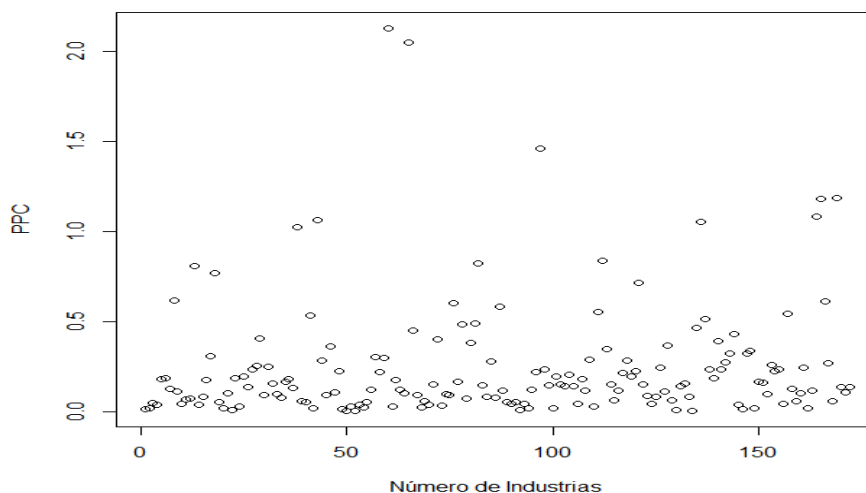
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 98. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	57,26	49,01	49,94	64,59
Volumen Diario (m ³)	0,23	0,37	-0,50	0,96
Generación Diaria (Kg/día)	11,41	22,58	-32,84	55,67
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,25	0,33	-0,39	0,89

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 79. Dispersión del subsector industrial.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector Industrial, de los cuales se realizaron 172 establecimientos, gráficamente se puede observar una buena dispersión de los datos con homogeneidad, lo que indica que la PPC está distribuida en los valores adecuados para este subsector.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,33 Kg/persona*día; la cual está cercana a la media (0,25 Kg/persona*día) de cada una de sus mediciones, lo cual corrobora la homogeneidad de los datos, para la PPC.

La desviación estándar para la densidad (49,01 Kg/m³) y generación diaria (22,58 Kg/día), están un poco alejadas de la media, lo cual indica heterogeneidad en la información de estas variables específicas.

La desviación estándar para el Volumen diario (0,37 m³) no están tan alejado de la media (0,23 m³) para esta variable.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

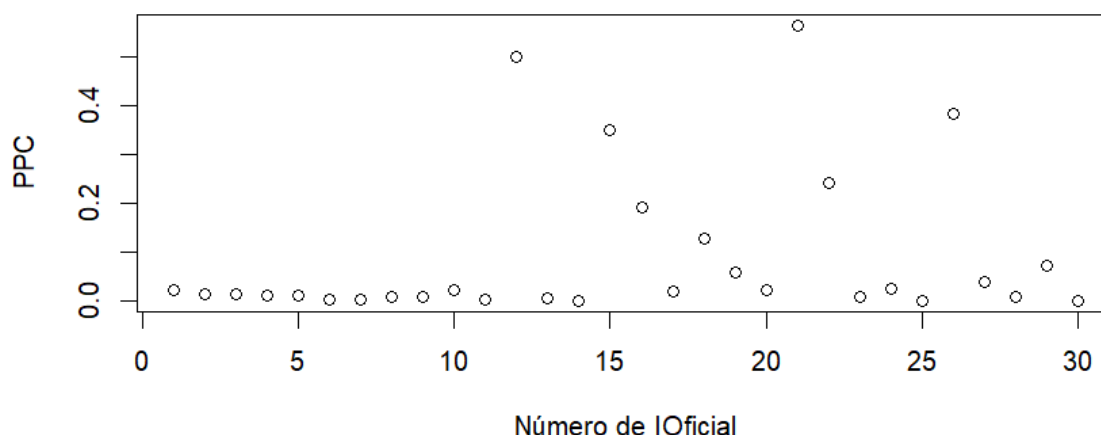
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 99. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector oficial.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	42,77	21,97	34,91	50,63
Volumen Diario (m ³)	1,29	3,06	-4,71	7,29
Generación Diaria (Kg/día)	42,62	92,05	-137,80	223,04
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,09	0,16	-0,21	0,40

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 80. Dispersión del subsector oficial.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector oficial, de los cuales se realizaron 30 establecimientos, se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,16 Kg/persona*día, la cual está un poco alejada de la media (0,09 Kg/persona*día), lo cual lo que puede agregar heterogeneidad en esta variable específica.

La desviación estándar para el Volumen diario (3,06 m³), densidad (21,97 Kg/m³) y la generación diaria (92,05 Kg/día), están un poco alejadas de la media, lo cual lo que puede agregar heterogeneidad en estas variables.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

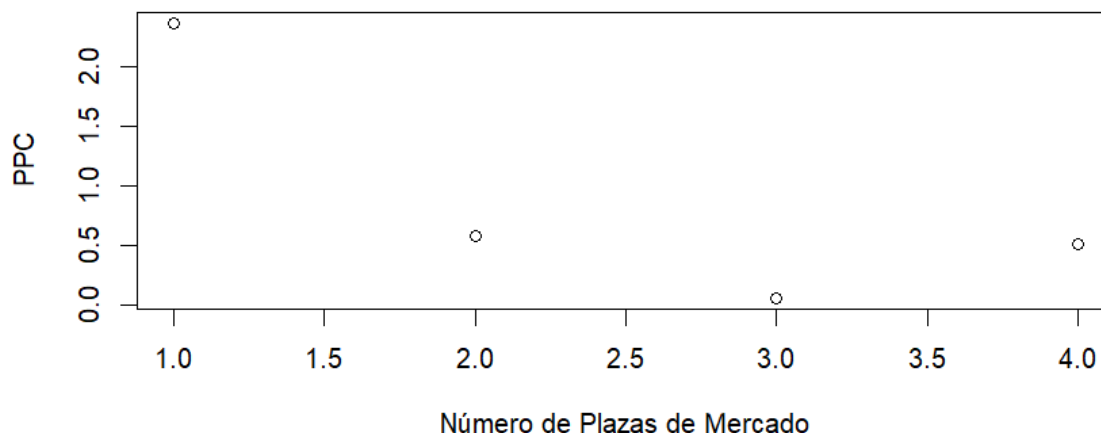
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 100. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector de plazas de mercado.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	259,29	31,32	228,60	289,99
Volumen Diario (m ³)	1,90	1,11	-0,28	4,07
Generación Diaria (Kg/día)	6.287,74	11.809,94	-16.859,75	29.435,22
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,88	1,01	-1,11	2,87

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 81. Dispersión del subsector plazas de mercado.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC del sector Plazas de Mercado, de los cuales se realizaron 4 establecimientos, no se encuentran datos atípicos pero la poca presencia de datos no permite realizar una buena estimación de las variables, sin embargo, se puede concluir lo siguiente:

Los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados. La desviación estándar de la PPC es de 1,01 Kg/persona*día; valor cercano a la media (0,88 Kg/persona*día), lo cual corrobora la homogeneidad de los datos.

La desviación estándar para la densidad (31,32 Kg/m³) y la generación diaria (11.809 Kg/día), están un poco alejadas de la media, lo cual puede indicar heterogeneidad en estas variables.

La desviación estándar del volumen diario es de 1,11 m³, el cual está cercana a la media de las mediciones, lo cual corrobora la homogeneidad de los datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

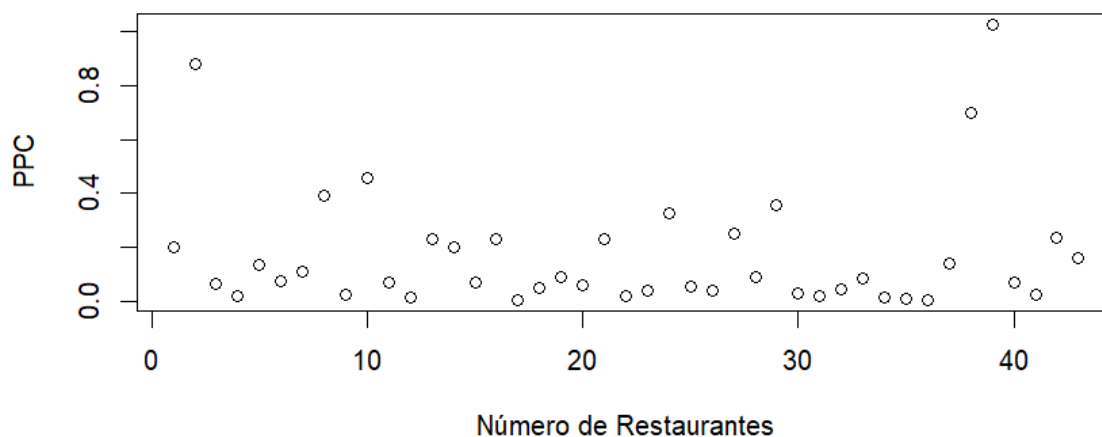
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 101. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector restaurantes.

RESTAURANTES				
ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	84,15	84,54	58,88	109,42
Volumen Diario (m ³)	0,23	0,32	-0,39	0,85
Generación Diaria (Kg/día)	12,17	12,16	-11,67	36,01
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,17	0,23	-0,27	0,61

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 82. Dispersión del subsector restaurantes



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector Restaurantes, de los cuales se realizaron 43 establecimientos, se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC fue de 0,23 Kg/persona*día, valor cercano a la media (0,17 Kg/persona*día), lo cual corrobora la homogeneidad de los datos para la PPC.

La desviación estándar para el volumen diario (0,32 m³), densidad (84,54 Kg/m³) y la generación diaria (12,16 Kg/día), están muy cercanas a la medida de cada una de las mediciones, lo cual nos da homogeneidad de los datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

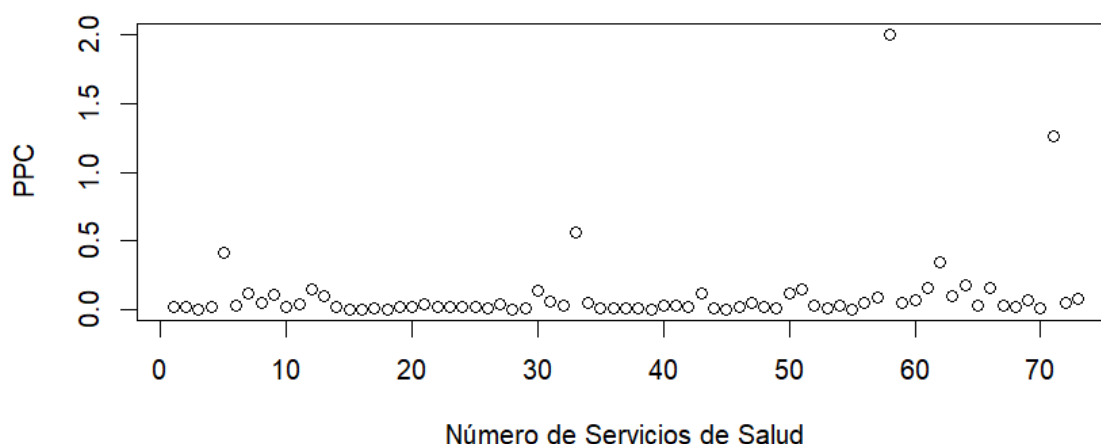
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 102. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector salud.

SALUD				
ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	51,02	41,11	41,59	60,45
Volumen Diario (m ³)	0,53	1,11	-1,64	2,71
Generación Diaria (Kg/día)	15,85	30,05	-43,06	74,75
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,11	0,28	-0,45	0,66

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 83. Dispersión del subsector salud.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la dispersión de los datos para la PPC el sector salud, de los cuales se realizaron 73 establecimientos. Se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,28 Kg/persona*día; valor alejado de la media (0,11 Kg/persona*día), lo cual lo que puede agregar heterogeneidad en estas variables, por lo mencionado anteriormente por la poca presencia de datos, para la PPC.

La desviación estándar para el volumen diario (1,11 m³), densidad (41,11 Kg/m³) y la generación (30,05 Kg/día), están alejadas de la media, lo cual lo que puede

agregar heterogeneidad en estas variables, por lo mencionado anteriormente por la poca presencia de datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

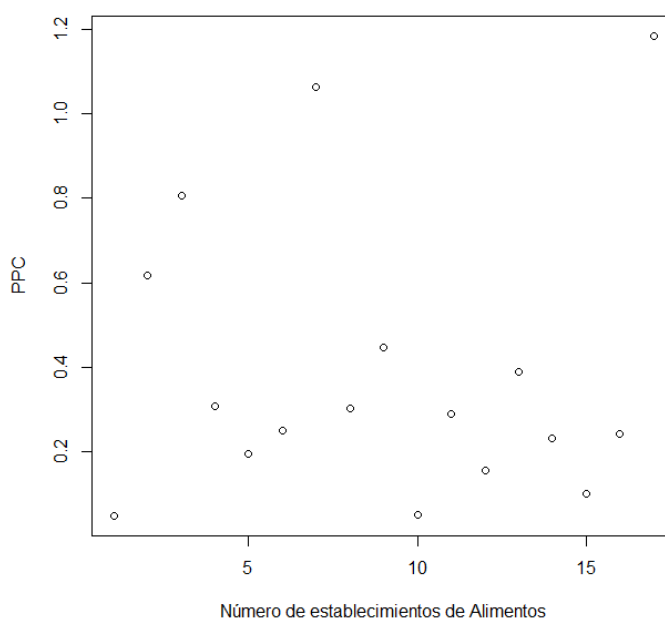
12.1 Análisis estadístico de la Producción Per Cápita por subclasificación industrial

Tabla 103. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de alimentos.

ALIMENTOS				
ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	76,03	54,15	50,29	101,77
Volumen Diario (m ³)	0,23	0,32	-0,39	0,85
Generación Diaria (Kg/día)	44,60	55,83	-64,83	154,02
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,39	0,33	-0,25	1,04

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 84. Dispersión del subsector industrial de la industria de alimentos.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra los estadísticos promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para el subsector industrial, en la subclasificación alimentos de los cuales se realizaron 17 establecimientos. Se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,33 Kg/persona*día; y su promedio 0,39 Kg/persona*día, esta no está alejada de la media lo que indica que una homogeneidad en los datos para la PPC.

La desviación estándar para el volumen diario (0,32 m³), densidad (54,15 Kg/m³) y la generación (55,83 Kg/día), están alejadas de la media, para valores de desviación estándar altos indica una mayor dispersión en los datos, lo cual lo que puede agregar heterogeneidad en estas variables.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de

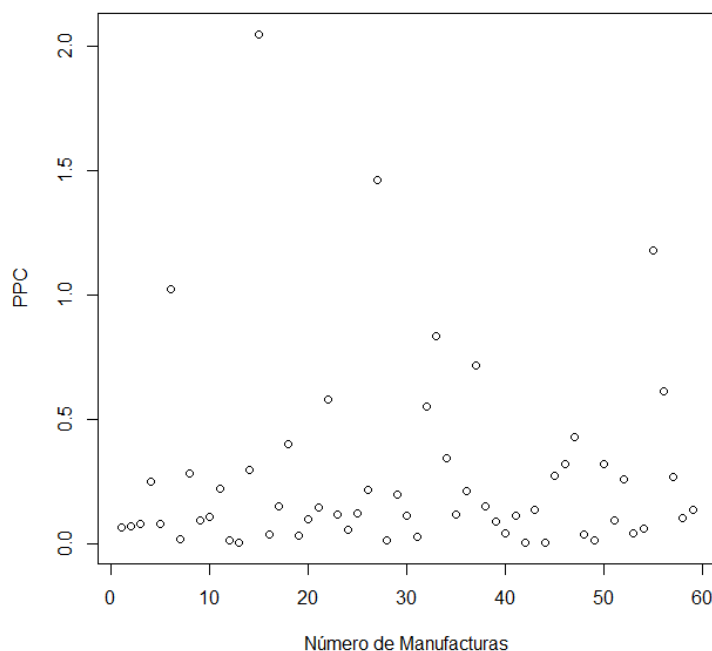
confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 104. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de manufactura.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	53,85	42,05	43,12	64,58
Volumen Diario (m ³)	0,22	0,26	-0,29	0,72
Generación Diaria (Kg/día)	9,01	9,85	-10,30	28,33
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,27	0,38	-0,47	1,01

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 85. Dispersión del subsector industrial de la industria de manufactura



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra los estadísticos promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para el subsector industrial, en la subclasificación manufactura de los cuales se realizaron 59 establecimientos. Se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,38 Kg/persona*día; y su promedio 0,27 Kg/persona*día, esta no está muy alejada de la media, lo puede indicar que existe una homogeneidad en los datos para la PPC.

La desviación estándar para el volumen diario (0,26 m³) y la generación (9,85 Kg/día) tiene una desviación estándar alrededor del valor de la media, lo cual indica que existe homogeneidad en los datos.

La desviación estándar de la densidad (42,05 Kg/m³) está un poco alejada de la media (53,85 Kg/m³), lo cual puede indicar que esta variable presenta algo de heterogeneidad.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

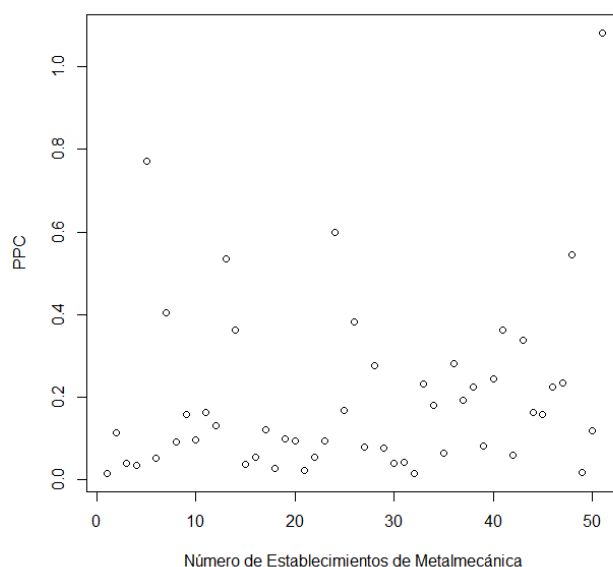
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 105. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de metalmecánica.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	52,12	49,87	38,43	65,81
Volumen Diario (m ³)	0,22	0,26	-2,90	0,72
Generación Diaria (Kg/día)	4,43	5,72	-6,79	15,65
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,20	0,21	-0,21	0,61

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 86. Dispersión del subsector industrial de la industria de metalmecánica.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra los estadísticos promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para el subsector industrial, en la subclasificación metalmecánica de los cuales se realizaron 51 establecimientos. Se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,21 Kg/persona*día; y su promedio 0,20 Kg/persona*día, valor cercano a la media, lo puede indicar que existe una homogeneidad en los datos para la PPC.

La desviación estándar para la densidad (49,87 Kg/m³), el volumen diario (0,26 m³) y la generación (5,72 Kg/día) tiene una desviación estándar alrededor del valor de la media, lo cual indica que existe homogeneidad en los datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

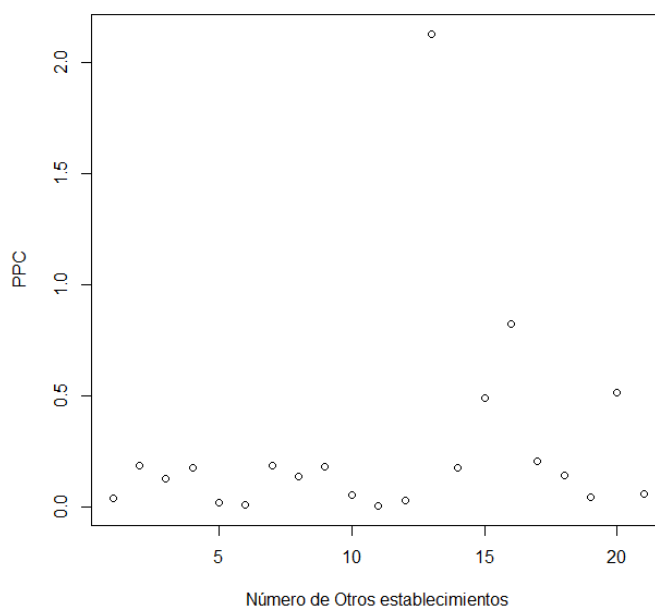
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 106. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de otras industrias.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m3)	62,60	60,17	36,86	88,33
Volumen Diario (m3)	0,22	0,26	-0,29	0,72
Generación Diaria (Kg/día)	10,97	11,11	-10,81	32,75
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,27	0,47	-0,65	1,19

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 87. Dispersión del subsector industrial de la industria de otras industrias



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra los estadísticos promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para el subsector industrial, en la subclasificación otros de los cuales se realizaron 21 establecimientos. Se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, se presenta al parecer un dato atípico, pero este se encuentra entre los valores de la PPC, por lo tanto, está distribuido en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,47 Kg/persona*día; y su promedio 0,21 Kg/persona*día, valor alejado de la media, lo puede indicar que existe una heterogeneidad en los datos para la PPC.

La desviación estándar para la densidad (60,17 Kg/m³), el volumen diario (0,26 m³) y la generación (11,11 Kg/día) tienen una desviación estándar alrededor del valor de la media, lo cual indica que existe homogeneidad en los datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

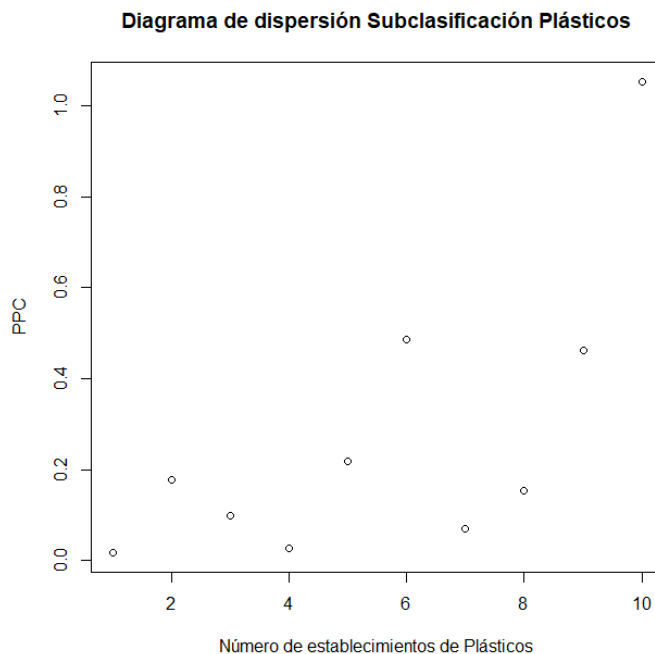
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 107. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de plásticos.

ANÁLISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m ³)	76,61	59,14	39,95	113,27
Volumen Diario (m ³)	0,22	0,26	-0,29	0,72
Generación Diaria (Kg/día)	16,53	23,01	-28,57	61,63
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,28	0,32	-0,35	0,90

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 88. Dispersión del subsector industrial de la industria de plásticos.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra los estadísticos promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para el subsector industrial, en la subclasificación plásticos de los cuales se realizaron 10 establecimientos. Se puede ver una buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,32 Kg/persona*día; y su promedio 0,28 Kg/persona*día, está cerca de la media, lo puede indicar que existe una homogeneidad en los datos para la PPC.

La desviación estándar para el volumen diario ($0,26 \text{ m}^3$) y la generación ($23,01 \text{ Kg/ m}^3$) tiene una desviación alrededor del valor de la media, lo cual indica que existe homogeneidad en los datos.

La desviación estándar para la densidad ($59,14 \text{ Kg/m}^3$) tiene una desviación un poco alejada de la media lo cual puede aportar heterogeneidad en esta variable.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

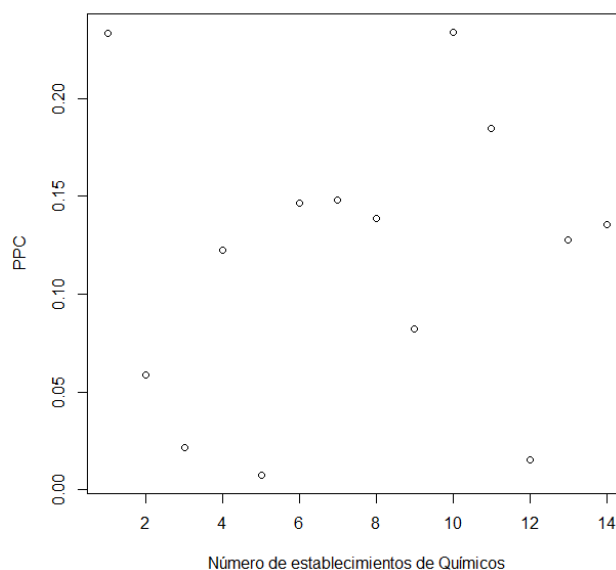
El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.

Tabla 108. Valores mínimos y máximos e intervalos de confianza para el subsector industrial de químicos.

QUIMICOS				
ANALISIS PROMEDIO				
Variables	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza al 95% para la media	
			Lim Inferior	Lim Superior
Densidad (Kg/m3)	45,73	38,13	25,76	65,70
Volumen Diario (m3)	0,22	0,26	-0,29	0,72
Generación Diaria (Kg/día)	3,69	3,29	-2,76	10,14
PPC (kg/ PERSONA*día)	0,12	0,07	-0,03	0,26

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 89. Dispersión del subsector industrial de la industria de químicos.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra los estadísticos promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para el subsector industrial, en la subclasificación químicos de los cuales se realizaron 14 establecimientos, se puede ver una

buena dispersión en los datos con homogeneidad, los valores de la PPC están distribuidos en el rango de los valores adecuados.

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,07 Kg/persona*día; y su promedio 0,12 Kg/persona*día, valor cercano a la media, lo puede indicar que existe una homogeneidad en los datos para la PPC.

La desviación estándar para la densidad (38,13 Kg/m³), el volumen diario (0,26 m³) y la generación (3,29 Kg/día) tiene una desviación estándar alrededor del valor de la media, lo cual indica que existe homogeneidad en los datos.

Con respecto a los intervalos de confianza todos están alrededor de la media, en el límite inferior y límite superior.

El nivel de confianza y la amplitud del intervalo varían conjuntamente, de forma que un intervalo más amplio tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza), mientras que, para un intervalo más pequeño, que ofrece una estimación más precisa, aumenta su probabilidad de error.



13 GENERACIÓN DE RESIDUOS DEL SECTOR NO RESIDENCIAL

El análisis de la generación de residuos no residenciales en el distrito de Medellín para los años 2022 y 2023 es importante para comprender la dinámica de gestión de los residuos en la ciudad y ayudar en la toma de decisiones.

Se realizó una proyección para los años 2022 y 2023 fundamentada en el promedio de generación diaria obtenido durante el presente estudio, el cual fue multiplicado por el número de generadores por subsector y comuna, extraídos de la base de datos de la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. Este enfoque permitió comparar la generación de residuos no residenciales de 2022, basada en reportes, con la generación proyectada del estudio, proporcionando así un panorama claro sobre la validez y la proximidad de los datos. Esto se llevó a cabo considerando variables como la actividad económica y el número de actores en cada subsector y zona de la ciudad.

En la Tabla 109 se presenta un promedio de generación anual por subsector para los años 2022 y 2023. Estos datos se derivan de la multiplicación del número de suscriptores por la generación diaria promedio, obtenida durante el presente estudio de caracterización. El número de suscriptores surge de la base de datos de la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, específicamente de su Base del Registro Mercantil, correspondiente a los años 2022 y 2023. Es importante destacar que dichas bases de datos estaban desagregadas por código CIIU y su respectiva actividad económica, por lo que fue necesario agrupar las distintas actividades que conforman los diferentes subsectores analizados en el estudio para obtener una representación precisa y completa de la generación de residuos no residenciales por subsector.

Además, para complementar el análisis, es importante destacar que el dato referente a los centros comerciales se obtuvo del Directorio Empresarial de Comfenalco 2023. Se utilizó la cantidad de 41 centros comerciales, que son los mencionados en dicho directorio, número que coincide con la información proporcionada por la página oficial de la Alcaldía de Medellín, que indica que en la ciudad hay más de 30 centros comerciales. Esta consistencia en los datos brinda confianza en el valor asignado para el estudio.

En cuanto a las plazas de mercado, se contaba con datos para calcular la generación total del 100% de estas instalaciones, dado que el estudio se llevó a cabo en todas las plazas de la ciudad, que suman un total de 4. Por lo tanto, se



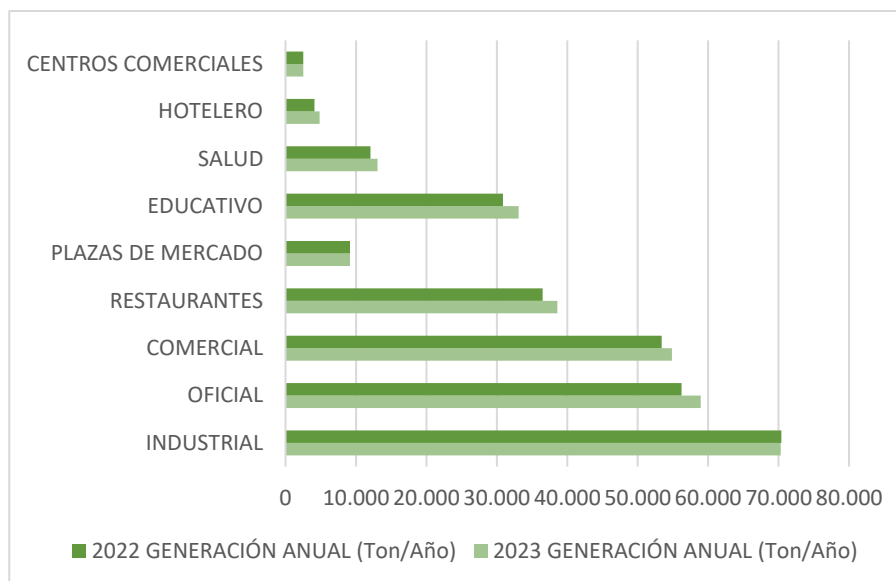
empleó el dato global en lugar del promedio de generación diaria de estas plazas.

Tabla 109. Generación de residuos en los años 2022 y 2023, a partir de datos de la caracterización 2023 y base de datos de la cámara de comercio de Medellín, para Antioquia.

DATOS CARACTERIZACIÓN 2023		2022		2023	
SUBSECTOR	GENERACIÓN DIARIA PROMEDIO (KG/DÍA)	TOTAL UNIDADES	GENERACIÓN ANUAL (TON/AÑO)	TOTAL UNIDADES	GENERACIÓN ANUAL (TON/AÑO)
Industrial	11	23.784	70.382	23.757	70.302
Oficial	43	5.074	56.231	5.317	58.924
Comercial	2	58.692	53.403	60.299	54.865
Restaurantes	12	8.219	36.510	8.690	38.602
Plazas de mercado	25.151	4	9.180	4	9.180
Educativo	10	11.392	30.891	12.202	33.087
Salud	16	2.086	12.043	2.260	13.047
Hotelero	8	1.413	4.103	1.672	4.855
Centros comerciales	169	41	2.532	41	2.532
TOTAL	25.423	110.705	275.274	114.242	285.394

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 90. Generación de residuos en los años 2022 y 2023 por subsector



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de la generación anual de los subsectores, es importante considerar que se tomó en cuenta los días de generación efectivos al año por subsector generador. Es decir, se consideraron los días en los que cada subsector está activo para calcular su generación anual. Para los sectores oficiales, educativos e industriales, se estableció un promedio de 260 días de actividad al año, reflejando el tiempo típico en el que realizan sus operaciones. Esto se debe a que estos subsectores suelen seguir un calendario laboral estándar. Por otro lado, los otros subsectores como el comercial, restaurantes, salud, hotelero, centros comerciales y plazas de mercado están en funcionamiento durante todos los días del año debido a la naturaleza de sus actividades.

En términos de número de actores, se destaca que el subsector con mayor número de unidades es el comercial, con un total de 58.692 unidades en 2022 y 60.299 unidades en 2023.

Por otro lado, al analizar la generación anual total, se observa que el subsector industrial es el que tiene la mayor generación tanto en 2022 como en 2023, con 70.382 toneladas en 2022 y 70.302 toneladas en 2023. Esto sugiere que, aunque el sector industrial puede tener menos unidades en comparación con el comercial, su contribución a la generación total de residuos es significativamente

mayor, puesto que sus actividades son a mayor escala y sus instalaciones son más grandes.

Esta comparación entre el número de actores y la generación de residuos indica la necesidad de considerar no solo la cantidad de actores dentro de un subsector, sino también la cantidad y la composición de los residuos que producen.

Es esencial desarrollar estrategias de gestión de residuos que aborden de manera efectiva las necesidades de los subsectores con una alta generación de residuos, como el sector industrial, así como aquellos en los que la generación individual por actor puede parecer moderada, pero que, considerando el número total de actores involucrados, ejercen un impacto significativo en la disposición final de residuos. Es crucial implementar estrategias que fomenten la reducción de la generación y el aprovechamiento de los residuos, dado que los residuos caracterizados, a pesar de su potencial aprovechamiento, están siendo descartados en el relleno sanitario.

Tabla 110. Diferencia en generación entre los años 2022 y 2023, calculado con datos del estudio.

GENERACIÓN 2022 (DATOS CARACTERIZACIÓN)	GENERACIÓN 2023 DATOS CARACTERIZACIÓN	DIFERENCIA	
		Ton/ Año	(%)
275.274	285.395	11.27	4.03%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111. Diferencia de número de actores del año 2022 a 2023.

DIFERENCIA POBLACIONAL NO RESIDENCIAL (CAMARA DE COMERCIO)			
POBLACIÓN NO RESIDENCIAL 2022 (Suscriptores)	POBLACIÓN NO RESIDENCIAL 2023 (Suscriptores)	DIFERENCIA (Suscriptores)	
110.705	114.242	3.537	3.14%

Fuente: Elaboración propia

Al comparar la generación proyectada para 2023 mediante los resultados de caracterización con la generación obtenida del 2022 (información oficial), se observa un aumento del 4.03%. Este incremento puede atribuirse principalmente al aumento en el número de actores no residenciales entre ambos años, como se refleja en las bases de datos de la Cámara de Comercio para los respectivos años. Este aumento de actores según los registros de Cámara de Comercio se refleja en un 3.14%, cifra similar al aumento de residuos de un año a otro. Este aumento en la cantidad de suscriptores generadores guarda coherencia con el incremento en la generación de residuos durante ese mismo periodo.

Aunque los resultados de la PPC sugieren una tendencia a la baja en la generación de residuos, este descenso se ve contrarrestado por el aumento en el número de suscriptores generadores entre ambos años, lo que genera un incremento neto en la generación de residuos de 2022 a 2023.

Tabla 112. Diferencia en generación del año 2022, calculado con datos del estudio versus generación 2022 calculada con bases de datos.

GENERACIÓN 2022 (DATOS SUI- EMVARIAS SA ESP - DANE)	GENERACIÓN 2022 (DATOS CARACTERIZACIÓN)	DIFERENCIA	
		(Ton/ Año)	(%)
266.858	275.274	8.416	3,06%

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 112 que la generación de 2022 proyectada a partir de los datos obtenidos del estudio de caracterización presenta una diferencia mínima del 3.06% en comparación la generación 2022 obtenida con los datos recopilados de diversas fuentes como el SUI, EMVARIAS SA ESP y el DANE, lo que sugiere una confiabilidad en los resultados del estudio. Esta mínima discrepancia respalda la validez de los datos obtenidos a través de la caracterización, lo que los convierte en una buena base para futuros estudios y proyecciones relacionadas con la generación de residuos.



Tabla 113. Generación y número de actores de los subsectores en las comunas de Medellín.

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL
Altavista	Actores	291	641	14	76	71	185	24	-	-	1.302
	Porcentaje actores (%)	22,35%	49,23%	1,08%	5,84%	5,45%	14,21%	1,84%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	861	583	41	338	787	502	139	-	-	3.250
Aranjuez	Actores	1.008	2.498	37	577	160	211	30	1	2	4.524
	Porcentaje actores (%)	22,28%	55,22%	0,82%	12,75%	3,54%	4,66%	0,66%	0,02%	0,04%	100%
	Generación (Ton/Año)	2.983	2.273	107	2.563	1.773	572	173	96	124	10.664
Belén	Actores	2.198	5.398	118	726	535	1.244	222	-	2	10.443
	Porcentaje actores (%)	21,05%	51,69%	1,13%	6,95%	5,12%	11,91%	2,13%	0,00%	0,02%	100%
	Generación (Ton/Año)	6.504	4.912	343	3.225	5.929	3.373	1.282	-	124	25.691
Buenos Aires	Actores	857	2.232	33	416	233	396	55	-	2	4.224
	Porcentaje actores (%)	20,29%	52,84%	0,78%	9,85%	5,52%	9,38%	1,30%	0,00%	0,05%	100%
	Generación (Ton/Año)	2.536	2.031	96	1.848	2.582	1.074	318	-	124	10.608
Castilla	Actores	826	1.933	38	354	142	202	26	-	1	3.522

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL
	Porcentaje actores (%)	23,45%	54,88%	1,08%	10,05%	4,03%	5,74%	0,74%	0,00%	0,03%	100%
	Generación (Ton/Año)	2.444	1.759	110	1.573	1.574	548	150	-	62	8.219
Doce de Octubre	Actores	632	1.520	6	223	96	113	7	-	-	2.597
	Porcentaje actores (%)	24,34%	58,53%	0,23%	8,59%	3,70%	4,35%	0,27%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	1.870	1.383	17	991	1.064	306	40	-	-	5.672
El poblado	Actores	3.579	10.355	467	1.070	1.285	4.298	853	-	8	21.915
	Porcentaje actores (%)	16,33%	47,25%	2,13%	4,88%	5,86%	19,61%	3,89%	0,00%	0,04%	100%
	Generación (Ton/Año)	10.591	9.422	1.356	4.753	14.241	11.655	4.924	-	494	57.436
Guayabal	Actores	2.001	2.813	38	371	266	562	48	-	1	6.100
	Porcentaje actores (%)	32,80%	46,11%	0,62%	6,08%	4,36%	9,21%	0,79%	0,00%	0,02%	100%
	Generación (Ton/Año)	5.921	2.560	110	1.648	2.948	1.524	277	-	62	15.050
La América	Actores	1.029	2.460	46	326	255	550	97	1	-	4.764
	Porcentaje actores (%)	21,60%	51,64%	0,97%	6,84%	5,35%	11,54%	2,04%	0,02%	0,00%	100%

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL
	Generación (Ton/Año)	3.045	2.238	134	1.448	2.826	1.491	560	245	-	11.987
La Candelaria	Actores	4.361	13.464	407	1.499	753	1.462	340	2	20	22.308
	Porcentaje actores (%)	19,55%	60,36%	1,82%	6,72%	3,38%	6,55%	1,52%	0,01%	0,09%	100%
	Generación (Ton/Año)	12.905	12.251	1.182	6.659	8.345	3.964	1.963	8.839	1.235	57.343
Laureles	Actores	2.198	5.680	303	968	561	1.384	371	-	4	11.469
	Porcentaje actores (%)	19,16%	49,52%	2,64%	8,44%	4,89%	12,07%	3,23%	0,00%	0,03%	100%
	Generación (Ton/Año)	6.504	5.168	880	4.300	6.217	3.753	2.142	-	247	29.211
Manrique	Actores	525	1.449	9	299	101	129	14	-	-	2.526
	Porcentaje actores (%)	20,78%	57,36%	0,36%	11,84%	4,00%	5,11%	0,55%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	1.554	1.318	26	1.328	1.119	350	81	-	-	5.776
Palmitas	Actores	10	45	3	17	3	3	-	-	-	81
	Porcentaje actores (%)	12,35%	55,56%	3,70%	20,99%	3,70%	3,70%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	30	41	9	76	33	8	-	-	-	196

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL
Popular	Actores	295	839	3	193	40	45	4	-	-	1.419
	Porcentaje actores (%)	20,79%	59,13%	0,21%	13,60%	2,82%	3,17%	0,28%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	873	763	9	857	443	122	23	-	-	3.091
Robledo	Actores	848	1.889	16	333	164	324	36	-	1	3.611
	Porcentaje actores (%)	23,48%	52,31%	0,44%	9,22%	4,54%	8,97%	1,00%	0,00%	0,03%	100%
	Generación (Ton/Año)	2.509	1.719	46	1.479	1.817	879	208	-	62	8.720
San Antonio de Prado	Actores	446	1.136	13	206	108	158	14	-	-	2.081
	Porcentaje actores (%)	21,43%	54,59%	0,62%	9,90%	5,19%	7,59%	0,67%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	1.320	1.034	38	915	1.197	428	81	-	-	5.012
San Cristóbal	Actores	411	789	9	165	73	94	8	-	-	1.549
	Porcentaje actores (%)	26,53%	50,94%	0,58%	10,65%	4,71%	6,07%	0,52%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	1.216	718	26	733	809	255	46	-	-	3.803
San Javier	Actores	642	1.358	11	276	145	164	13	-	-	2.609
	Porcentaje actores (%)	24,61%	52,05%	0,42%	10,58%	5,56%	6,29%	0,50%	0,00%	0,00%	100%

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL
	Generación (Ton/Año)	1.900	1.236	32	1.226	1.607	445	75	-	-	6.520
Santa Cruz	Actores	389	1.002	3	186	51	56	14	-	-	1.701
	Porcentaje actores (%)	22,87%	58,91%	0,18%	10,93%	3,00%	3,29%	0,82%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	1.151	912	9	826	565	152	81	-	-	3.696
Santa Elena	Actores	340	758	56	128	93	243	30	-	-	1.648
	Porcentaje actores (%)	20,63%	46,00%	3,40%	7,77%	5,64%	14,75%	1,82%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	1.006	690	163	569	1.031	659	173	-	-	4.290
Villa Hermosa	Actores	750	1.798	30	255	157	304	42	-	-	3.336
	Porcentaje actores (%)	22,48%	53,90%	0,90%	7,64%	4,71%	9,11%	1,26%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	2.219	1.636	87	1.133	1.740	824	242	-	-	7.882
Sin georreferenciar	Actores	121	242	12	26	25	75	12	-	-	513
	Porcentaje actores (%)	23,59%	47,17%	2,34%	5,07%	4,87%	14,62%	2,34%	0,00%	0,00%	100%
	Generación (Ton/Año)	358	220	35	115	277	203	69	-	-	1.278
TOTAL	Actores	23.757	60.299	1.672	8.690	5.317	12.202	2.260	4	41	114.242
	Porcentaje actores (%)	20,80%	52,78%	1,46%	7,61%	4,65%	10,68%	1,98%	0,00%	0,04%	100%

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL
	Generación (Ton/Año)	70.302	54.865	4.855	38.602	58.924	33.087	13.047	9.180	2.532	285.395

Fuente: Elaboración propia

Al profundizar en el análisis de los datos de generación de residuos por subsector y comuna en Medellín, se observa que la comuna del Poblado lidera en términos de generación total de residuos con 57.436 toneladas anuales debido a la presencia de suscriptores no residenciales de variadas actividades económicas como comercio, hoteles, oficial y restaurantes entre otros.

La Candelaria también ocupa un lugar importante en la generación total de residuos con 57.343 toneladas anuales, debido a la alta concentración de actividades comerciales e industriales, además de su posición estratégica como epicentro del comercio en la ciudad. La gran cantidad de actores registrados en este subsector refleja la intensa actividad económica y comercial que caracteriza a esta comuna, lo que repercute directamente en una alta generación de residuos.

También es importante resaltar el papel de la comuna de Belén, que se posiciona como la tercera en generación de residuos con un total de 25.691 toneladas por año. Aunque su generación total es inferior a la de La Candelaria y El Poblado, Belén muestra una distribución equilibrada en cuanto a la presencia de diferentes subsectores, lo que indica una diversidad económica en esta zona.

En contraste, otros lugares como Palmitas y San Antonio de Prado presentan una generación de residuos significativamente menor en comparación con las principales áreas urbanas de la ciudad. Esto podría asociarse a una menor densidad poblacional y a un perfil vocacional más residencial y con menor desarrollo industrial o comercial.

En conclusión, el análisis de la generación de residuos por comuna en Medellín revela patrones interesantes que reflejan la dinámica económica y comercial de cada área. Comunas como El Poblado, La Candelaria y Belén destacan como importantes generadoras de residuos del sector no residencial, mientras que otras áreas muestran una generación más moderada, posiblemente relacionada con las características urbanísticas y económicas específicas de cada zona.



13.1 Proyección de la generación del sector no residencial

En la Tabla 114 se presenta la proyección de la generación para el sector no residencial, mediante la realización del método geométrico y la utilización de las siguientes ecuaciones.

$$P_f = P_{UC} * (1 + r)^{t_f - t_{uc}}$$

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(t_{uc} - t_{ci})}} - 1$$

Tabla 114. Resultados de proyección geométrica general para la generación no residencial

AÑO	GENERACIÓN (Ton/año)
2022	275.274
2023	285.395
2024	295.886
2025	306.764
2026	318.041
2027	329.734
2028	341.856
2029	354.424
2030	367.453
2031	380.962
2032	394.968
2033	409.488

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de proyección geométrica, para el año 2033 se espera una generación de 409.488 toneladas anuales de residuos generados por el sector no residencial.

En la Tabla 115 se presenta la proyección de la generación del sector no residencial, discriminando los valores por subsector y por comuna en unidades de toneladas anuales. Dicho ejercicio de proyección se realiza para un horizonte de 10 años y es de utilidad para la formulación de proyectos de aprovechamiento

enfocados en la captación de residuos sólidos generados por el sector no residencial de Medellín.

Tabla 115. Proyección de la generación por subsector y comuna en Medellín.

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
Altavista	2024	893	605	42	350	816	520	144	0	0	3.369
	2025	926	627	44	363	846	539	149	0	0	3.493
	2026	960	650	45	376	877	559	154	0	0	3.621
	2027	995	674	47	390	909	580	160	0	0	3.755
	2028	1.031	699	49	404	943	601	166	0	0	3.893
	2029	1.069	724	50	419	977	623	172	0	0	4.036
	2030	1.109	751	52	435	1.013	646	178	0	0	4.184
	2031	1.149	779	54	451	1.050	670	185	0	0	4.338
	2032	1.192	807	56	467	1.089	694	192	0	0	4.497
	2033	1.236	837	58	484	1.129	720	199	0	0	4.663
Aranjuez	2024	3.093	2.356	111	2.657	1.838	593	180	99	128	11.056
	2025	3.206	2.443	115	2.755	1.906	615	186	103	133	11.462
	2026	3.324	2.533	120	2.856	1.976	638	193	107	138	11.884
	2027	3.446	2.626	124	2.961	2.049	661	200	110	143	12.321
	2028	3.573	2.723	129	3.070	2.124	685	207	115	148	12.774
	2029	3.704	2.823	133	3.183	2.202	711	215	119	153	13.243
	2030	3.841	2.926	138	3.300	2.283	737	223	123	159	13.730
	2031	3.982	3.034	143	3.421	2.367	764	231	128	165	14.235
	2032	4.128	3.146	149	3.547	2.454	792	240	132	171	14.758
	2033	4.280	3.261	154	3.678	2.544	821	248	137	177	15.301
Belén	2024	6.743	5.092	355	3.344	6.147	3.497	1.329	0	128	26.635
	2025	6.991	5.279	368	3.466	6.373	3.626	1.378	0	133	27.615
	2026	7.248	5.473	382	3.594	6.607	3.759	1.428	0	138	28.630
	2027	7.515	5.675	396	3.726	6.850	3.897	1.481	0	143	29.682
	2028	7.791	5.883	410	3.863	7.102	4.041	1.535	0	148	30.773
	2029	8.078	6.100	425	4.005	7.363	4.189	1.592	0	153	31.905
	2030	8.375	6.324	441	4.152	7.634	4.343	1.650	0	159	33.078
	2031	8.682	6.556	457	4.305	7.914	4.503	1.711	0	165	34.294
	2032	9.002	6.797	474	4.463	8.205	4.668	1.774	0	171	35.555
	2033	9.333	7.047	492	4.627	8.507	4.840	1.839	0	177	36.862
res	2024	2.629	2.106	99	1.916	2.677	1.113	329	0	128	10.998
	2025	2.726	2.183	103	1.986	2.775	1.154	341	0	133	11.402
	2026	2.826	2.263	107	2.059	2.878	1.197	354	0	138	11.821

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
	2027	2.930	2.346	111	2.135	2.983	1.241	367	0	143	12.256
	2028	3.038	2.433	115	2.214	3.093	1.286	380	0	148	12.706
	2029	3.149	2.522	119	2.295	3.207	1.334	394	0	153	13.173
	2030	3.265	2.615	123	2.379	3.325	1.383	409	0	159	13.658
	2031	3.385	2.711	128	2.467	3.447	1.433	424	0	165	14.160
	2032	3.510	2.811	133	2.557	3.574	1.486	439	0	171	14.680
	2033	3.639	2.914	137	2.651	3.705	1.541	456	0	177	15.220
	2025	2.627	1.890	119	1.690	1.692	589	161	0	66	8.835
	2026	2.724	1.960	123	1.752	1.754	610	167	0	69	9.159
	2027	2.824	2.032	127	1.817	1.818	633	173	0	71	9.496
	2028	2.928	2.107	132	1.884	1.885	656	180	0	74	9.845
	2029	3.036	2.184	137	1.953	1.954	680	186	0	77	10.207
	2030	3.147	2.265	142	2.025	2.026	705	193	0	80	10.583
	2031	3.263	2.348	147	2.099	2.101	731	200	0	82	10.972
	2032	3.383	2.434	153	2.176	2.178	758	208	0	85	11.375
	2033	3.507	2.524	158	2.256	2.258	786	215	0	89	11.793
Doce de Octubre	2024	1.939	1.434	18	1.027	1.103	318	42	0	0	5.880
	2025	2.010	1.487	19	1.065	1.144	329	43	0	0	6.097
	2026	2.084	1.541	19	1.104	1.186	341	45	0	0	6.321
	2027	2.161	1.598	20	1.144	1.229	354	47	0	0	6.553
	2028	2.240	1.657	21	1.187	1.274	367	48	0	0	6.794
	2029	2.323	1.718	22	1.230	1.321	381	50	0	0	7.044
	2030	2.408	1.781	22	1.275	1.370	395	52	0	0	7.303
	2031	2.496	1.846	23	1.322	1.420	409	54	0	0	7.571
	2032	2.588	1.914	24	1.371	1.472	424	56	0	0	7.850
	2033	2.683	1.984	25	1.421	1.526	440	58	0	0	8.138
El poblado	2024	10.980	9.768	1.406	4.928	14.764	12.083	5.105	0	512	59.547
	2025	11.384	10.127	1.458	5.109	15.307	12.527	5.293	0	531	61.736
	2026	11.803	10.500	1.511	5.297	15.870	12.988	5.488	0	551	64.006
	2027	12.237	10.886	1.567	5.492	16.453	13.465	5.690	0	571	66.359
	2028	12.686	11.286	1.624	5.693	17.058	13.960	5.899	0	592	68.798
	2029	13.153	11.701	1.684	5.903	17.685	14.473	6.116	0	614	71.328
	2030	13.636	12.131	1.746	6.120	18.335	15.005	6.340	0	636	73.950
	2031	14.138	12.577	1.810	6.345	19.009	15.557	6.573	0	659	76.669
	2032	14.657	13.039	1.877	6.578	19.708	16.129	6.815	0	684	79.487
	2033	15.196	13.519	1.946	6.820	20.433	16.722	7.066	0	709	82.409

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
Guayabal	2024	6.139	2.654	114	1.709	3.056	1.580	287	0	64	15.603
	2025	6.365	2.751	119	1.771	3.169	1.638	298	0	66	16.177
	2026	6.599	2.852	123	1.837	3.285	1.698	309	0	69	16.772
	2027	6.841	2.957	127	1.904	3.406	1.761	320	0	71	17.388
	2028	7.093	3.066	132	1.974	3.531	1.825	332	0	74	18.027
	2029	7.354	3.179	137	2.047	3.661	1.893	344	0	77	18.690
	2030	7.624	3.295	142	2.122	3.795	1.962	357	0	80	19.377
	2031	7.904	3.417	147	2.200	3.935	2.034	370	0	82	20.090
	2032	8.195	3.542	153	2.281	4.080	2.109	384	0	85	20.828
	2033	8.496	3.672	158	2.365	4.230	2.187	398	0	89	21.594
La América	2024	3.157	2.321	138	1.501	2.930	1.546	581	254	0	12.428
	2025	3.273	2.406	144	1.557	3.038	1.603	602	263	0	12.885
	2026	3.393	2.494	149	1.614	3.149	1.662	624	273	0	13.359
	2027	3.518	2.586	154	1.673	3.265	1.723	647	283	0	13.850
	2028	3.647	2.681	160	1.735	3.385	1.786	671	293	0	14.359
	2029	3.782	2.780	166	1.798	3.509	1.852	695	304	0	14.887
	2030	3.921	2.882	172	1.865	3.639	1.920	721	315	0	15.434
	2031	4.065	2.988	178	1.933	3.772	1.991	748	327	0	16.002
	2032	4.214	3.098	185	2.004	3.911	2.064	775	339	0	16.590
	2033	4.369	3.212	192	2.078	4.055	2.140	803	352	0	17.200
La Candelaria	2024	13.380	12.701	1.225	6.904	8.652	4.110	2.035	9.164	1.280	59.451
	2025	13.871	13.168	1.270	7.157	8.970	4.261	2.110	9.501	1.328	61.637
	2026	14.381	13.652	1.317	7.420	9.299	4.418	2.187	9.850	1.376	63.902
	2027	14.910	14.154	1.365	7.693	9.641	4.580	2.268	10.213	1.427	66.252
	2028	15.458	14.674	1.416	7.976	9.996	4.749	2.351	10.588	1.479	68.687
	2029	16.027	15.214	1.468	8.269	10.363	4.923	2.438	10.977	1.534	71.213
	2030	16.616	15.773	1.522	8.573	10.744	5.104	2.527	11.381	1.590	73.830
	2031	17.227	16.353	1.577	8.889	11.139	5.292	2.620	11.799	1.649	76.545
	2032	17.860	16.954	1.635	9.215	11.549	5.486	2.716	12.233	1.709	79.359
	2033	18.517	17.577	1.696	9.554	11.973	5.688	2.816	12.683	1.772	82.276
Laureles	2024	6.743	5.358	912	4.458	6.446	3.891	2.221	0	256	30.285
	2025	6.991	5.555	946	4.622	6.683	4.034	2.302	0	266	31.398
	2026	7.248	5.759	980	4.792	6.928	4.182	2.387	0	275	32.553
	2027	7.515	5.971	1.016	4.968	7.183	4.336	2.475	0	285	33.749
	2028	7.791	6.191	1.054	5.151	7.447	4.495	2.566	0	296	34.990
	2029	8.078	6.418	1.093	5.340	7.721	4.661	2.660	0	307	36.277
	2030	8.375	6.654	1.133	5.536	8.005	4.832	2.758	0	318	37.610

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
	2031	8.682	6.899	1.174	5.740	8.299	5.010	2.859	0	330	38.993
	2032	9.002	7.152	1.218	5.951	8.604	5.194	2.964	0	342	40.426
	2033	9.333	7.415	1.262	6.170	8.920	5.385	3.073	0	354	41.913
Manrique	2024	1.611	1.367	27	1.377	1.160	363	84	0	0	5.989
	2025	1.670	1.417	28	1.428	1.203	376	87	0	0	6.209
	2026	1.731	1.469	29	1.480	1.247	390	90	0	0	6.437
	2027	1.795	1.523	30	1.535	1.293	404	93	0	0	6.674
	2028	1.861	1.579	31	1.591	1.341	419	97	0	0	6.919
	2029	1.929	1.637	32	1.649	1.390	434	100	0	0	7.173
	2030	2.000	1.697	34	1.710	1.441	450	104	0	0	7.437
	2031	2.074	1.760	35	1.773	1.494	467	108	0	0	7.711
	2032	2.150	1.825	36	1.838	1.549	484	112	0	0	7.994
	2033	2.229	1.892	37	1.906	1.606	502	116	0	0	8.288
Palmitas	2024	31	42	9	78	34	8	0	0	0	203
	2025	32	44	9	81	36	9	0	0	0	211
	2026	33	46	10	84	37	9	0	0	0	219
	2027	34	47	10	87	38	9	0	0	0	227
	2028	35	49	10	90	40	10	0	0	0	235
	2029	37	51	11	94	41	10	0	0	0	244
	2030	38	53	11	97	43	10	0	0	0	253
	2031	40	55	12	101	44	11	0	0	0	262
	2032	41	57	12	105	46	11	0	0	0	271
	2033	42	59	12	108	48	12	0	0	0	281
Popular	2024	905	791	9	889	460	127	24	0	0	3.204
	2025	938	821	9	922	476	131	25	0	0	3.322
	2026	973	851	10	955	494	136	26	0	0	3.444
	2027	1.009	882	10	991	512	141	27	0	0	3.571
	2028	1.046	914	10	1.027	531	146	28	0	0	3.702
	2029	1.084	948	11	1.065	551	152	29	0	0	3.838
	2030	1.124	983	11	1.104	571	157	30	0	0	3.979
	2031	1.165	1.019	12	1.144	592	163	31	0	0	4.126
	2032	1.208	1.056	12	1.186	613	169	32	0	0	4.277
	2033	1.253	1.095	12	1.230	636	175	33	0	0	4.435
Robledo	2024	2.602	1.782	48	1.534	1.884	911	215	0	64	9.040
	2025	2.697	1.847	50	1.590	1.954	944	223	0	66	9.372
	2026	2.796	1.915	52	1.648	2.025	979	232	0	69	9.717
	2027	2.899	1.986	54	1.709	2.100	1.015	240	0	71	10.074

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
	2028	3.006	2.059	56	1.772	2.177	1.052	249	0	74	10.445
	2029	3.116	2.134	58	1.837	2.257	1.091	258	0	77	10.829
	2030	3.231	2.213	60	1.905	2.340	1.131	268	0	80	11.227
	2031	3.350	2.294	62	1.975	2.426	1.173	277	0	82	11.639
	2032	3.473	2.379	64	2.047	2.515	1.216	288	0	85	12.067
	2033	3.601	2.466	67	2.122	2.608	1.261	298	0	89	12.511
San Antonio de Prado	2024	1.368	1.072	39	949	1.241	444	84	0	0	5.197
	2025	1.419	1.111	41	984	1.286	461	87	0	0	5.388
	2026	1.471	1.152	42	1.020	1.334	477	90	0	0	5.586
	2027	1.525	1.194	44	1.057	1.383	495	93	0	0	5.791
	2028	1.581	1.238	45	1.096	1.434	513	97	0	0	6.004
	2029	1.639	1.284	47	1.136	1.486	532	100	0	0	6.225
	2030	1.699	1.331	49	1.178	1.541	552	104	0	0	6.454
	2031	1.762	1.380	50	1.222	1.598	572	108	0	0	6.691
	2032	1.827	1.430	52	1.266	1.656	593	112	0	0	6.937
	2033	1.894	1.483	54	1.313	1.717	615	116	0	0	7.192
San Cristóbal	2024	1.261	744	27	760	839	264	48	0	0	3.943
	2025	1.307	772	28	788	870	274	50	0	0	4.088
	2026	1.355	800	29	817	902	284	51	0	0	4.238
	2027	1.405	829	30	847	935	294	53	0	0	4.394
	2028	1.457	860	31	878	969	305	55	0	0	4.556
	2029	1.510	892	32	910	1.005	317	57	0	0	4.723
	2030	1.566	924	34	944	1.042	328	59	0	0	4.897
	2031	1.624	958	35	978	1.080	340	62	0	0	5.077
	2032	1.683	994	36	1.014	1.120	353	64	0	0	5.264
	2033	1.745	1.030	37	1.052	1.161	366	66	0	0	5.457
San Javier	2024	1.970	1.281	33	1.271	1.666	461	78	0	0	6.760
	2025	2.042	1.328	34	1.318	1.727	478	81	0	0	7.008
	2026	2.117	1.377	36	1.366	1.791	496	84	0	0	7.266
	2027	2.195	1.428	37	1.417	1.857	514	87	0	0	7.533
	2028	2.276	1.480	38	1.469	1.925	533	90	0	0	7.810
	2029	2.359	1.534	40	1.523	1.996	552	93	0	0	8.097
	2030	2.446	1.591	41	1.579	2.069	573	97	0	0	8.395
	2031	2.536	1.649	43	1.637	2.145	594	100	0	0	8.703
	2032	2.629	1.710	44	1.697	2.224	615	104	0	0	9.023
	2033	2.726	1.773	46	1.759	2.306	638	108	0	0	9.355
Santa Cruz	2024	1.193	945	9	857	586	157	84	0	0	3.832

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
	2025	1.237	980	9	888	608	163	87	0	0	3.972
	2026	1.283	1.016	10	921	630	169	90	0	0	4.118
	2027	1.330	1.053	10	955	653	175	93	0	0	4.270
	2028	1.379	1.092	10	990	677	182	97	0	0	4.427
	2029	1.430	1.132	11	1.026	702	189	100	0	0	4.590
	2030	1.482	1.174	11	1.064	728	196	104	0	0	4.758
	2031	1.537	1.217	12	1.103	754	203	108	0	0	4.933
	2032	1.593	1.262	12	1.143	782	210	112	0	0	5.115
	2033	1.652	1.308	12	1.185	811	218	116	0	0	5.303
Santa Elena	2024	1.043	715	169	589	1.069	683	180	0	0	4.447
	2025	1.081	741	175	611	1.108	708	186	0	0	4.611
	2026	1.121	769	181	634	1.149	734	193	0	0	4.780
	2027	1.162	797	188	657	1.191	761	200	0	0	4.956
	2028	1.205	826	195	681	1.235	789	207	0	0	5.138
	2029	1.249	857	202	706	1.280	818	215	0	0	5.327
	2030	1.295	888	209	732	1.327	848	223	0	0	5.523
	2031	1.343	921	217	759	1.376	880	231	0	0	5.726
	2032	1.392	954	225	787	1.426	912	240	0	0	5.937
	2033	1.444	990	233	816	1.479	945	248	0	0	6.155
Villa Hermosa	2024	2.301	1.696	90	1.174	1.804	855	251	0	0	8.172
	2025	2.386	1.758	94	1.218	1.870	886	261	0	0	8.472
	2026	2.473	1.823	97	1.262	1.939	919	270	0	0	8.784
	2027	2.564	1.890	101	1.309	2.010	952	280	0	0	9.107
	2028	2.659	1.960	104	1.357	2.084	987	290	0	0	9.441
	2029	2.756	2.032	108	1.407	2.161	1.024	301	0	0	9.788
	2030	2.858	2.106	112	1.458	2.240	1.061	312	0	0	10.148
	2031	2.963	2.184	116	1.512	2.323	1.100	324	0	0	10.521
	2032	3.072	2.264	121	1.568	2.408	1.141	336	0	0	10.908
	2033	3.184	2.347	125	1.625	2.496	1.183	348	0	0	11.309
Sin georreferenciar	2024	371	228	36	120	287	211	72	0	0	1.325
	2025	385	237	37	124	298	219	74	0	0	1.374
	2026	399	245	39	129	309	227	77	0	0	1.425
	2027	414	254	40	133	320	235	80	0	0	1.477
	2028	429	264	42	138	332	244	83	0	0	1.531
	2029	445	273	43	143	344	253	86	0	0	1.587
	2030	461	284	45	149	357	262	89	0	0	1.646
	2031	478	294	47	154	370	271	92	0	0	1.706

SUBSECTOR	Descripción	IND	COM	HOT	RES	OFI	EDU	SAL	PME	CCO	TOTAL Ton/año
	2032	496	305	48	160	383	281	96	0	0	1.769
	2033	514	316	50	166	398	292	99	0	0	1.834
TOTAL	2024	72.887	56.882	5.033	40.021	61.090	34.303	13.527	9.517	2.625	295.886
	2025	75.566	58.973	5.218	41.493	63.336	35.564	14.024	9.867	2.721	306.764
	2026	78.344	61.141	5.410	43.018	65.664	36.872	14.540	10.230	2.821	318.041
	2027	81.225	63.389	5.609	44.600	68.079	38.228	15.074	10.606	2.925	329.734
	2028	84.211	65.719	5.815	46.239	70.581	39.633	15.628	10.996	3.033	341.856
	2029	87.307	68.135	6.029	47.939	73.176	41.090	16.203	11.400	3.144	354.424
	2030	90.516	70.640	6.251	49.701	75.866	42.600	16.799	11.819	3.260	367.453
	2031	93.844	73.237	6.481	51.529	78.655	44.167	17.416	12.254	3.380	380.962
	2032	97.294	75.930	6.719	53.423	81.547	45.790	18.057	12.704	3.504	394.968
	2033	100.871	78.721	6.966	55.387	84.545	47.474	18.720	13.172	3.633	409.488

Fuente: Elaboración propia

La proyección de la generación, asumiendo un comportamiento homogéneo de la distribución de las actividades económicas en el territorio a lo largo del tiempo, muestra que el Poblado lidera la generación de residuos entre los años 2024 y 2033 con 704.289 toneladas de residuos en ese periodo de 10 años, seguido por La Candelaria (703.152 toneladas), Laureles (358.194) y Belén (315.028). La prevalencia de estas comunas en el ranking de generación se presenta por la presencia de diversos suscriptores no residenciales con actividades económicas asociadas al comercio, la industria y la prestación de servicios.

14 CONCLUSIONES

- La tendencia hacia la reducción de residuos no aprovechables y el incremento en materiales reciclables, especialmente plásticos, refleja un avance hacia prácticas más sostenibles y optimizaciones de procesos en varios subsectores. Sin embargo, la preocupación surge cuando estos materiales terminan en rellenos sanitarios, lo que indica un desafío en mejorar la separación en origen y el aprovechamiento efectivo. Este escenario destaca la necesidad urgente de fortalecer las políticas de gestión de residuos y fomentar la colaboración entre diversos sectores para lograr un impacto significativo en la reducción de residuos y la promoción del reciclaje.
- Aunque algunos subsectores han mostrado una disminución en la generación de residuos peligrosos, la gestión adecuada de estos sigue siendo una preocupación importante, especialmente en el sector salud, donde su manejo es crítico por temas de salud pública y contaminación ambiental.
- La mayoría de los subsectores han mostrado una disminución notable en la PPC de residuos desde 2014 hasta 2023. Esto sugiere una mejora en las prácticas de manejo de residuos, una mayor conciencia ambiental y posiblemente una mejor separación de residuos en la fuente.
- La variabilidad en la PPC entre diferentes subsectores destaca la diversidad en la generación de residuos y la efectividad de las estrategias de gestión de residuos. Subsectores como el industrial y las plazas de mercado muestran PPC más altas, lo que indica áreas específicas donde se pueden enfocar esfuerzos de mejora.
- Se observa una variación significativa en la cantidad de actores involucrados en la generación de residuos en cada subsector. Por ejemplo, los sectores comercial e industrial destacan como los principales contribuyentes al relleno sanitario, seguidos por educativo y salud.
- Existe una relación entre la cantidad de actores en un subsector y la cantidad de residuos generados, pero esta relación no es necesariamente lineal, puesto que existen otros factores determinantes tales como los desarrollos tecnológicos en los procesos productivos, que se pueden asociar a una menor cantidad de residuos generados asociados a una menor cantidad de empleado, lo cual a su vez repercute directamente en la producción Per cápita obtenida para algunos subsectores objeto de estudio.



- Se identificaron 31 actores no residenciales que cuentan con certificados de aprovechamiento, lo que indica un compromiso incipiente con prácticas sostenibles de gestión de residuos. Sin embargo, aún queda un gran potencial por explorar en términos de aumentar la participación de más actores en programas de aprovechamiento.
- El cartón es el material más aprovechado, seguido por el vidrio y los metales. Este hallazgo sugiere una tendencia hacia el aprovechamiento de materiales reciclables comunes en el sector no residencial, pero también revela áreas de oportunidad para aumentar la participación en el reciclaje de otros materiales menos aprovechados, como el plástico, que figura como uno de los grandes contribuyentes a los residuos que llegan al relleno sanitario.
- Aunque se ha avanzado en la gestión de residuos orgánicos, aún persiste una cantidad considerable de estos residuos destinados a la disposición final. La identificación de este potencial indica la importancia de implementar estrategias integrales de gestión de residuos que aborden de manera efectiva el tratamiento y gestión de los residuos orgánicos en todos los sectores de la ciudad.
- Para el año 2022, se calculó una generación total de residuos no residenciales de 266.858 toneladas, representando aproximadamente el 39% del total de residuos ingresados al relleno sanitario. La comparación entre los datos obtenidos del estudio de caracterización y los datos oficiales reportados muestra una mínima discrepancia del 3,06%, lo que indica la confiabilidad de las estimaciones de generación del sector no residencial.
- Respecto de los análisis de laboratorio realizados a las 22 muestras del sector no residencial, se encontró que el aporte de macronutrientes en la mayoría de las muestras es significativamente bajo, por lo que su uso como producto agrícola no es conveniente. Lo anterior, pues los macronutrientes son fundamentales para los seres vivos y sus funciones vitales, tales como el crecimiento y el desarrollo del potencial genético.
- Es posible que estas muestras después de un proceso de estabilización, mediante procesos de tratamiento de la materia orgánica, posibiliten el cumplimiento de parámetros tales como la humedad, además de la sanitización en cuanto a niveles de microorganismos patógenos presentes, haciendo posible la utilización de la materia orgánica tratada como acondicionadores de suelos o enmiendas para aplicaciones en recuperación de suelos degradados de uso no



agrícola, con lo cual aportarían principalmente materia orgánica y estructura al suelo, más no contenidos de nutrientes al suelo, pues como se comentó con anterioridad, las concentraciones de macronutrientes en las muestras analizadas estuvo por debajo del 1% en el 81,82% de los casos.

- Según los resultados de laboratorio obtenidos, no se recomienda la utilización de los residuos sólidos sin procesos previos de separación en la fuente, para su utilización como materia prima agrícola para obtener abonos o fertilizantes orgánico-minerales. Sin embargo, se pueden contemplar otros usos de la Categoría B, tales como estabilización de taludes de proyectos viales, recuperación de suelos degradados de uso no agrícola, áreas destinadas al ornato y la recreación, jardines, parques y zonas verdes, como material para cobertura y revegetalización de áreas erosionadas y de minería a cielo abierto, en plantaciones forestales y en la fabricación de pellets para procesos de tratamiento térmico de residuos como combustible alternativo.
- Los análisis de Poder Calorífico Inferior mediante métodos analíticos presentaron valores de 2.471 Kcal/Kg y 2.262 Kcal/Kg, lo que implica que los residuos de las empresas caracterizadas se pueden incinerar sin necesidad de implementar combustible auxiliar o tratamiento adicional. No obstante, la decisión de la implementación de procesos de valorización energética debe acompañarse de estudios de prefactibilidad económica y ambiental por subsector, teniendo en cuenta las características de cada uno, el porcentaje de humedad y la cantidad de residuos con potencial de aprovechamiento energético.



15 RECOMENDACIONES.

- Es crucial fortalecer y mejorar las estrategias de reciclaje y aprovechamiento para asegurar que los residuos reciclables sean efectivamente incorporados a la cadena productiva y no terminen en rellenos sanitarios. Esto incluye la implementación de infraestructura adecuada para la separación en la fuente y la colaboración entre diferentes actores asociados a la gestión integral de residuos sólidos.
- El establecimiento de programas de gestión de residuos orgánicos en todos los subsectores, especialmente en educación, restaurantes, hoteles, centros comerciales y plazas de mercado, puede contribuir significativamente a reducir la cantidad de residuos dirigidos a rellenos sanitarios y a promover prácticas sostenibles.
- Es necesario implementar y fortalecer las prácticas de manejo seguro y responsable de residuos peligrosos y posconsumo. Para complementar la gestión de residuos posconsumo, es crucial organizar jornadas de recolección de residuos posconsumo con gestores autorizados, acompañadas de campañas de divulgación sobre los puntos de recolección habilitados en la ciudad. Esto incluye la promoción activa de estos puntos en centros comerciales, instituciones de salud y entidades oficiales, incentivando así una participación más activa de la comunidad en la gestión responsable de estos residuos.
- La colaboración y responsabilidad compartida en la gestión de residuos, es crucial promover campañas ambientales, jornadas de sensibilización, y capacitaciones en manejo integral de residuos, involucrando a todos los actores desde fabricantes hasta consumidores, y vinculando empresas de aprovechamiento. Estas acciones permiten fomentar una responsabilidad compartida en la conservación del medio ambiente, destacando la importancia de cada participante en el proceso hacia un manejo sostenible de residuos.
- Se recomienda desarrollar estrategias de reducción de residuos adaptadas a las necesidades específicas de cada subsector, especialmente aquellos con altas PPC. Esto incluye estrategias para reducir la generación de residuos y fomentar el uso de materiales sostenibles. Las estrategias deben ser personalizadas, reconociendo las diferencias significativas en la producción de residuos entre subsectores, para abordar de manera efectiva sus desafíos únicos y promover prácticas de gestión de residuos más eficientes y sostenibles.



- Se requiere incentivar la implementación de programas de Responsabilidad Extendida del Productor, la cual se define como un instrumento que obliga a los fabricantes e importadores de ciertos productos de consumo masivo, a organizar, desarrollar y financiar la gestión integral de los residuos derivados de sus productos, una vez el consumidor final los descarta.
- Se sugiere establecer sistemas de monitoreo y evaluación continuos para seguir la evolución de la PPC y la generación de los diferentes tipos de residuos en todos los subsectores generadores, permitiendo ajustes oportunos en las estrategias de gestión de residuos.
- Es necesario promover el reciclaje de materiales menos aprovechados, como el cuero, el caucho y la madera. Esto podría implicar la implementación de programas específicos de segregación, recolección y reincorporación de estos materiales a los ciclos productivos, así como el desarrollo de mercados para productos reciclados derivados de ellos.
- Se recomienda continuar monitoreando la generación de residuos no residenciales en la ciudad para comprender mejor las tendencias a lo largo del tiempo y ajustar las estrategias de gestión de residuos en consecuencia.
- Es importante implementar medidas de reducción de residuos en los subsectores con una alta generación, especialmente en el sector industrial. Esto puede incluir prácticas de producción más sostenibles, la necesidad de sustitución de materias primas contaminantes o no reciclables, la implementación de tecnologías con mayor eficiencia y menor desperdicio de materias primas, además del uso de materiales reciclables y biodegradables.
- Se recomienda fortalecer la coordinación entre las autoridades municipales, las empresas de gestión de residuos y los actores no residenciales para desarrollar e implementar estrategias integrales de gestión de residuos sólidos que aborden los desafíos específicos de cada subsector y promuevan una cultura de sostenibilidad en la ciudad.
- En la actualidad hay un flujo de residuos sólidos que están siendo generados por el sector no residencial y están siendo desviados de la disposición final en el relleno sanitario, puesto que se está presentando un aprovechamiento por actores privados, los cuales no están obligados a reportar información ante el distrito o la superintendencia de servicios públicos domiciliarios, dificultando la estimación de la cifra real de aprovechamiento por el sector no residencial. Por



lo anterior se recomienda la estructuración de un instrumento que permita el flujo de información del aprovechamiento del sector no residencial, además de la construcción de una metodología estandarizada para calcular estas cifras de aprovechamiento.



16 Bibliografía

- Alcaldía de Medellín. (2023). *Proyecciones de población 2018 - 2030*. Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.
- Ali Khan, M., & Abu Ghararah, Z. (1991). New Approach of Estimating Energy Content of Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Engineering*.
- Ali Khan, M., & Abu Ghararah, Z. (1991). New Approach of Estimating Energy Content of Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Engineering*, 117(3). doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1991\)117:3\(376\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1991)117:3(376))
- CEPAL. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Chávez, C. (2016). CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA.
- Departamento Nacional de Planeación; Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá.
- Doménech, X. (1995). *Química del Suelo. El Impacto de los Contaminantes*. Madrid: Miraguano S.A ediciones.
- Emvarias SA ESP. (19 de 07 de 2023). *Horarios y frecuencias de recolección de residuos no aprovechables*. Obtenido de <https://emvarias.maps.arcgis.com/apps/Styleer/index.html?appid=773d0aa132ca430ea02af1f6285345a1>
- KUNITOSHI, S. (1998). *Método Sencillo de Análisis de los Residuos Sólidos*. Lima: CEPIS-OPS.
- KUNITOSHI, S. G. (1998). *Método Sencillo de Análisis de los Residuos Sólidos*. Lima: CEPIS - OPS.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077*. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2018). *RAS Título F - Sistemas de Aseo Urbano*. Bogotá D.C.
- Parra, M., Durango, J., & Mattar, S. (2002). Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por Salmonella. *Revista MVZ Córdoba*, 187-200.
- PNUD, FAO, & Gobierno Chile. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile.
- Sukru, A., & Ayanoglu, A. (212). Determination of higher heating values of biomass fuels. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 749-758.
- Universidad de Medellín. (2011). *Estudio de producción y caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial y por estrato socioeconómico de la ciudad de medellín y sus cinco corregimientos*. Medellín



