



**CONVENIO DE COFINANCIACIÓN
CD 1114 AMVA 2016**

**INFORME
PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
REGIONAL
PGIRS-R 2017-2030**

**LÍNEA BASE
GENERACIÓN**

**ACODAL SECCIONAL NOROCCIDENTE
DICIEMBRE DE 2017**



PERSONAL PARTICIPANTE

El presente Convenio de Cooperación “AUNAR ESFUERZOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL (PGIRS-R) Y EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS EMPRESARIALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES, ORGÁNICOS Y RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN”:

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

Eugenio Prieto Soto	Director
María del Pilar Restrepo Mesa	Subdirectora Ambiental
Diana Fernanda Castro Henao	Líder de Gestión Ambiental
Claudia Liliana Mendoza Salas	Profesional Universitaria_ Supervisora
Catalina Avendaño Roldán	Contratista_ Apoyo Supervisión

EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO DE ACODAL Seccional Noroccidente

Luis Aníbal Sepúlveda Villada	Director general
Gustavo de Jesús Cañas Mejía	Coordinador general metodología
Julio Cesar Cárdenas Veloth	Profesional especializado en coordinación técnica: aprovechamiento reciclable e inclusión, aprovechamiento orgánico, aprovechamiento RCD. sistemas de información y SIG
Alexander Alvarado Torres	Profesional especializado en coordinación técnica: aprovechamiento reciclable e inclusión, aprovechamiento orgánico, aprovechamiento RCD. sistemas de información y SIG
María Mónica Meléndrez Martínez	Ingeniera Sanitaria
Eduardo Antonio Restrepo Lagos	Ingeniero Ambiental
Sandra Milena Rodríguez Garcés	Ingeniero Ambiental
Jesica Andrea Garzón Silva	Auxiliar de ingeniería civil, sanitaria y/o ambiental
Laura Alejandra Sánchez Guarnizo	Auxiliar de ingeniería civil, sanitaria y/o ambiental
John Alejandro Ospina Ocampo	Auxiliar de ingeniería civil, sanitaria y/o ambiental
Lucas Arango Díaz	Profesional especializado en urbanismo-arquitectura y bioclimática
Luis Eduardo Pinedo Briceño	Auxiliar de arquitectura
Diego Andrés Agamez Berrio	Auxiliar de arquitectura
Carlos Arturo Hoyos Restrepo	Profesional especializado en SIG, sistemas, programación base de datos
Juan Carlos Benjumea	Profesional especialista en desarrollo institucional Esp y ley 142
Fernando Antonio Usuga Yepes	Profesional especialista en estructuración y evaluación de proyectos

Carlos Eduardo Parra Vargas	Profesional especializado en planeación urbano regional, geotecnia y/o geología ambiental
Mónica Lucia Álvarez Vélez	Socióloga
Alba Lila Álvarez Vélez	Auxiliar Social
Luis Miguel Correa Giraldo	Auxiliar Social
Piedad del Socorro Gómez	Agrónomo
Jonathan Mauricio Hernández Palacio	Biólogo
Luis Camilo Loaiza Durango	Profesional comunicaciones
Olga Patricia Mazo	Secretaria técnica
Jonathan Gallego	Técnico dibujante
Juan Carlos Benjumea	Asesor especializado: jurídico
Carlos Fernando Cadavid Retrepo	Asesor especializado: producción más limpia
Carlos Ordoñez	Asesor especializado: compostaje
Juan Carlos Muñoz Cano	Auxiliar de Sistemas
Gonzalo Sarmiento Chaverra	Auxiliar de Sistemas de información geográfica
Luis Albeiro Valencia Acevedo	Profesional ingeniero civil para diseño estructuras de proyectos por tipología



CONTENIDO

1 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	9
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	9
1.1.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL.....	9
1.1.2 SITUACIÓN NACIONAL	11
1.1.3 ANTECEDENTES REGIONALES DEL PGIRS-R-2005-2020	12
1.2 CONTEXTO NORMATIVO.....	13
1.3 CONTEXTO TÉCNICO.....	15
1.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE LÍNEA BASE	17
1.4.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	17
1.4.1.1 Manejo y acopio interno de los residuos	17
1.4.1.2 Recipientes usados para el almacenamiento y presentación de los residuos sólidos	18
1.4.1.2.1 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de los residuos ordinarios	18
1.4.1.2.2 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de los residuos reciclables y orgánicos.....	22
1.4.1.2.3 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de RCD	23
1.4.1.2.4 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de los residuos de barrido	24
1.4.1.3 Ubicación para la presentación de los residuos sólidos.....	24
1.4.1.4 Ubicación para presentación de los residuos sólidos en zonas de difícil acceso	26
1.4.2 CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS POR ACTIVIDAD DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO	28
1.4.3 PRODUCCIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS (PPC).....	34
1.4.3.1 PPC Global	34
1.4.3.1.1 Cálculo de la PPC Global	34
1.4.3.1.2 Comparación de la PPC según otras fuentes	36
1.4.3.2 PPC urbana	39
1.4.3.2.1 PPC urbana residencial.....	39
1.4.3.2.2 PPC urbana no residencial	50
1.4.3.2.3 PPC rural.....	51
1.4.3.2.4 Comparativo histórico de la PPC.....	52
1.4.4 PRODUCCIÓN POR SECTORES	54
1.4.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS.....	54
1.4.5.1 Caracterización física de los residuos en la fuente por sector geográfico del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	54
1.4.5.1.1 Composición física del sector residencial.....	54
1.4.5.1.2 Composición física del sector no residencial.....	58
1.4.5.2 Caracterización física de los residuos en el sitio de disposición final	62
1.4.6 DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL AMVA	69
1.4.6.1 Densidades de residuos sólidos del sector residencial urbano.....	69



1.4.6.2	Densidades de residuos sólidos del sector residencial rural	71
1.4.6.3	Densidades de residuos sólidos del sector urbano no residencial.....	72
1.4.7	POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO.....	73
1.4.8	SUSCRIPTORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO POR TIPO Y ESTRATO EN ÁREA URBANA	
	76	
1.5	BIBLIOGRAFÍA	78



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Flujo total de residuos en el Valle de Aburrá, 2005	12
Tabla 2 Flujo por tipo de residuos en el Valle de Aburrá 2005	13
Tabla 3 Presentación de residuos ordinarios	19
Tabla 4. Balance de generación de residuos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá – 2016	31
Tabla 5 Estimación de PPC Global al año 2016	35
Tabla 6 Valores de PPC para el municipio de Medellín por zona y por estrato socio económico en el año 1.998	37
Tabla 7 Valores históricos de PPC del Municipio de Medellín	38
Tabla 8 Participación porcentual de los diferentes sectores, en la generación de residuos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	39
Tabla 9 Participación de la zona urbana en el sector residencial	40
Tabla 10. Valores de PPC y generación de residuos residencial urbana por municipio, para el año 2016	40
Tabla 11 Generación de residuos sólidos urbanos residenciales por estrato para el 2016	41
Tabla 12 PPC urbana residencial estratificada de los municipios que pertenecen al AMVA al año 2016	42
Tabla 13 PPC de residuos orgánicos urbano-residenciales por estrato en el AMVA 2016	44
Tabla 14 PPC de residuos reciclables urbano-residenciales por estrato en el AMVA 2016	44
Tabla 15 PPC urbana no residencial de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá	50
Tabla 16. PPC para el sector no residencial del municipio de Medellín en el año 2015	51
Tabla 17 PPC del sector residencial rural al 2016	52
Tabla 18. Comparativo PPC de los municipios pertenecientes al AMVA	53
Tabla 19 Producción total de residuos por sectores en el AMVA	54
Tabla 20. Composición física porcentual del sector residencial, municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2015)	55
Tabla 21. Composición física porcentual del sector comercial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	58
Tabla 22. Composición física porcentual del sector industrial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	60
Tabla 23. Caracterización física porcentual del sector institucional para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	61
Tabla 24. Composición física porcentual de residuos caracterizados en el relleno sanitario La Pradera, según estudios realizados por el municipio de Medellín en los años 2009, 2011 y 2014	63
Tabla 25 Valor de mercado del material aprovechable dispuesto en el relleno sanitario 2016	67
Tabla 26 Composición física porcentual de residuos caracterizados en el relleno sanitario La Pradera, según estudios realizados por el municipio de Envigado en el año 2014.	68
Tabla 27 Densidad de los residuos sólidos urbanos residenciales	69
Tabla 28 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector rural residencial	71
Tabla 29 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector no residencial	73
Tabla 30 Suscriptores del servicio de aseo en el mes de Abril de 2016	77



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Temas desarrollados en el componente de generación de residuos sólidos ---	9
Ilustración 2 Mapa normativo generación de residuos sólidos -----	15
Ilustración 3 Diagrama de generación de residuos sólidos urbanos -----	16
Ilustración 4 Balance actual de residuos en el Valle de Aburrá para el cálculo de la generación de residuos sólidos -----	29
Ilustración 5 Metodología para el cálculo del potencial de aprovechamiento reciclable, orgánico y total para el AMVA-----	75

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Producción Per Cápita (PPC) Global -----	36
Mapa 2. Centroides de Generación de Residuos Sólidos Urbanos Residenciales-----	47
Mapa 3. Centroides de Generación de Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos Residenciales -----	48
Mapa 4. Centroides de Generación de Residuos Sólidos Reciclables Urbanos Residenciales-----	49
Mapa 5. Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá. -----	57

LISTAS DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Generación de residuos versus nivel de ingresos por país -----	10
Gráfica 2. Proyección de generación y gestión de residuos en las zonas urbanas y rurales en el país para el año 2030 -----	11
Gráfica 3 Generación total de residuos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá año 2016-----	33
Gráfica 4 Residuos reciclables aprovechados (RRA) por municipio 2016-----	34
Gráfica 5 Valores de PPC residencial histórica para el Municipio de Medellín -----	38
Gráfica 6 Generación urbana-residencial por estrato en el AMVA-----	42
Gráfica 7 PPC urbana residencial promedio por estrato en el AMVA 2016-----	43
Gráfica 8 Metodología utilizada para el cálculo de los centroides de generación de residuos sólidos urbanos- residenciales -----	46
Gráfica 9 Comparativo PPC-----	53
Gráfica 10 Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá. -----	56
Gráfica 11 Resumen de la composición física porcentual del sector residencial urbano, de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.-----	58
Gráfica 12 Composición física porcentual no residencial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. -----	62
Gráfica 13 Composición física porcentual de residuos caracterizados por el municipio de Medellín en el relleno sanitario La Pradera -----	65
Gráfica 14 Composición de los residuos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera ----	66



Gráfica 15 Comparativo en la composición física porcentual de residuos caracterizados por los municipios de Medellín y Envigado en el relleno sanitario La Pradera -----	68
Gráfica 16 Densidad promedio por estrato socioeconómico para el sector urbano residencial -----	70
Gráfica 17 Densidad promedio de los residuos sólidos urbanos residenciales generados por municipio.-----	70
Gráfica 18 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector rural residencial por estrato socioeconómico -----	71
Gráfica 19 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector residencial rural por municipio -----	72
Gráfica 20 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector no residencial. -----	73
Gráfica 21 Potencial de aprovechamiento -----	75

LISTA DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 1. Recolección manual de canecas y bolsas presentadas por los usuarios del servicio de aseo -----	22
Fotografía 2. Recolección de residuos orgánicos y reciclables -----	23
Fotografía 3. Presentación de RCD -----	23
Fotografía 4. Presentación de residuos de barrido -----	24
Fotografía 5. Residuos domiciliarios en cestas ubicadas para el uso de transeúntes y zonas públicas-----	25
Fotografía 6. Presentación de residuos sólidos en espacio público -----	25
Fotografía 7. Puntos improvisados para acopio y presentación de residuos sólidos en zonas de difícil acceso-----	27
Fotografía 8. Infraestructura construida para acopio y presentación de residuos sólidos en zonas de difícil acceso-----	28

1 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

1.1 Contextualización

Con el fin de determinar la generación de los residuos sólidos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se identifica el flujo de los mismos en cada uno de los componentes de la gestión para cada uno de los municipios, consolidando así información de los PGIRS municipales, del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI), de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), de diferentes estudios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, e información suministrada por diferentes gestores encontrados en la región, con el consecuente desarrollo de los temas que se esquematizan a continuación.

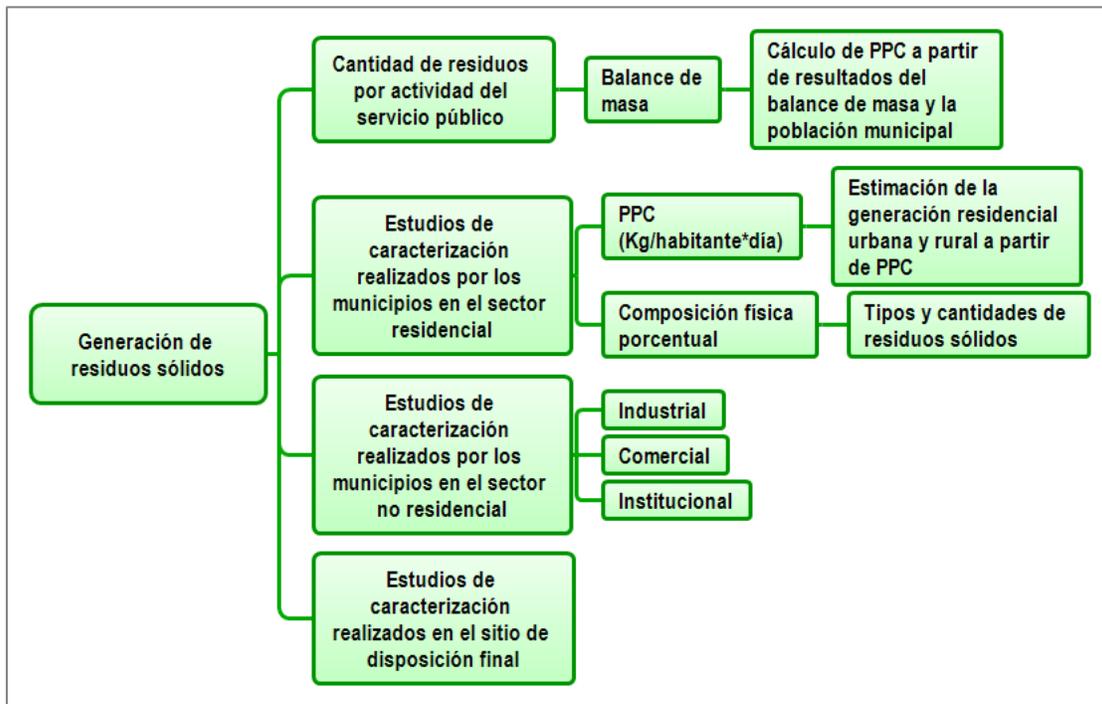
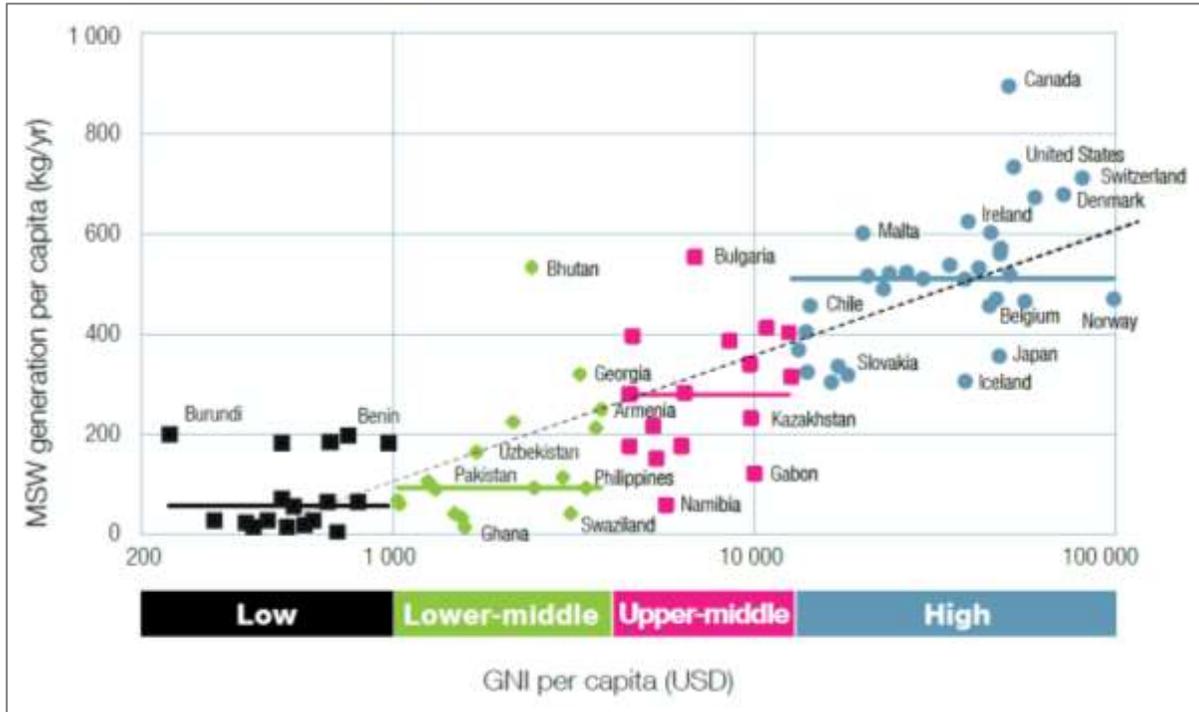


Ilustración 1. Temas desarrollados en el componente de generación de residuos sólidos

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

1.1.1 Situación internacional

Según el informe Global c, del United Nations Environment Programme (UNEP) y la International Solid Waste Association (ISWA), anualmente se producen en el mundo entre 7 y 10 billones de toneladas de residuos urbanos; esto considerando que las tasas de generación varían ampliamente entre los países (y al interior de estos), dependiendo de los ingresos, patrones socioculturales y factores climáticos. La siguiente figura muestra la relación entre la generación de residuos per cápita y los niveles de ingreso per cápita para 82 países, evidenciándose una fuerte correlación, entre estas.



Gráfica 1. Generación de residuos versus nivel de ingresos por país

Fuente: (UNEP, 2015).

Adicionalmente, una diferencia importante que se encuentra dicho estudio es la composición de los residuos generados. Un ejemplo es el contenido de fracciones orgánicas, las cuales son significativamente más altas en países con ingresos medios y bajos (con un promedio de 46 a 53%) que en los países de altos ingresos (con un promedio de 34%). Igualmente sucede con el porcentaje de los residuos de papel, el cual parece ser proporcional a los niveles de ingresos, aumentando constantemente desde el 6% en países de bajos ingresos, a través de 11% a 19% en países de ingresos medianos y 24% en países de altos ingresos.

Conocer esta diferencia en la composición de los residuos es importante para la selección de los sistemas de gestión, ya que afecta las características físicas generales de los mismos, tales como la densidad, el contenido de humedad y valor calorífico, que a su vez afecta la elección de la tecnología para la recolección y el tratamiento.

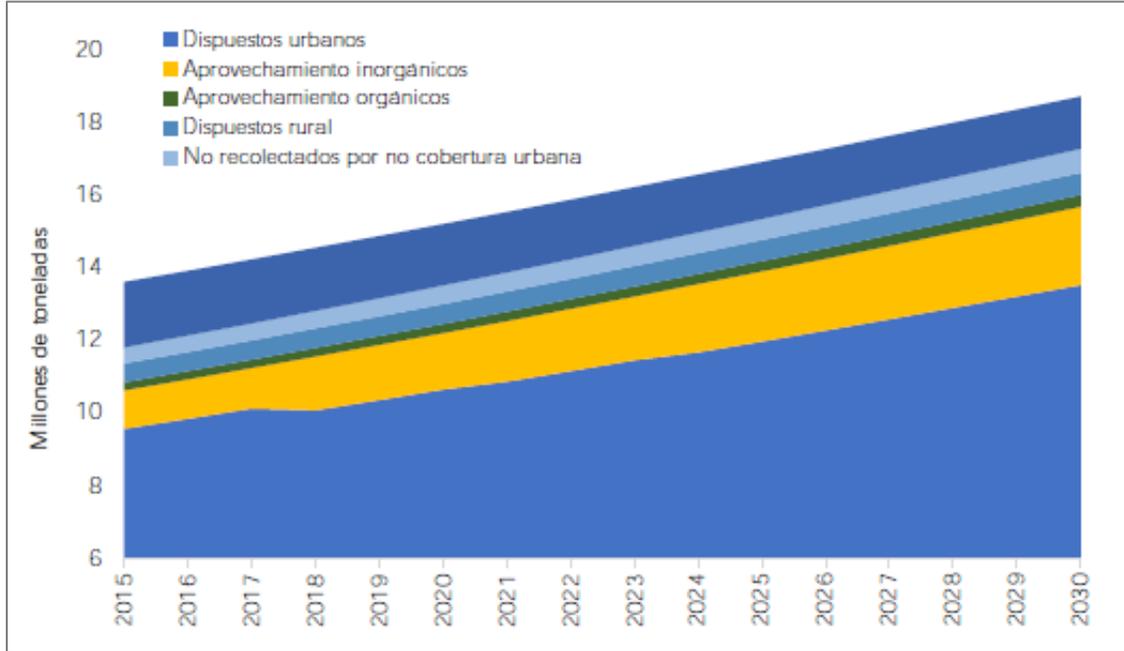
El contenido de papel, plásticos y otros materiales de empaque, por ejemplo, reducen significativamente la densidad aparente y aumentan el valor calorífico. La densidad reducida aumenta la necesidad de compactación durante la recolección para lograr cargas más altas y con mayor rendimiento económico, además mientras aumenta el contenido del empaque, aumentan también los valores caloríficos que hacen que la producción de energía a partir de los residuos, así como el reciclaje, sean más atractivos.

Por el contrario, encontrar niveles más altos de desechos orgánicos, como en el caso de los países de bajos ingresos, significa mayor humedad de los residuos, más densidad y menor valor calorífico, por lo que hay menor necesidad de compactación durante la recolección y se dificulta la incineración de RSU.

1.1.2 Situación nacional

De acuerdo con el Documento CONPES 3874/2016 (Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos), en 2035 Colombia tendrá 64 ciudades con más de 100.000 habitantes, lo que conllevará a que también se incremente la generación de residuos.

“Al respecto, en 2014 la generación de residuos sólidos urbanos y rurales se estimó en 13,8 millones de toneladas anuales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD], 2015); es decir, cerca de 283 kilogramos por persona/año”. Y de acuerdo a las estimaciones para el año 2030, en las zonas se generarán 18,74 millones de toneladas anuales (lo que significa cerca de 321 kilogramos por persona al año), de las cuales 14,2 millones deberán ser dispuestas en rellenos que no cuentan con la capacidad suficiente para recibirlos (Dirección Nacional de Planeación & Banco Mundial, 2014). A este ritmo, se presentará déficit de la capacidad instalada, estimada en 10,28 millones de toneladas para el 2030.



Gráfica 2. Proyección de generación y gestión de residuos en las zonas urbanas y rurales en el país para el año 2030

Fuente: (Dirección Nacional de Planeación & Banco Mundial, 2014)



A nivel departamental, según el Informe Anual sobre el Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente en Antioquia 2016-2017 de la Contraloría General de Antioquia, que recoge las cifras del DANE, para el año 2016 “*el departamento contó con una población de 3.084.962 habitantes, que generaron 574.819 ton/año de residuos sólidos, lo que da como resultado una generación de 0,51 kg día por habitante, cifra que comparada con el valor reportado del año 2015 de 0,47 kg./hab/día, presenta un incremento del 8,5% en la generación de residuos sólidos por habitante al día*” (Aunque para estos dato no se tuvo en cuenta los habitantes de los municipios de Bello, Medellín, Envigado e Itagüí).

Así mismo, según dicho estudio, “*los habitantes del Valle de Aburrá son los que más residuos sólidos generaron en un día, con 0,87 kg/hab/día*”

1.1.3 Antecedentes regionales del PGIRS-R-2005-2020

Según las estimaciones del PGIRS-R-2005, calculadas mediante balances e indicadores, se obtuvo para dicho año una generación de 72.905 ton/mes de residuos en el Valle de Aburrá, de las cuales, la mayoría tuvo como sitio de disposición final el relleno sanitario La Pradera (76,16%), mientras que 9.121 ton/mes (12,51%) fueron aprovechados o reincorporados a los ciclos productivos respectivos, a partir del trabajo realizado por los recicladores informales, algunas empresas y cooperativas de la región; el restante (11,34%) hace referencia a residuos incinerados y las pérdidas representadas en botaderos, residuos que son lanzados a las quebradas, sus retiros y zonas verdes. En la Tabla 1 y la Tabla 2 se presenta la información consolidada de generación de residuos para el Valle de Aburrá encontrada en el año 2005.

Tabla 1. Flujo total de residuos en el Valle de Aburrá, 2005.

Flujo de residuos	Valle de Aburrá Ton/mes	Porcentaje
Disposición Pradera	55.522	76,16%
Aprovechamiento	9.121	12,51%
Recogidos por las Empresas de aseo y llevados a escombreras, incluye 45,5 ton de residuos vegetales que van mezclados con escombros	4.664	6,40%
Recogidos para tratamiento	135	0,19%
Biomasa utilizada para la combustión en ladrilleras	1.402	1,92%
Pérdidas	2.060	2,83%
Generado	72.905	100,00%

Fuente: (CORANTIOQUIA & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005).

Estas cantidades correspondieron en 2005 a los diferentes tipos de generadores, como se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 2 Flujo por tipo de residuos en el Valle de Aburrá 2005.

Tipos de residuos	Generado (Ton/mes)	Aprovechado (Ton/mes)	Pérdidas (Ton/mes)	Disposición por las EPSAS en Escombreras (Ton/mes)	Tratamiento (Ton/mes)	Disposición en Ladrilleras (Ton/mes)	Disposición en Pradera (Ton/mes)
Residenciales	46.093,11	4.709,67	2.059,99	NR	NR	NR	39.323,45
Comerciales	7.542,16	1.336,30	NR	NR	NR	NR	6.205,86
Industriales	6.741,37	2554,12	NR	NR	NR	NR	4.187,25
Institucionales (excepto hospitalarios)	3.551,52	520,91	NR	NR	NR	NR	3.030,61
Barrido de áreas públicas	2.130,77	NR	NR	NR	NR	NR	2.130,77
Peligrosos no hospitalarios	689,05	NR	NR	NR	45	NR	644,05
Hospitalarios y similares	90,50	NR	NR	NR	90,5	NR	NR
Lodos		NR	NR	NR	NR	NR	NR
Limpieza de parques y jardines	1.447,94	NR	NR	45,51	NR	1.402,43	NR
Escombros reportados por las ESPD	4.618,54	NR	NR	4.618,54	NR	NR	NR
Agrícolas	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
TOTAL	72.904,96	9.121,00	2.059,99	4.664,05	135,50	1.402,43	55.521,99

Fuente: (CORANTIOQUIA & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005).

1.2 Contexto normativo

En el contexto normativo se encuentran diferentes definiciones de importancia en el análisis de la generación de los residuos; por su parte, el Decreto 2981 de 2013, compilado en el Decreto 1077 de 2015, define al generador como la persona que produce y presenta sus residuos sólidos al prestador del servicio público de aseo para su recolección, y por tanto es usuario.



El mismo decreto define la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) como el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento, teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización.

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2012 – Título F), por su parte, establece la metodología para la caracterización, definiéndola como la determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades. Para el cálculo de la producción diaria per cápita (PPC) puede utilizarse cualquier método técnicamente válido, ya sea recomendado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC o por estándares internacionales para determinarlo, considerando, al menos, las siguientes variables:

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

Según el mismo reglamento, la unidad de expresión de la generación de residuos sólidos, corresponde a la PPC en unidades de kilogramo por habitante por día (kg/hab/día), aunque pueden utilizarse unidades equivalentes.

Así mismo, la Resolución 754 de 2014 establece los parámetros que deben identificar en el componente de generación, para su medición y seguimiento.

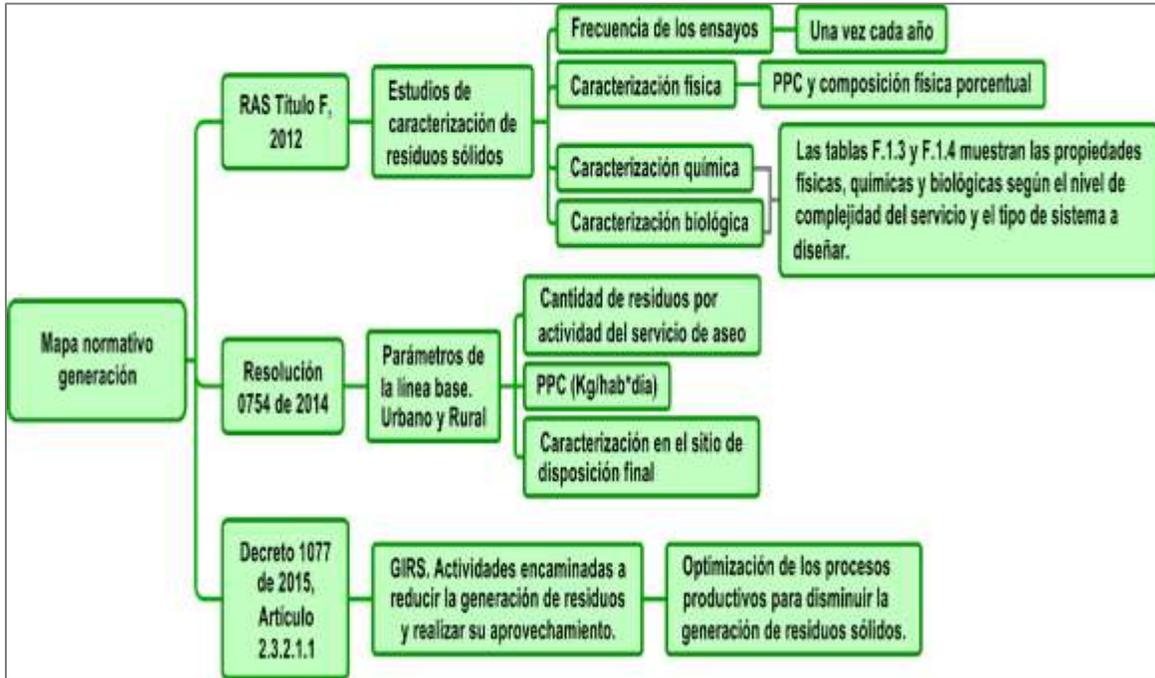


Ilustración 2 Mapa normativo generación de residuos sólidos

Fuente: Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2012, 2015; Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014.

1.3 Contexto técnico

Los residuos sólidos urbanos están compuestos por los residuos que son generados en el barrido y limpieza de vías y áreas públicas, en el corte de césped y poda de árboles de vías y áreas públicas y aquellos residuos de origen residencial, comercial, industrial e institucional. Parte de estos pueden ser aprovechados como residuos reciclables y/u orgánicos, otros por el contrario son recogidos y por el servicio ordinario de aseo para ser transportados a disposición final; estas corrientes de residuos se esquematizan en la siguiente ilustración, en la que se propone un flujo ideal donde los residuos de barrido y limpieza de vías y áreas públicas pueden ser aprovechados parcialmente mientras que los residuos de corte de césped y poda de árboles son aprovechados en su totalidad como residuos orgánicos.

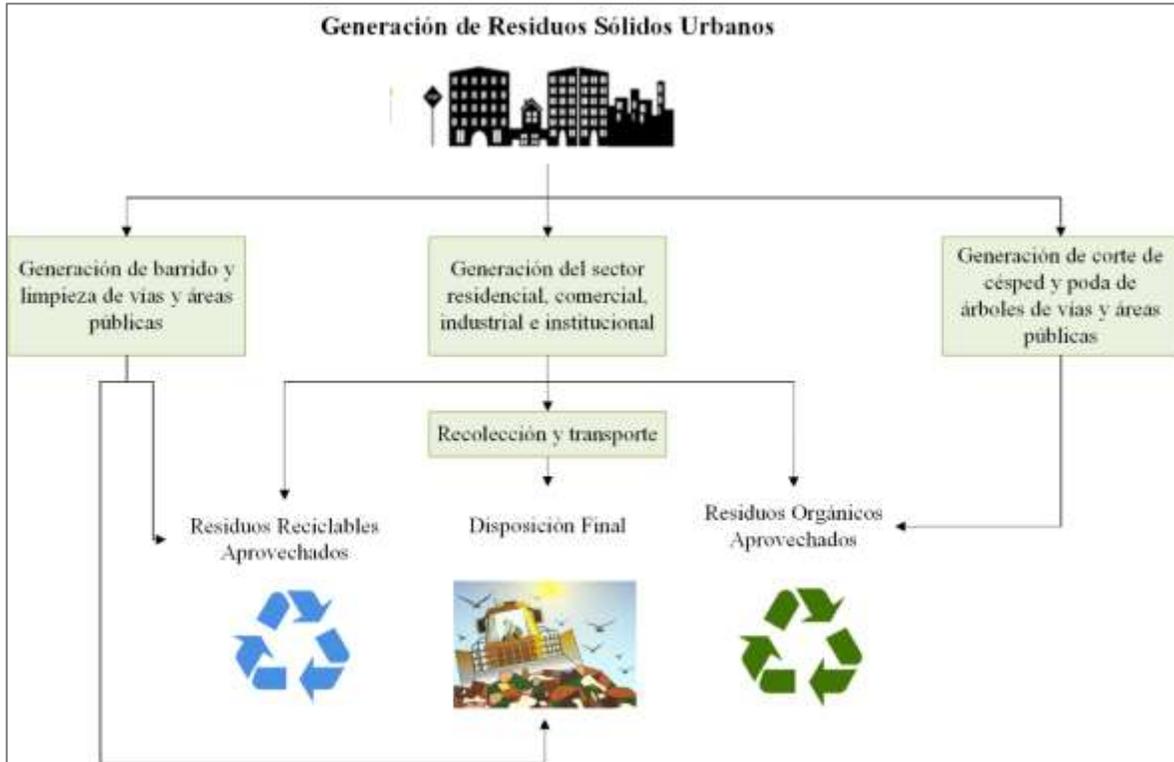


Ilustración 3 Diagrama de generación de residuos sólidos urbanos

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Para el cálculo de la generación de residuos sólidos urbanos, en un panorama ideal donde se realice el aprovechamiento del 100% de los residuos que son generados por el corte de césped y la poda de árboles y donde se aprovecha determinado porcentaje de residuos generados de la actividad de barrido y limpieza de áreas públicas, se puede emplear la ecuación que se muestra a continuación:

$$\text{Generación de residuos sólidos urbanos} = \text{Aprovechamiento} + \text{Disposición final}$$

Donde,

Aprovechamiento

$$= \text{Residuos Reciclables Aprovechados} \\ + \text{Residuos Orgánicos Aprovechados}$$

Disposición Final

$$= \text{R. de barrido y limpieza no aprovechados} \\ + \text{R. de recolección y transporte}$$

En la sección 1.4.2 del presente capítulo, se desarrolla el balance de masa para el cálculo de la cantidad de residuos que son generados actualmente en el Valle de Aburrá según los



flujos de residuos reales encontrados, además se evidencia que al momento no se está realizando aprovechamiento de los residuos de barrido y limpieza de áreas públicas y el aprovechamiento de los residuos generados en el corte de césped y poda de árboles no alcanza el 100%.

1.4 Análisis y resultados de los parámetros de línea base

1.4.1 Presentación de los residuos

La manipulación, separación y almacenamiento de los residuos sólidos en el origen puede tener un efecto sobre sus características y sobre la cadena de procesos siguientes, por lo cual es importante conocer las actividades asociadas, desde la generación, hasta que son colocados en los recipientes para su almacenamiento y presentación, para la recolección, sea ésta selectiva o no.

Es importante, establecer, si en los municipios del Valle de Aburrá, se desarrollan las actividades de separación en la fuente y recolección selectiva de manera planificada y diseñada, conforme a criterios y parámetros del PGIRS Municipal. Al respecto, en el momento de elaboración de este informe, los mayores avances, se dan para el sector residencial en barrios o zonas de municipios del Valle de Aburrá, con base en rutas asociadas con los trayectos realizados por los recicladores y algunas cooperativas de aprovechamiento de residuos reciclables. En los sectores comercial e industrial a pesar de no contar con un servicio público de recolección selectiva, tienen contratos con gestores especializados, encargados del aprovechamiento o tratamiento de la fracción orgánica principalmente.

1.4.1.1 Manejo y acopio interno de los residuos

En general, en el manejo de los residuos por parte de los diferentes tipos de usuarios (Pequeño, gran generador o multiusuario) no se hace reducción de volumen. En el sector residencial y comercial, los residuos generalmente son presentados en diversos tipos de recipientes tales como: bolsas recuperadas de color blanco o negro y cajas o canecas de diverso volumen, es decir, no existe patrones o estándares en el tipo de recipientes a utilizar. Los grandes generadores y multiusuarios recurren generalmente a la presentación en canecas de 55 galones y en algunos casos a contenedores con ruedas de 360 a 400 litros. En el sector comercial e industrial, algunos presentan sus residuos en cajas de 6-8 m³.

En general, puede afirmarse, que, en el Valle de Aburrá, no existen parámetros de volumen, tipo de material, forma, color, en los recipientes que se utilizan para el almacenamiento y presentación de los residuos. Esta variabilidad amerita, trazar metas hacia la estandarización en colores, tipo y volumen, para los pequeños, grandes generadores y multiusuarios, por tipos de residuos: no aprovechables, aprovechables reciclables y orgánicos, para lograr eficiencias en los costos de recolección.

Estas metas deben ser complementadas, con los acuerdos que genere a través del PGIRS-Regional, con proyectos como los proyectos como separación en la fuente y el Modelo



Educativo Regional Unificado, para lograr las economías de escala previstas en el PGIRS Regional y en las estrategias y políticas nacionales en materia de gestión integral de residuos.

Decisiones y acciones municipales a través de los Planes de Manejo Integral de Residuos (PMIRS), fomentados a través de acuerdos en Medellín, Itagüí y Envigado, fortalecen la promoción que viene haciendo el Área Metropolitana, a través de la “Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá, como instrumento de Autogestión y Autorregulación”, según Resolución 879 del 26 de septiembre del 2007. A través de esta figura se incentiva la separación en la fuente y el aprovechamiento, lo cual implica, además, la educación de los usuarios donde aplica principalmente, esta figura, como son: las urbanizaciones, plazas de mercado, centros comerciales y en general los grandes generadores.

En este ordenamiento de gestión, conlleva además, de procesos educativos, adecuaciones logísticas internas, como son los llamados centros de acopio donde se almacenan los residuos, los cuales deben cumplir requisitos técnicos y sanitarios, especialmente consignados en la Resoluciones de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA 233 y 247 del año 2002, de tal forma, que se garanticen las condiciones adecuadas para su almacenamiento.

En este sentido, los usuarios agrupados del servicio público de aseo o multiusuario, realizan el almacenamiento generalmente bajo techo, ya que como lo indica la norma deberá tener una unidad de almacenamiento de residuos sólidos provistas de elementos que eviten la humedad, el depósito de aguas lluvias, la dispersión de los residuos, el acceso de animales y la proliferación de vectores, entre otras características; siendo los usuarios, a través de las administraciones, los responsables de mantener aseadas, desinfectadas y fumigadas dichas unidades de almacenamiento.

1.4.1.2 Recipientes usados para el almacenamiento y presentación de los residuos sólidos

1.4.1.2.1 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de los residuos ordinarios

El Artículo 17 del Decreto 2981 de 2013, compilado en el Decreto 1077 de 2015, establece para los usuarios del servicio de aseo una serie de obligaciones referentes al almacenamiento y la presentación de residuos sólidos. Y aunque recomienda que la misma se realice en recipientes retornables, estipula que es el PGIRS el que debe establecer el tipo de recipientes en que deba realizarse la presentación, de tal forma que su forma, peso y volumen esté acorde con la tecnología utilizada para su recolección y facilite la actividad por parte del prestador.

Actualmente, a lo largo del Valle de Aburrá se identifica el uso de diferentes tipos de recipientes, ya que en gran parte los tipos y capacidades de los contenedores utilizados

dependen de las características y tipos de residuos sólidos que hay que recoger, de la frecuencia de la recolección y del espacio disponible para colocarlos, presentándose ciertas particularidades en función del tipo de generador. En la siguiente Tabla se da un resumen de los tipos de los contenedores más frecuentemente utilizados en la actualidad para el almacenamiento de los RSU ordinarios.

Tabla 3 Presentación de residuos ordinarios.

Origen	Recipientes más frecuentes	Foto
Residencial Casa aislada	Bolsas plásticas de diversos colores	
Residencial Edificio	Bolsas plásticas a veces contenidas en canecas (uso de conductos de gravedad "shut")	

Origen	Recipientes más frecuentes	Foto
Residencial Conjunto cerrado	Bolsas plásticas contenidas en canecas (uso de conductos de gravedad “shut”)	
Institucional	Contenedores plásticos y metálicos (con ruedas)	
Comercial	Contenedores plásticos y/o metálicos (con ruedas), cajas estacionarias	

Origen	Recipientes más frecuentes	Foto
Industrial	Contenedores plásticos y metálicos (con ruedas), cajas estacionarias	

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

En el sector residencial se observa con mayor frecuencia el almacenamiento y presentación individual de los residuos en bolsas plásticas. Este número de bolsas varía conforme a la cantidad de residuos que genera cada vivienda teniendo en cuenta a su vez que la frecuencia de recolección es de 2 veces por semana. En edificios y conjuntos residenciales, es común el uso de ductos de evacuación, por lo que los residuos de cada vivienda son igualmente empacados en recipientes no retornables tipo bolsa plásticas, que posteriormente son reunidos en canecas o cajas estacionarias colectivas para su acopio y presentación; al igual que sucede con los generadores comerciales, institucionales e industriales donde las canecas y cajas estacionarias muchas veces reúnen las bosas plásticas con los residuos generados en diferentes locales o áreas.

En general, el uso de bolsas plásticas para almacenamiento y presentación de los residuos sólidos encontradas en el Valle de Aburrá no obedece a ningún código de color específico dado que en el mismo espacio se encuentran diversidad de colores para todos los tipo de residuos; sin embargo, se cumple con algunas de las características requerida por el artículo 18 del Decreto 2981 de 2013 para los recipientes no retornables en cuanto a la seguridad, higiene y facilidad para su cierre o amarre, aunque algunas veces el material puede no ser lo suficientemente resistente para soportar su manipulación.

En cuanto a los recipientes retornables usados para almacenamiento y presentación de los residuos sólidos, estos por lo general son plásticos o metálicos cumpliendo con los requerimientos de la norma de ser de material resistente, soportar la tensión ejercida por los residuos sólidos contenidos y por su manipulación y evitar la fuga de residuos o fluidos. Sin embargo, algunas veces por parte de los grandes generadores de residuos (unidades residenciales), se evidencia un peso superior a los 50 Kg que según la misma norma no debería ser superado en los casos de manipulación manual de los recipientes.



Fotografía 1. Recolección manual de canecas y bolsas presentadas por los usuarios del servicio de aseo.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

1.4.1.2.2 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de los residuos reciclables y orgánicos

Exceptuando algunos generadores de residuos orgánicos que hacen la entrega de éstos a gestores especializados, en el Valle de Aburrá son muy pocos los sectores en que se realiza recolección diferenciada para los residuos orgánicos, ésta sólo se tiene identificada en pequeñas zonas atendidas por organizaciones ambientales que por lo general operan bajo contratos con la administración municipal. Del mismo modo, los residuos reciclables cuentan con recolección diferenciada solo en algunas zonas donde organizaciones de recicladores o empresas que están incursionando en este servicio, hacen la recolección. En estos casos los residuos aprovechables, al igual que sucede con los ordinarios se entregan en bolsas plásticas sin ningún código de color en particular, adicionalmente aún se encuentran usuarios que al no realizar la separación de residuos en la fuente presentan conjuntamente todas las fracciones de residuos mezcladas para su posterior selección por parte de recicladores en el momento previo al paso del vehículo de la empresa de aseo.



Fotografía 2. Recolección de residuos orgánicos y reciclables.

Fuente: (COROLAS, 2017).

1.4.1.2.3 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de RCD

Los residuos de demolición y construcción (RCD) generados como producto de reparaciones locativas en el sector residencial, por lo general se encuentran empacados en costales, que son ubicados en el andén del generador, ya sea para que sean recogidos por la empresa de aseo, por el servicio de recolección especial o por moto cargueros. Dada la actividad que genera estos residuos su presentación es esporádica y depende del punto de generación; sin embargo, en Medellín se evidencian algunos puntos donde se dejan estos residuos de manera permanente para que sean recogidos durante las actividades de limpieza que realiza la administración municipal.



Fotografía 3. Presentación de RCD.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

1.4.1.2.4 Recipientes usados para almacenamiento y presentación de los residuos de barrido

Los residuos del barrido y limpieza de vías y áreas públicas se recogen en bolsas plásticas que una vez llenas, se colocan en la ruta, para que posteriormente el vehículo encargado de la recolección las recoja y se dirija hacia el sitio de disposición final.

El vehículo que las recoge pasa dentro del transcurso de las ocho horas siguientes, buscando que estas permanezcan en la vía el menor tiempo posible. La operación coordina la recolección domiciliaria con el barrido dependiendo de la frecuencia.

Estas bolsas tienen colores establecido para cada empresa prestadora del servicio, siendo diferentes entre sí como se muestra a continuación.



Fotografía 4. Presentación de residuos de barrido.

Fuente: (Alcaldía de Envigado, 2017).

1.4.1.3 Ubicación para la presentación de los residuos sólidos

La presentación de los residuos sólidos es la actividad del usuario de colocar los residuos sólidos debidamente almacenados, para la recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo, la cual debe evitar la obstrucción peatonal o vehicular, de tal manera que se facilite el acceso para los vehículos y personas encargadas de la recolección y la fácil limpieza en caso de presentarse derrames accidentales. Siendo el propietario de la casa o inquilino es el responsable de transportar los contenedores llenos de residuos a la acera de la calle para su recogida.

En concordancia con el Decreto 2981 de 2013, compilado en el Decreto 1077 de 2015, los usuarios agrupados o multiusuarios hacen la presentación de los residuos sobre la vía pública o en la unidad de almacenamiento cuando las condiciones técnicas así lo permiten; los demás usuarios hacen la presentación de los residuos en el andén del inmueble. Aunque en ocasiones algunos usuarios equivocadamente presentan los residuos residenciales en las

cestas ubicadas en andenes y zonas públicas, entre los que se destacan los vendedores informales estacionarios, quienes ofrecen sus bienes en el espacio público y que por lo general recogen sus elementos de trabajo en ciertos horarios dejando los residuos generados por su actividad económica en el espacio público.



Fotografía 5. Residuos domiciliarios en cestas ubicadas para el uso de transeúntes y zonas públicas.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Algunos incumplimientos de la normatividad se presentan por la presentación de los residuos en separadores viales y las dificultades por la obstrucción de paso peatonal en andenes y de bicicletas en las ciclo vías.



Fotografía 6. Presentación de residuos sólidos en espacio público.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.



Dado que el horario de recolección es diferente para cada zona, igualmente lo es el horario de presentación de los residuos por parte del generador, evidenciándose zonas con alto cumplimiento de la norma donde no se sobrepasan las 3 horas de antelación a la recolección, así como zonas como usuarios con incumplimiento de la norma donde el lapso de tiempo supera el establecido.

1.4.1.4 Ubicación para presentación de los residuos sólidos en zonas de difícil acceso

Según la misma norma, en el caso de urbanizaciones, barrios o agrupaciones de viviendas y/o demás predios que por sus condiciones impiden la circulación de vehículos de recolección, los usuarios están en la obligación de trasladar los residuos sólidos hasta el sitio determinado por la persona prestadora del servicio público de aseo, particularidad que deberá reflejarse en menores tarifas.

Para el valle de Aburrá, esto se evidencia en algunos sectores donde por las características topográficas o constructivas no es posible el paso del vehículo recolector y la recolección se realiza en la zona más cercana en la que se pueda darse el paso del vehículo recolector donde se improvisa un punto de acopio de residuos sobre el andén sin ningún tipo de infraestructura o control.

Específicamente en el municipio de Medellín, en algunos de estos casos la estrategia de recolección que ha adoptado la empresa prestadora del servicio, ha sido ofrecer contratos de trabajo para los habitantes de estos barrios, a través de los distintos consejos comunitarios, a fin de que sean estos quienes apoyen la recogida manual de la basura en carretas para llevarla a centros de acopio temporal donde los vehículos recolectores pueden acceder sin peligro.

En otras zonas de difícil acceso es cada usuario quien debe trasladar sus residuos hasta un punto usado como acopio. Esta situación genera una gran problemática de salubridad puesto que estos sitios se reconocen por la comunidad como punto de entrega de residuos, pero por la falta de cultura de la ciudadanía e imposibilidad de desplazamiento en el horario de paso del vehículo recolector, los residuos se sacan de manera anticipada sin importar el tiempo que transcurra hasta su recolección por parte de la empresa recolectora, convirtiendo los puntos de acopio en puntos críticos transitorios que son evacuados cada vez que pasa el vehículo recolector.

Estos puntos permanezcan con acumulación de residuos permanentemente ya que una vez se hace la recolección de inmediato se inicia la nueva acumulación de residuos hasta su próxima recolección. Este hecho se agrava además dado que tampoco se conocen los tipos de residuos que deben dejarse allí dejando en el punto escombros y residuos especiales como muebles y colchones que no son recogidos por el servicio de aseo, y hacen que con el tiempo estos se conviertan en puntos críticos permanentes.



Fotografía 7. Puntos improvisados para acopio y presentación de residuos sólidos en zonas de difícil acceso.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Ante esta problemática en el municipio de Medellín se han construido algunos puntos de acopio de residuos a manera de contenedores hechos de ladrillo y cemento; aunque no siempre han dado buenos resultados debido a la falta de educación en el manejo de éstos hacia los usuarios, quienes consideran que éstos son puntos admitidos para acopio de residuos y que por tanto pueden ser usados cualquier día y cualquier hora, muchas veces sin hacer el debido empaque de los residuos, lo cual convierte estas casetas en sitios de proliferación de vectores y malos olores.

Adicionalmente, estos puntos no cuentan con compartimento para la separación de materiales aprovechables en el lugar de origen, por lo que en ocasiones algunas personas en busca de materiales reciclables rompen las bolsas que los contienen esparciendo los residuos y dificultando la recogida por parte del vehículo.



Fotografía 8. Infraestructura construida para acopio y presentación de residuos sólidos en zonas de difícil acceso

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

1.4.2 Cantidad de residuos generados por actividad del servicio público de aseo

De acuerdo con el flujo de residuos identificado en el Valle de Aburrá, el cálculo de la generación total de residuos actuales se realiza mediante la suma de los residuos que llegan a disposición final y los residuos que están siendo aprovechados (orgánicos y reciclables), esto teniendo en cuenta que los residuos gestionados en otros componentes como corte de césped, poda de árboles, barrido, recolección y transporte, llegan finalmente a uno de estos componentes como se muestra en la Ilustración 4. Lo anterior se presenta además en las siguientes ecuaciones.

$$\text{Generación de residuos sólidos urbanos} = \text{Aprovechamiento} + \text{Disposición final}$$

Donde:

$$\text{Aprovechamiento} = \text{Residuos Reciclables} + \text{Residuos Orgánicos}$$

Disposición final = Recolección y transporte + Barrido + Corte de césped y poda

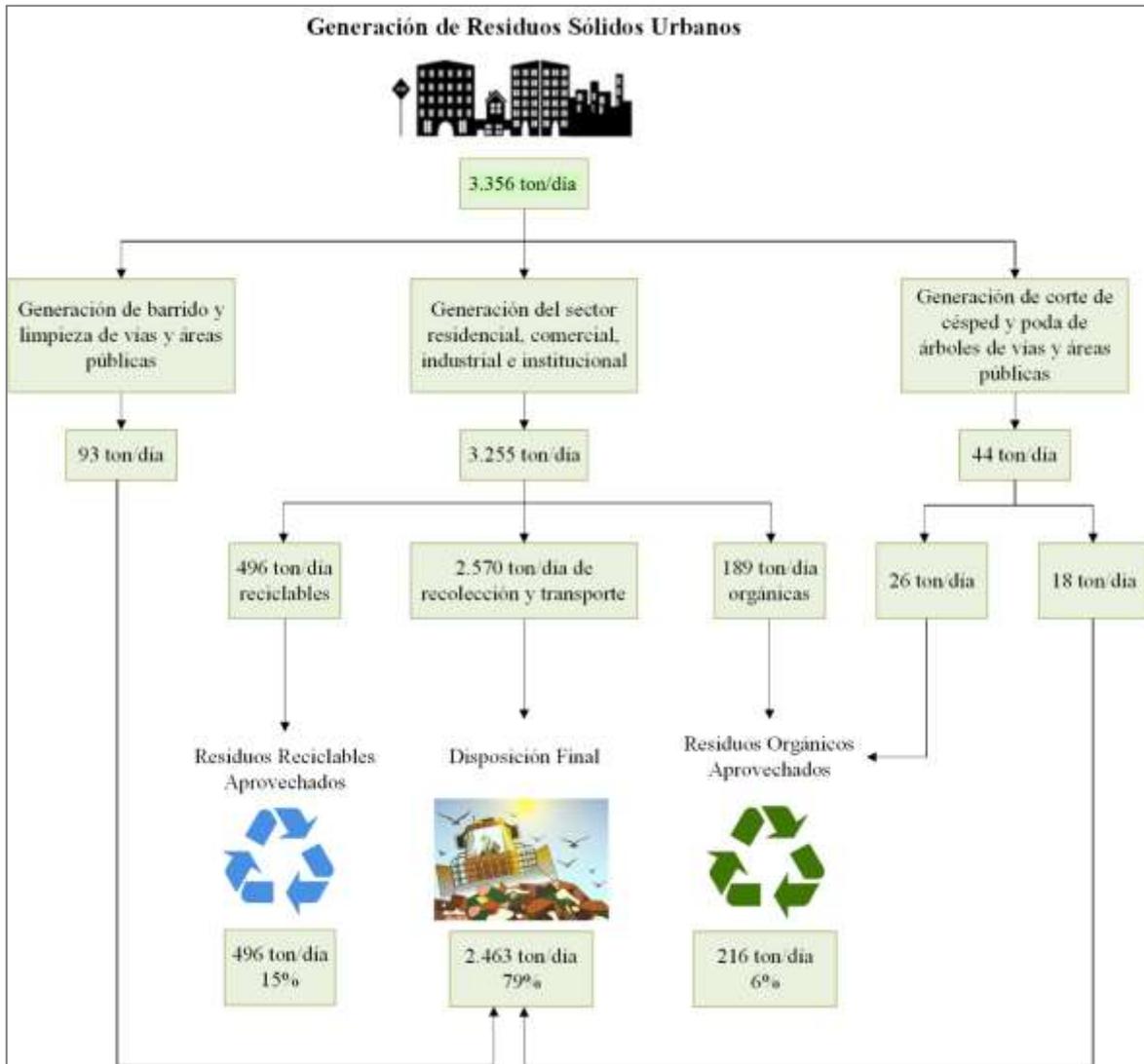


Ilustración 4 Balance actual de residuos en el Valle de Aburrá para el cálculo de la generación de residuos sólidos.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

En la Tabla 4 se presenta el balance de masas del Valle de Aburrá para el año 2016, a partir del cual se obtiene que las cifras de los residuos dispuestos por los 10 municipios, mediante la técnica de relleno sanitario, que han sido registradas por báscula y registradas en el SUI, corresponden a 2.643 ton/día. Para el mismo año, los residuos reciclables aprovechados llegaron a 496 ton/día, mientras que los residuos orgánicos aprovechados llegan a 216 ton/día, según información suministrada por gestores de aprovechamiento de residuos, identificados en Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



De este modo, para cuantificar el total de residuos generados se tiene la suma de los residuos dispuestos en el relleno sanitario y los residuos aprovechados, obteniéndose así un valor total de generación de 3.356 ton/día equivalente a 101.767 ton/mes (sin incluir RCD ni RESPEL), valor generado entre los sectores residencial, comercial, industrial, institucional, barrido de áreas públicas, corte de césped y poda de árboles.

Las cantidades de residuos generadas en las actividades de barrido, se retoman a partir del SUI, mientras que los valores de residuos generados en las actividades de poda de césped y corte de árboles, se retoman de la Guía para el Manejo de los Productos de Tala Poda y Rocería del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, por considerarse que corresponde a las cifras de mayor confiabilidad que se tienen, afectando este valor con la información de aprovechamiento del mismo que reportaron los PGIRS municipales.

Otras cantidades de residuos presentes en los flujos encontrados, como las cantidades de residuos de escombros y residuos peligrosos, no se incluyen en el presente análisis debido a que su manejo y se realiza de manera diferenciada.

Según este balance, los residuos con mayor participación son los que llegan a disposición final, que al ser relacionados con la generación total, constituyen el 78,8%; mientras que el cociente entre residuos aprovechados (incluyendo orgánicos y reciclables) y el total de residuos generados, arroja que el 21,2% de los residuos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá están siendo aprovechados.

Según estos resultados, la cantidad de residuos generados en 2016 (101.767 ton/mes) supera la proyección que se tenía estimada para dicho año, según el PGIRS-R 2005 en la cual se reportaba un valor de generación total esperada de 82.601,56 ton/mes.

Así mismo, frente a la cantidad de residuos generada en el 2005 (72.905 ton/mes), se tiene un incremento de 28.862 ton/mes, es decir que en ese periodo la cantidad diaria de residuos se incrementó en 926 toneladas.



Tabla 4. Balance de generación de residuos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá – 2016.

Código	Municipio	Residuos aprovechados				Residuos dispuestos en relleno sanitario					Total Generación	
		(A)				(B)					(A+B)	
		Aprovechamiento de Residuos Orgánicos (Ton/día) ¹	Aprovechamiento de Residuos Reciclables (Ton/día) ²	Residuos corte de césped y poda de árboles aprovechados (Ton/día) ³	Total residuos aprovechados (Ton/día)	Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas (Ton/día) ⁴	Recolección y Transporte (Ton/día) ⁵	Corte de césped y poda de árboles en relleno sanitario (Ton/mes) ⁶	Total residuos dispuestos (Ton/mes) ⁷	Generación (Ton/día)	Porcentaje (%)	
079	Barbosa	19,4	1	0,3	21	1	20	0,0	21	42	1,25%	
308	Girardota	2,3	0,6	0,0	3	1	29	0,5	30	33	0,98%	
212	Copacabana	11,3	7,1	0,4	19	1	41	0,0	41	60	1,79%	
88	Bello	29	32,4	0,0	61	5	254	2,2	257	319	9,51%	
001	Medellín	77,9	416,4	24,8	519	61	1617	8	1663	2182	65,02%	
360	Itagüí	11	12,8	0,0	24	8	253	2,5	260	284	8,46%	
266	Envigado	3,1	16,3	0,0	19	13	200	2,8	213	233	6,94%	
631	Sabaneta	1,3	1,7	0,9	4	1	62	0,0	62	66	1,97%	
380	La Estrella	6,1	0	0,0	6	1	54	0,9	55	61	1,82%	
129	Caldas	28	8,1	0,0	36	1	40	0,6	41	77	2,29%	

¹ Información suministrada por gestores

² Información suministrada por compra-ventas en los PGIRS municipales

³ Información calculada según los datos de generación encontrados en la "Guía para el manejo de los productos de tala, poda y rocería" del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y teniendo en cuenta los municipios que reportaron aprovechamiento en los PGIRS municipales.

⁴ SUI

⁵ Calculada

⁶ Información calculada según los datos de generación encontrados en la "Guía para el manejo de los productos de tala, poda y rocería" del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y teniendo en cuenta los municipios que reportaron aprovechamiento en los PGIRS municipales.

⁷ SUI



Aunar esfuerzos para la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS-R) y el desarrollo de prototipos empresariales para la Gestión de Residuos Reciclables, Orgánicos y Residuos de Construcción y Demolición
 Convenio de Cofinanciación CD 1114 DE 2016.



Código	Municipio	Residuos aprovechados					Residuos dispuestos en relleno sanitario				Total Generación	
		(A)					(B)				(A+B)	
		Aprovechamiento de Residuos Orgánicos (Ton/día) ¹	Aprovechamiento de Residuos Reciclables (Ton/día) ²	Residuos corte de césped y poda de árboles aprovechados (Ton/día) ³	Total residuos aprovechados (Ton/día)	Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas (Ton/día) ⁴	Recolección y Transporte (Ton/día) ⁵	Corte de césped y poda de árboles en relleno sanitario (Ton/mes) ⁶	Total residuos dispuestos (Ton/mes) ⁷	Generación (Ton/día)	Porcentaje (%)	
Total	AMVA	189	496	26	712	93	2.570	18	2.643	3.356	100,0%	
Porcentaje		5,6%	14,8%	0,8%	21,2%	2,8%	76,6%	0,5%	78,8%	100,0%		

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-20.

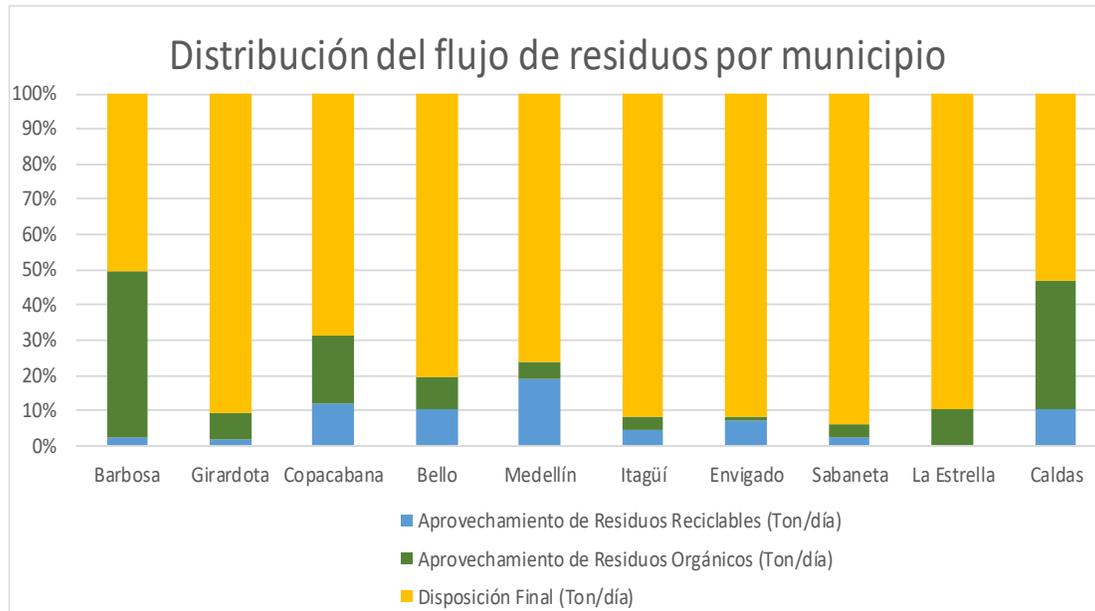
En la Gráfica 3 se presenta la participación de los municipios en la generación de residuos, donde se evidencia que Medellín es el que mayor aporte hace en la generación de residuos en el Área Metropolitana correspondiendo al 65% del total de residuos generados en la región, seguido por los municipios de Bello (9,5%), Itagüí (8,5%), y Envigado (6,9%).



Gráfica 3 Generación total de residuos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá año 2016.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

En la Gráfica 4 se presenta la distribución de residuos por municipio, donde se evidencia el alto porcentaje de residuos que se envían al relleno sanitario y una menor fracción del aprovechamiento de residuos reciclables y orgánicos.



Gráfica 4 Residuos reciclables aprovechados (RRA) por municipio 2016

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

1.4.3 Producción Per Cápita de Residuos (PPC)

1.4.3.1 PPC Global

1.4.3.1.1 Cálculo de la PPC Global

El título F del RAS presenta la metodología para la estimación del valor de la PPC, a partir de los datos de cantidad de residuos recolectada y transportada al sistema de disposición final por el prestador del servicio, más la cantidad de otros como los aprovechados, es decir, a partir de los datos de generación total hallados en el balance de masas de la Tabla 4, valor que se divide entre la población de cada municipio, según los datos oficiales proyectados por el DANE, para finalmente hallar los indicadores de PPC total municipal en kg/hab.día, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 5 Estimación de PPC Global al año 2016

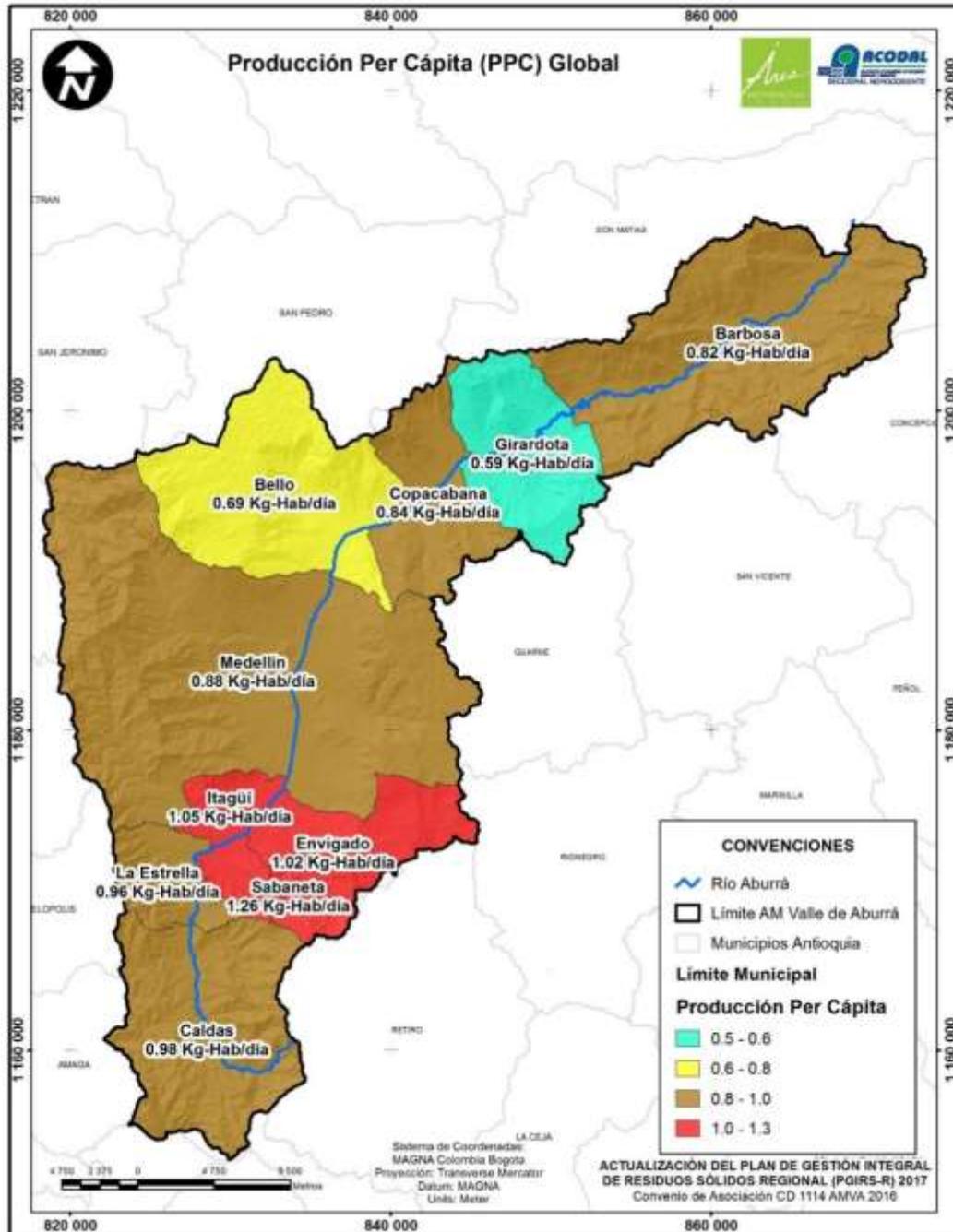
COD	Municipios	Generación (Ton/día)	Habitantes TOTALES	PPC (Kg/habitantes*día)	Nivel de complejidad	Rango según Título F RAS
079	Barbosa	41,66	50.836	0,82	Medio alto	0,30 - 1,00
308	Girardota	32,55	55.490	0,59	Medio alto	0,30 - 1,00
212	Copacabana	59,77	71.035	0,84	Alto	0,44 - 1,10
88	Bello	318,63	464.614	0,69	Alto	0,44 - 1,10
001	Medellín	2.182,27	2.486.723	0,88	Alto	0,44 - 1,10
360	Itagüí	284,12	270.903	1,05	Alto	0,44 - 1,10
266	Envigado	232,55	227.644	1,02	Alto	0,44 - 1,10
631	Sabaneta	66,06	52.554	1,26	Medio alto	0,30 - 1,00
380	La Estrella	60,77	63.335	0,96	Medio alto	0,30 - 1,00
129	Caldas	77,15	78.756	0,98	Alto	0,44 - 1,10
-	AMVA	3.356	3.821.890	0,88	Alto	0,44 - 1,10

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Según estos resultados, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se encuentran PPC globales que van desde 0,59 kg/hab.día hasta 1.26 kg/hab.día, estos resultados se comparan con los rangos esperados para cada municipio según su nivel de complejidad, como lo establece el RAS, hallando que el 90% de los valores de PPC estimados están dentro de esos rangos, exceptuando el municipio de Sabaneta (1,26 kg/hab.día), en el cual se sobrepasa el valor máximo del rango (1,10 y 1,00 kg/hab.día respectivamente) como resultado de los altos valores de residuos generados, que en parte se afectan por el reporte de aprovechamiento que hacen los gestores ubicados en su jurisdicción, por un crecimiento demográfico mayor al proyectado o por una capacidad económica mayor a la complejidad estimada, ya que la asignación de este nivel depende tanto del número de habitantes, como de la capacidad económica de la población.

En este sentido, al revisar los valores de generación de residuos de Sabaneta (66 toneladas/día) con otros municipios como La Estrella (61 toneladas/día) y Girardota (33 toneladas/día), frente a sus datos de población, se evidencia que Sabaneta (con 52.554 habitantes), presenta una mayor generación de residuos pese a contar con una población inferior a la de La Estrella (63.335 habitantes) y Girardota (55.490 habitantes), lo que ratifica el análisis anterior; dado que es evidente el crecimiento poblacional de Sabaneta por el auge constructivo de los últimos años, situación que pudo no estar prevista en las proyecciones poblacionales del DANE a partir de las cuales se hicieron los cálculos de PPC, por lo que puede hacer una subvaloración de la misma.

En el siguiente Mapa se muestra la distribución en el territorio de la PPC por municipios.



Mapa 1. Producción Per Cápita (PPC) Global
Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

1.4.3.1.2 Comparación de la PPC en Medellín

Para el municipio de Medellín en el año 1998 EMVARIAS S.A E.S.P y la Universidad de Antioquia desarrollaron los "Estudios, diseños y optimización del sistema de producción,

caracterización, recolección y transporte de los desechos sólidos para el Municipio de Medellín y sus Cinco (5) Corregimientos (SIAM₅)", donde se hallaron valores de PPC para cada zona de prestación del servicio en los diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad, como se muestra a continuación.

Tabla 6. Valores de PPC para el municipio de Medellín por zona y por estrato socio económico en el año 1.998

Zonas	PPC residencial (kg/habitante*día)					
	Estratos Socioeconómicos					
	1	2	3	4	5	6
1	0,310	0,312	0,383	0,518	0,561	0,511
2	0,310	0,312	0,383	0,518	0,561	0,511
3	0,310	0,312	0,383	0,518	0,561	0,511
4	0,364	0,407	0,465	0,518	0,561	0,511
5	0,291	0,291	0,398	0,44	0,44	0,57
6	0,364	0,407	0,465	0,518	0,561	0,511
7	0,364	0,407	0,546	0,595	0,783	0,783

Fuente: (Empresas Varias de Medellín E.S.P. & Universidad de Antioquia, 2005).

De la Tabla anterior se puede inferir que casi todos los valores se encontraron por debajo de 0,53 kg/hab.día, establecida como media para Medellín para el año 1998.

Posteriormente la Universidad de Medellín realizó estudios de caracterización en los años 2006, 2009, 2011 y 2015, hallándose que la PPC residencial de la ciudad presentó un incremento entre los años 2006 (0,39 Kg/hab.día), 2009 (0,45 Kg/hab.día) y 2011 (0,54 Kg/hab.día), sin embargo, dicho indicador disminuyó para el año 2015 (0,50 Kg/hab.día)

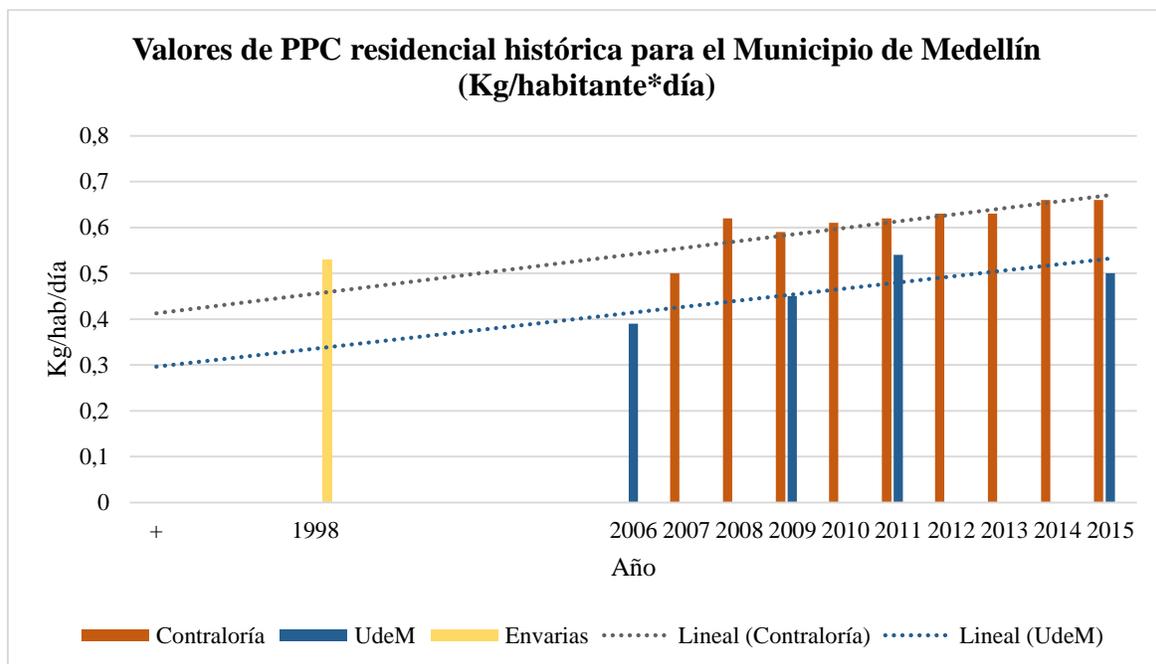
Adicionalmente, durante varios años, la Contraloría General de Medellín a hallado los indicadores de PPC total año a año, cuyos resultados muestran coherencia con los valores presentados por la Universidad de Medellín para la PPC residencial, dado que en ambas mediciones se evidencia una tendencia de crecimiento en la producción de residuos para los últimos años, siendo los valores de PPC total mayores a los hallados para la PPC residencial.

La Tabla 7, resume los resultados de PPC para los diferentes estudios de caracterización realizados en Medellín, aunque es importante aclarar que, aunque los estudios de los años 2006, 2009, 2011 y 2015 fueron realizados bajo una misma metodología estadística, los demás estudios han utilizado otras diferentes.

Tabla 7 Valores históricos de PPC del Municipio de Medellín.

Año	PPC Media (kg/habitante*día)		
	EMVARIAS	U. de M.	Contraloría
1998	0,53		
2005			
2006		0,39	
2007			0,50
2008			0,62
2009		0,45	0,59
2010			0,61
2011		0,54	0,62
2012			0,63
2013			0,63
2014			0,66
2015		0,5	0,66

Fuente: (Alcaldía de Medellín & Universidad de Medellín, 2015; Contraloría General de Medellín, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016; Universidad de Medellín & Alcaldía de Medellín, 2015b)



Gráfica 5 .Valores de PPC residencial histórica para el Municipio de Medellín

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

1.4.3.2 PPC urbana

Dado que los PGIRS municipales no reportan información sobre la proporción de residuos que se genera por sectores, los datos de participación de cada uno de estos se calculan desde las proyecciones realizadas para el año 2016 en el PGIRS-R 2005. En la siguiente Tabla se distribuye la generación total encontrada, para los diferentes sectores del área urbana de los municipios de Valle de Aburrá.

Tabla 8 .Participación porcentual de los diferentes sectores, en la generación de residuos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Sector	Porcentaje de participación de residuos generados en zona urbana del AMVA
Residenciales	67%
Comerciales	13%
Industriales	11%
Institucionales	6%
Barrido	3%
Total	100%

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

Adicionalmente no se cuenta con información específica de cada municipio que relacione el porcentaje de participación de los sectores residencial, comercial, industrial e institucional, por lo que se calculan los datos de PPC residencial urbana de cada municipio asumiendo para todos, el porcentaje promedio de generación del sector residencial antes mencionado.

1.4.3.2.1 PPC urbana residencial

Para calcular la fracción de residuos residenciales que corresponden a la zona urbana se toman los porcentajes de participación del sector urbano encontrado a partir de los resultados del informe del Contrato 502 de 2014 del Área Metropolitana, realizado por la Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá cuyo objeto fue *“diseñar e implementar estrategias que permitan fortalecer los procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos, cuantificando el estado de cumplimiento de metas del plan de gestión de residuos regional en el Valle de Aburrá”*.



Tabla 9 Participación de la zona urbana en el sector residencial.

Código	Municipio	Participación en el sector residencial de la zona urbana (%)	Participación en el sector residencial de la zona rural (%)	Total
079	Barbosa	55,09%	44,91%	100%
308	Girardota	57,63%	42,37%	100%
212	Copacabana	87,54%	12,46%	100%
88	Bello	98,17%	1,83%	100%
001	Medellín	99,16%	0,84%	100%
360	Itagüí	98,82%	1,18%	100%
266	Envigado	96,12%	3,88%	100%
631	Sabaneta	83,56%	16,44%	100%
380	La Estrella	58,67%	41,33%	100%
129	Caldas	93,21%	6,79%	100%
	AMVA	96,97%	3,03%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

Para la estimación de la PPC y generación residencial urbana a partir de los datos de PPC, se toman los valores reportados anteriormente, obteniendo la siguiente información para el año 2016.

Tabla 10. Valores de PPC y generación de residuos residencial urbana por municipio, para el año 2016.

Número	Código	Municipios	Población urbana (habitantes)	PPC residencial urbana (Kg/hab-día)	Generación residencial urbana a partir de PPC (Ton/día)
1	079	Barbosa	23.428	0,653	15,30
2	308	Girardota	33.259	0,376	12,50
3	212	Copacabana	62.084	0,562	34,88
4	088	Bello	458.196	0,455	208,52
5	001	Medellín	2.457.680	0,587	1442,56
6	360	Itagüí	248.020	0,755	187,18
7	266	Envigado	219.991	0,677	149,02
8	631	Sabaneta	41.946	0,877	36,80
9	380	La Estrella	36.061	0,659	23,77
10	129	Caldas	62.200	0,771	47,94
		Total	3.642.865	0,593	2158,47

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Según los datos de PPC calculados para el 2016, el sector residencial urbano genera 2.158 toneladas diarias de residuos, con participación preponderante de Medellín, seguido de Bello, Itagüí y Envigado.

- PPC urbana residencial por estrato socioeconómico

La generación de los residuos se concentra de acuerdo con la producción per cápita que se tenga en determinada zona, la cual difiere de acuerdo al estrato socioeconómico que se tenga.

Para el cálculo de la PPC en cada estrato, se tomaron como referencia los valores de PPC residenciales reportados por los PGIRS Municipales para el año 2015 que fueron compilados en el informe final del Contrato 502 de 2014 del Área Metropolitana, realizado por la Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá, y las caracterizaciones de residuos por estrato entregadas por algunos de los municipios. Aunque debido a la falta de información completa debió realizarse la ponderación y extrapolación de datos para generar la distribución presentada en la **Tabla 11**.

De este modo, con este valor de la PPC estratificada al año 2015 y un valor calculado de población por estrato a partir de los suscriptores que son reportados en el SUI para este mismo año, se calculó la generación de residuos sólidos urbanos-residenciales para el año 2015; posteriormente se realizó una extrapolación teniendo en cuenta el valor de generación de residuos para el sector urbano-residencial hallado en el balance de masa para el año 2016, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 11.

En los PGIRS Municipales para algunos estratos no se reportó PPC, debido a la poca representatividad de población en dichos estratos para el muestreo de la caracterización o por dificultades en el muestreo, sin embargo, dado que los prestadores del servicio de aseo si reportan usuarios en dichos estratos, se tomaron para los datos faltantes valores promedio, obteniéndose así los siguientes datos de generación de residuos.

Tabla 11. Generación de residuos sólidos urbanos residenciales por estrato para el 2016.

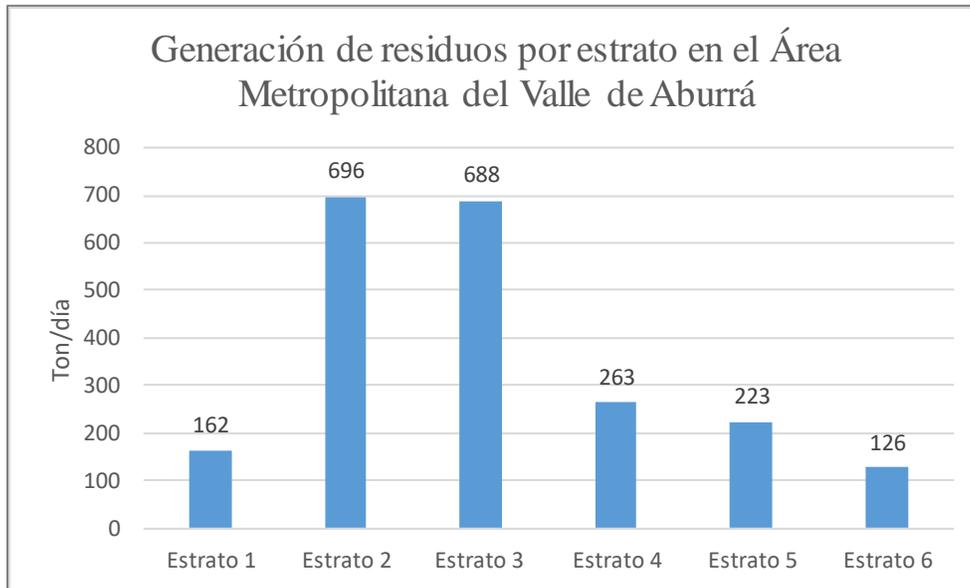
Municipio	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Total (ton/día)
Barbosa	3,00	10,13	2,15	0,01	0,00	0,00	15,30
Girardota	0,26	9,69	2,09	0,17	0,22	0,08	12,50
Copacabana	1,00	21,13	11,95	0,38	0,24	0,18	34,88
Bello	37,58	85,92	74,89	10,05	0,05	0,02	208,52
Medellín	104,50	421,04	414,01	200,50	183,81	118,69	1.442,56
Itagüí	9,69	76,38	91,99	9,11	0,00	0,00	187,18
Envigado	1,35	21,79	49,90	31,08	37,59	7,30	149,02
Sabaneta	0,49	8,62	17,67	9,79	0,22	0,01	36,80
La Estrella	1,06	11,48	9,06	1,71	0,41	0,04	23,77



Municipio	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Total (ton/día)
Caldas	3,11	30,25	14,04	0,38	0,13	0,03	47,94
Total	162,06	696,43	687,76	263,18	222,67	126,36	2.158,47

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

En la Gráfica 6 se puede observar que el estrato 2 es el mayor generador de residuos sólidos respecto a los otros estratos con una cantidad igual a 696 ton/día; por otro lado, se tiene que el estrato 6 es el que tiene una menor generación de residuos siendo esta igual a 126 ton/día.



Gráfica 6 Generación urbana-residencial por estrato en el AMVA.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

A partir de la generación de residuos por estrato presentada en la Tabla 11 y con la cantidad de población estimada a partir de los suscriptores reportados en el SUI para el 2016, se calcula la PPC para el año 2016 estratificada que se presenta en la Tabla 12.

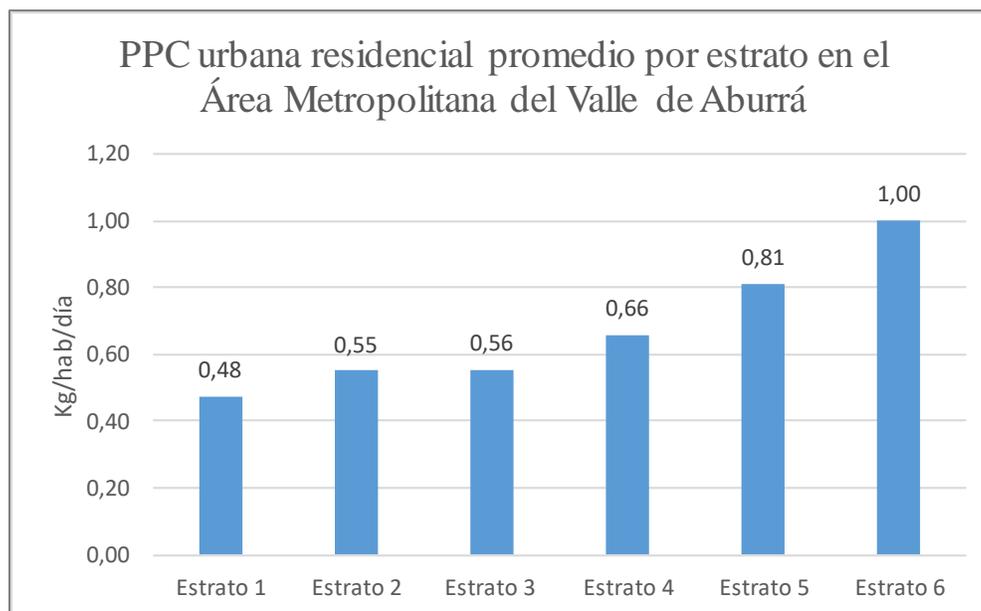
Tabla 12. PPC urbana residencial estratificada de los municipios que pertenecen al AMVA al año 2016.

PPC 2016(Kg/hab-día)							
Municipio	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Promedio ponderado
Barbosa	1,22	0,60	0,54	0,97	1,18	1,18	0,65

PPC 2016(Kg/hab-día)							
Municipio	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Promedio ponderado
Girardota	0,25	0,37	0,42	0,28	0,84	0,33	0,38
Copacabana	0,44	0,58	0,55	0,49	0,60	0,60	0,56
Bello	0,44	0,53	0,41	0,37	0,32	0,32	0,46
Medellín	0,46	0,51	0,54	0,66	0,81	1,02	0,59
Itagüí	0,76	0,78	0,72	0,84	1,15	-	0,75
Envigado	0,41	0,55	0,64	0,71	0,80	0,85	0,68
Sabaneta	1,07	0,86	0,89	0,86	0,89	1,45	0,88
La Estrella	0,43	0,68	0,71	0,57	0,59	0,58	0,66
Caldas	0,68	0,75	0,82	1,11	1,34	1,34	0,77
Promedio ponderado	0,48	0,55	0,56	0,66	0,81	1,00	0,59

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

Para efecto del cálculo de los centroides de generación, se realizó un promedio ponderado para cada estrato y este fue asignado a los estratos de los municipios que no reportaron PPC en los PGIRS de municipales del 2015. En la Gráfica 7 se puede observar cómo aumenta la PPC a medida que aumenta el estrato socio-económico; esto puede estar relacionado a hábitos de consumo e ingreso per cápita.



Gráfica 7. PPC urbana residencial promedio por estrato en el AMVA 2016.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.



Ahora bien, teniendo en cuenta las caracterizaciones que fueron reportadas por cada municipio en su PGIRS, se calculó la PPC de residuos orgánicos urbanos residenciales y reciclables. Es importante aclarar que, al momento del presente análisis, los municipios de Girardota e Itagüí no reportaron caracterización por estrato socio-económico en su PGIRS, por lo tanto, se calculó el promedio de los demás municipios y fue asignado a estos dos municipios. Para el caso de Bello, se encontró que la caracterización presentaba incongruencias, por lo que también se le asignó el promedio de los demás municipios.

Los datos de caracterización estratificada presentados por el municipio de Girardota en el proceso de revisión y ajuste del PGIRS municipal deberán ser incluidos para futuros análisis.

Tabla 13 PPC de residuos orgánicos urbano-residenciales por estrato en el AMVA 2016

Municipio	PPC Residuos Orgánicos por estrato 2016 (Kg/hab-día)						Promedio ponderado
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
Barbosa	0,57	0,33	0,28	0,55	0,60	0,63	0,35
Girardota	0,13	0,19	0,22	0,16	0,43	0,18	0,19
Copacabana	0,20	0,27	0,25	0,28	0,30	0,32	0,26
Bello	0,21	0,27	0,21	0,21	0,16	0,17	0,23
Medellín	0,28	0,28	0,29	0,39	0,46	0,68	0,33
Itagüí	0,40	0,40	0,38	0,47	0,58	0,00	0,39
Envigado	0,22	0,25	0,27	0,30	0,44	0,34	0,31
Sabaneta	0,56	0,45	0,66	0,57	0,45	0,78	0,58
La Estrella	0,26	0,34	0,37	0,33	0,25	0,31	0,35
Caldas	0,36	0,38	0,44	0,62	0,68	0,72	0,40
Promedio ponderado	0,27	0,29	0,29	0,38	0,45	0,66	0,32

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Tabla 14 PPC de residuos reciclables urbano-residenciales por estrato en el AMVA 2016

Municipio	PPC Residuos Reciclables por estrato 2016 (Kl/hab-día)						Promedio ponderado
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
Barbosa	0,35	0,19	0,20	0,21	0,34	0,33	0,21
Girardota	0,05	0,09	0,10	0,06	0,24	0,09	0,09
Copacabana	0,11	0,13	0,10	0,11	0,17	0,17	0,12
Bello	0,08	0,12	0,07	0,08	0,11	0,09	0,09
Medellín	0,07	0,10	0,11	0,13	0,17	0,22	0,11
Itagüí	0,16	0,18	0,17	0,18	0,33	0,00	0,17
Envigado	0,09	0,10	0,17	0,15	0,27	0,31	0,18
Sabaneta	0,23	0,23	0,16	0,18	0,26	0,41	0,18
La Estrella	0,07	0,16	0,16	0,14	0,15	0,16	0,15



Municipio	PPC Residuos Reciclables por estrato 2016 (Kl/hab-día)						
	Caldas	0,14	0,17	0,19	0,24	0,39	0,38
Promedio ponderado AMVA	0,08	0,11	0,11	0,13	0,18	0,22	0,12

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

- Centroides de generación

Ahora bien, a partir de PPC urbana-residencial estratificada del 2016 se realizó el cálculo de centroides de generación para el total de residuos y de manera específica para los residuos reciclables y orgánicos.

Para la localización de los centroides de generación, se calcula inicialmente el producto entre el número de habitantes por predio o construcción y la producción per cápita (PPC) asociada a la estratificación en el área de estudio de acuerdo a la expresión:

$$N_{habPri} * PPC_{Est} \Rightarrow GENi$$

Donde:

N_{habPri} = Número de habitantes del predio o construcción i

PPC_{Est} = Producción per cápita del Estrato i

(Xi, Yi) = Coordenadas de posición del predio o construcción i

$GENi$ = Generación de residuos calculada para el predio o construcción i

Este valor se multiplica con las coordenadas (X, Y) del centroide geométrico de cada predio o construcción, afectándolas proporcionalmente a su generación potencial de reciclaje u orgánico según el caso.

$$(Xi, Yi) ; GENi \Rightarrow (Xi * GENi, Yi * GENi) \Rightarrow (Xi_{AF}, Yi_{AF})$$

Donde:

(Xi_{AF}, Yi_{AF}) = Coordenadas de posición del predio o construcción i , afectadas por la generación.

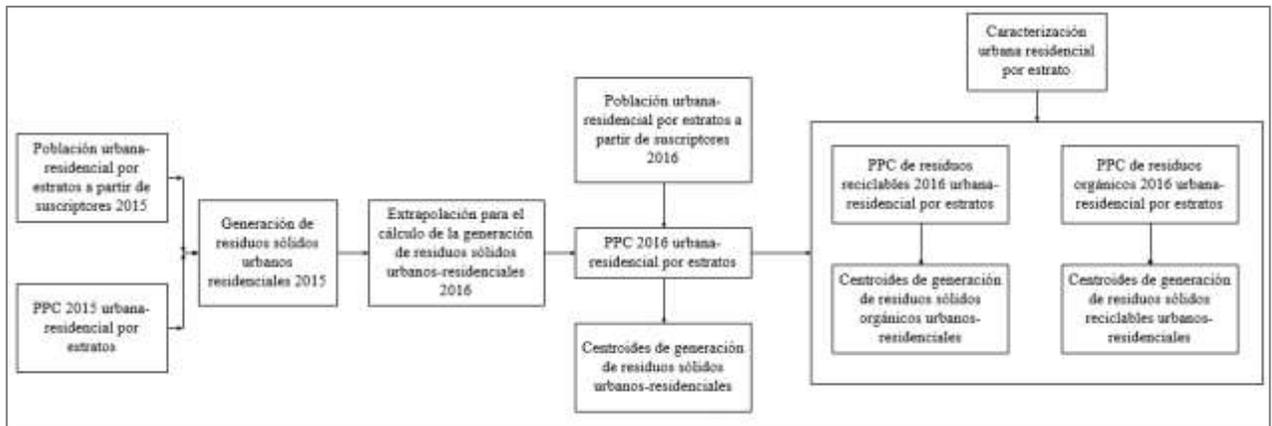
Para terminar, se suman de forma separada, los valores afectados de X y de Y para luego dividirlos por la generación de residuos total.

$$\frac{\sum(Xi_{AF}, Yi_{AF})}{\sum(GENi)}$$

El resultado de esta operación entrega una coordenada general de X, Y la cual define el centroide de generación de residuos para la zona de estudio.

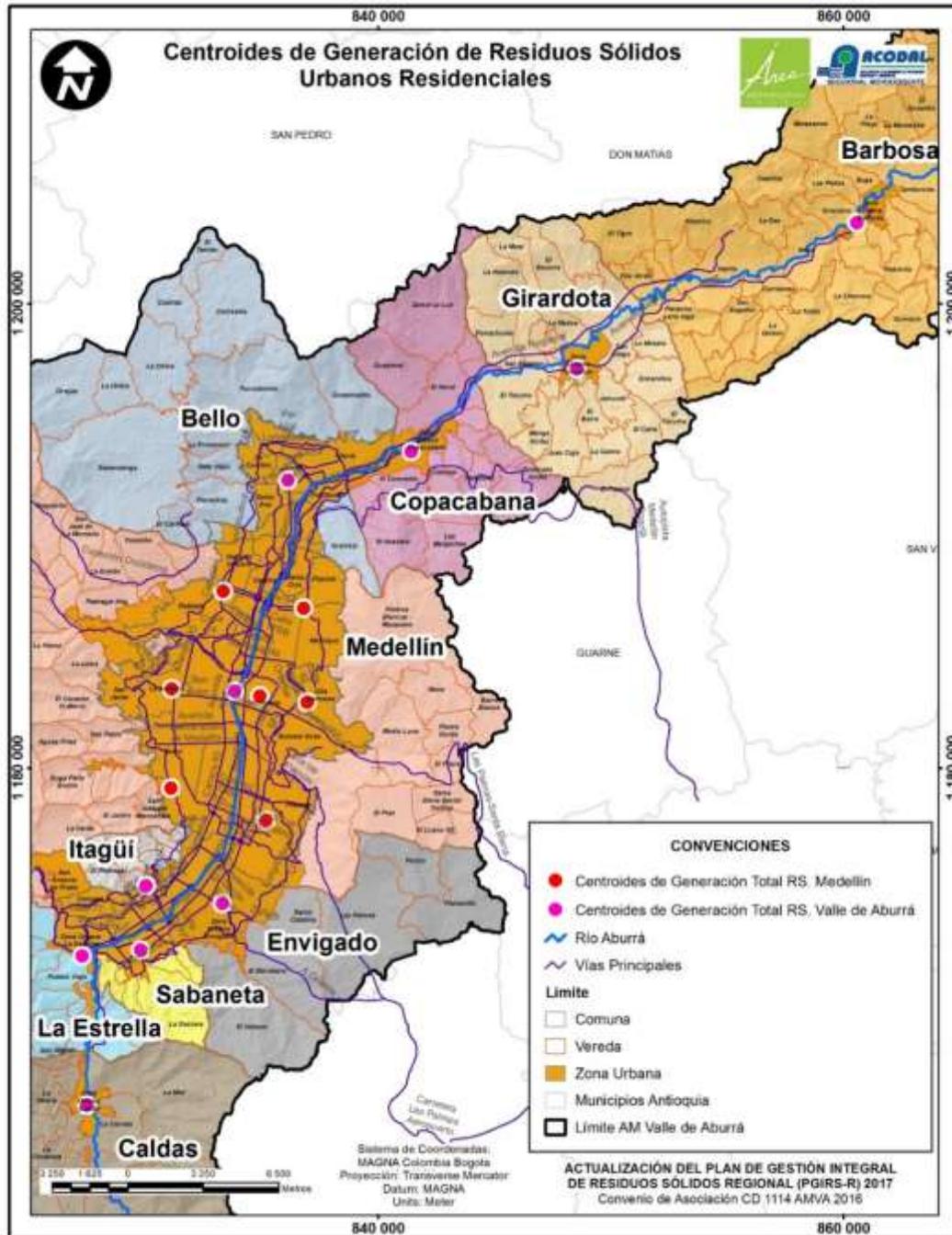
$$(X_C, Y_C)$$

Los resultados se pueden evidenciar en los *Mapa 2,3,4* ;**Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Y en la Gráfica 8 se puede observar el resumen de la metodología que fue desarrollada anteriormente.



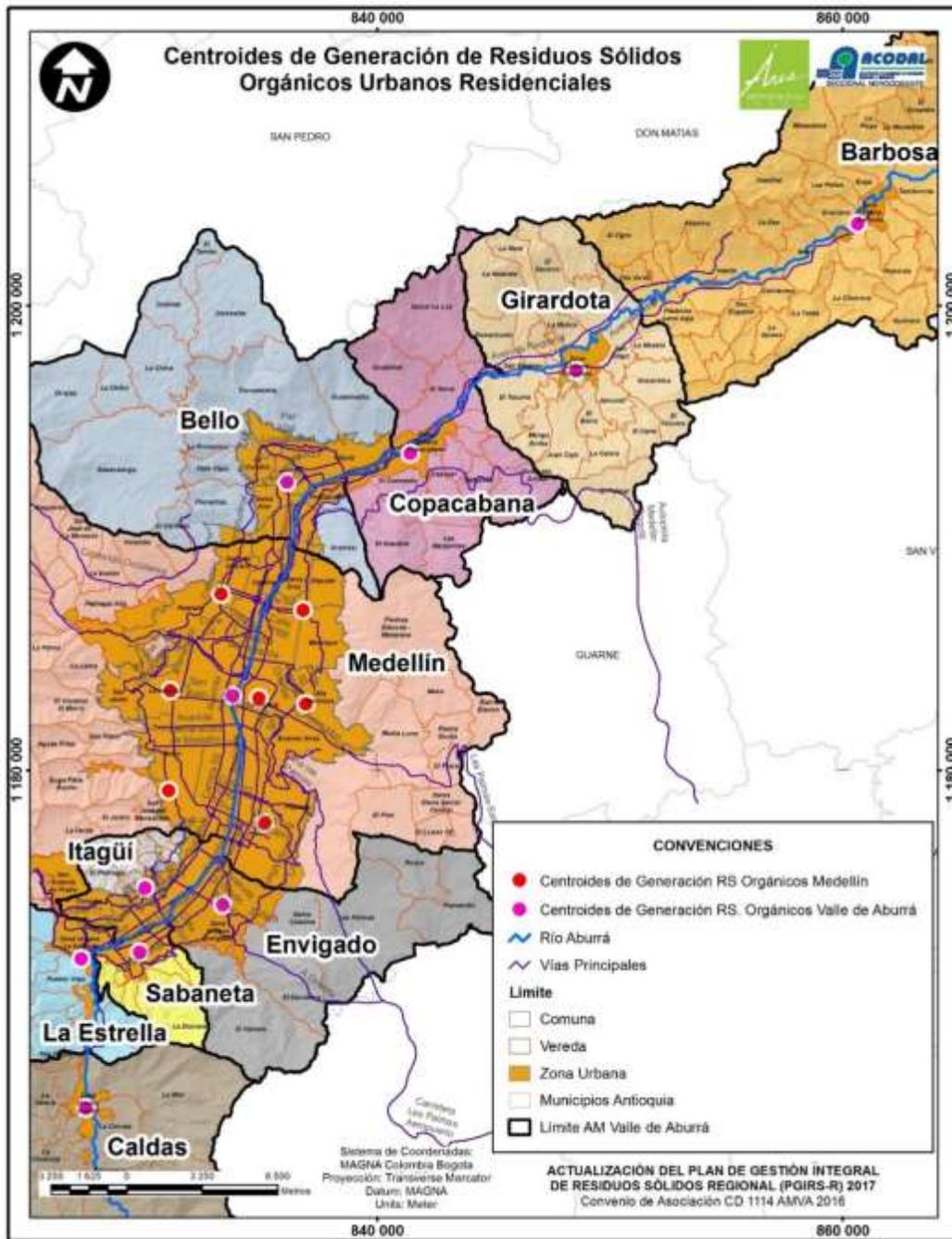
Gráfica 8 Metodología utilizada para el cálculo de los centroides de generación de residuos sólidos urbanos- residenciales.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.



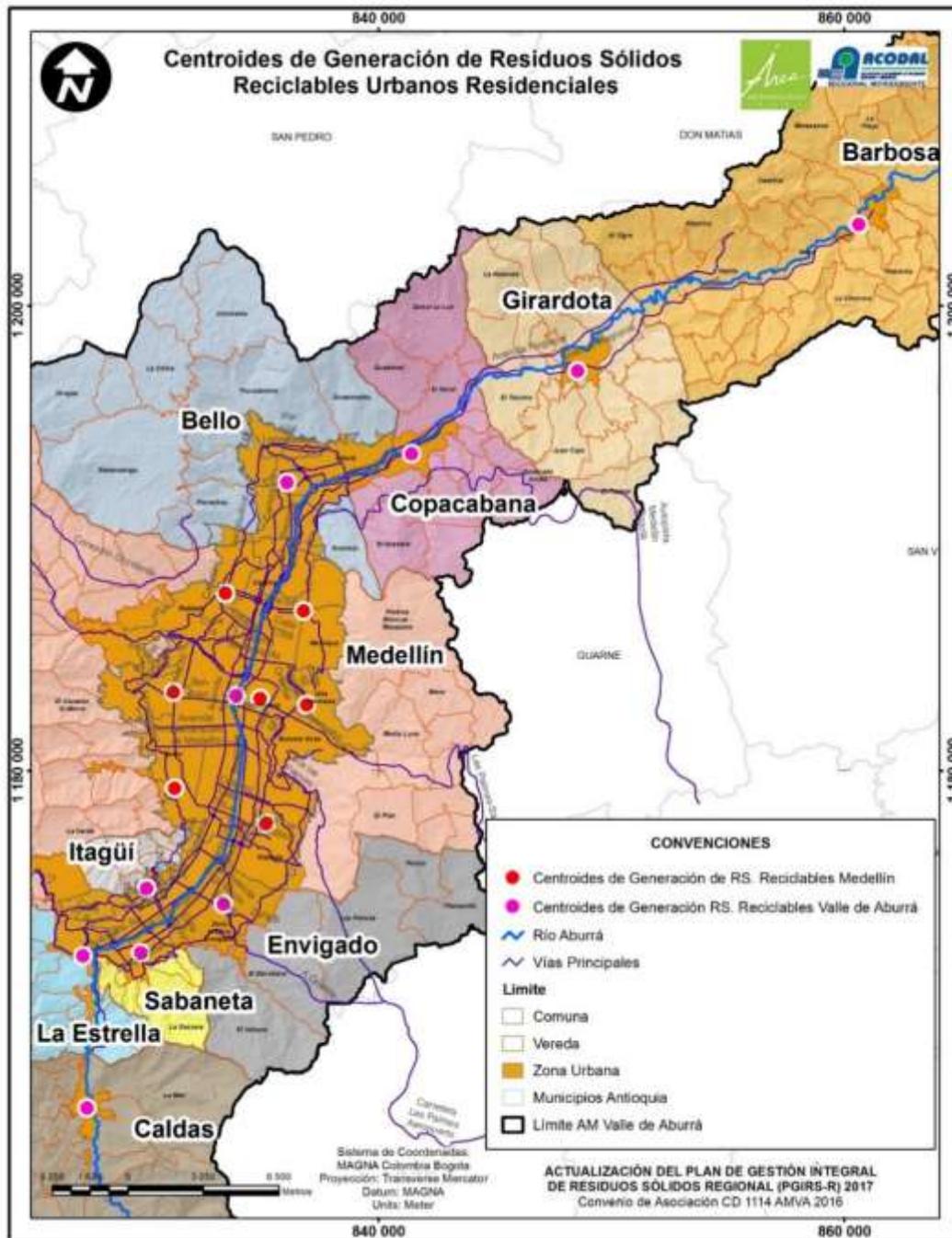
Mapa 3. Centroides de Generación de Residuos Sólidos Urbanos Residenciales.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.



Mapa 4. Centroides de Generación de Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos Residenciales.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.



Mapa 5. Centroides de Generación de Residuos Sólidos Reciclables Urbanos Residenciales.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017.



1.4.3.2.2 PPC urbana no residencial

De acuerdo a los PGIRS de cada municipio perteneciente al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se recopiló la información sobre indicadores de PPC en los sectores no residenciales, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 15. PPC urbana no residencial de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Número	Código	Municipios	Comercial	Industrial	Institucional
1	79	Barbosa	2,42	4,78	10,83
2	308	Girardota	N.R		
3	212	Copacabana ⁸	3,35	10,2	10,2
4	88	Bello	N.R		
5	1	Medellín ⁹	2,12	0,43	0,19
6	360	Itagüí	N.R		
7	266	Envigado ¹⁰	0,65	1,18	0,095
8	631	Sabaneta	N.R		
9	380	La Estrella	18.5	18.5	19.66
10	129	Caldas	0.7	0.7	0.11

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Sin embargo, en los PGIRS presentados por los municipios se tiene una variabilidad de metodologías importante, para la estimación del indicador de generación del sector no residencial, lo que se puede observar en las unidades en las que se reportan los resultados de PPC, dado que algunos estudios presentan el indicador relacionado con el establecimiento; en otros, hace alusión al número de empleados por establecimiento o se relaciona el término habitante dentro de la PPC.

En el año 2015 la Universidad de Medellín, bajo el Convenio de asociación No. 46000056407, realizó el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Generados en el Sector Residencial y No Residencial del Municipio de Medellín y sus Cinco Corregimientos; que estimó la generación por parte de suscriptores no residenciales del servicio de aseo, que son atendidos por la ruta ordinaria de EMVARIAS S.A. E.S.P, para lo cual se consideraron usuarios industriales, comerciales, centros comerciales, oficiales, instituciones educativas, hospitales, restaurantes y plazas de mercado.

⁸ PPC (Kg/establecimiento*día)

⁹ PPC (Kg/empleado*día)

¹⁰ PPC (Kg/habitante*día)

Tabla 16. PPC para el sector no residencial del municipio de Medellín en el año 2015

Sector	PPC (Kg/empleado-día)
Industrial	1,18
Comercial	0,43
Centros comerciales	0,06
Hospitalario	0,09
Instituciones educativas	0,06
Restaurantes	0,35
Plazas de mercado	0,60
Oficial	0,19

Fuente: (Universidad de Medellín & Alcaldía de Medellín, 2015b)

En el sector no residencial los valores más altos de PPC se presentaron en el industrial, ya que está influenciado por los procesos productivos, y no solamente con la generación de las personas en sus procesos de consumo.

Generadores como plazas de mercado y restaurantes tiene valores intermedios que oscilan entre 0,35 y 0,60 Kg/persona/día, cuyos valores de PPC son por generación de materia orgánica, la cual es reconocida por su alto valor de humedad y peso.

Otros sectores como las instituciones educativas, el sector hospitalario y los centros comerciales presentaron los valores de PPC más bajos, relacionado al alto número de personas asociadas; lo que se magnifica aún más en aquellos usuarios afectados por poblaciones flotantes (clientes y visitantes), los cuales reducen el valor de PPC, ya que el estudio relacionó la generación de residuos con el personal.

1.4.3.2.3 PPC rural

Anteriormente se calcularon los datos correspondientes a la PPC global para cada municipio; sin embargo, es importante conocer las diferencias existentes entre la zona urbana y rural, dadas las dinámicas tan diversas presentadas en cada sector; pese a ello, al momento no es posible plantear esta diferenciación con exactitud, ya que ni las entidades municipales ni los prestadores del servicio de aseo hacen un reporte de la información de manera diferenciada para el sector rural.

Al momento, solo se cuenta con el estudio realizado a través del Contrato 502 de 2014 del Área Metropolitana, realizado por la Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá cuyo objeto fue *“diseñar e implementar estrategias que permitan fortalecer los procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos, cuantificando el estado de cumplimiento de metas del plan de gestión de residuos regional en el Valle de Aburrá”*, en este se consolidan las siguientes PPC para el sector rural residencial para el año 2015, las cuales se toman como punto de partida para su ajuste al año 2016, acorde a la proporcionalidad mostrada en el dicho estudio entre los sectores rural y urbano. Sin embargo, no es posible



determinar la PPC rural global del sector rural ya que no se conocen cifras correspondientes a la generación de los sectores comercial, institucional, e industrial.

Tabla 17. PPC del sector residencial rural al 2016.

Número	Código	Municipios	Población rural	PPC Rural (Kg/habitante-día)
1	079	Barbosa	27.408	0,46
2	308	Girardota	22.231	0,41
3	212	Copacabana	8.951	0,55
4	88	Bello	6.418	0,61
5	001	Medellín	29.043	0,42
6	360	Itagüí	22.883	0,10
7	266	Envigado	7.653	0,79
8	631	Sabaneta	10.608	0,68
9	380	La Estrella	27.274	0,61
10	129	Caldas	16.556	0,21
	AMVA		179.025	0,44

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

1.4.3.2.4 Comparativo histórico de la PPC

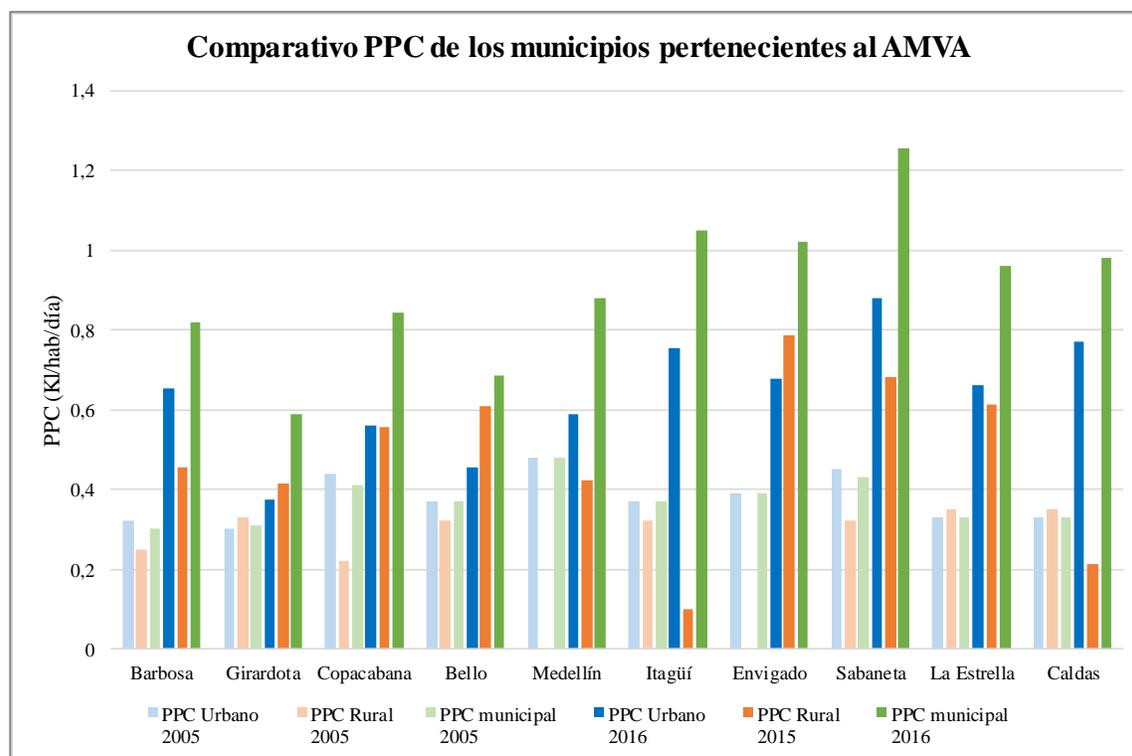
En la Tabla 18 se presenta el consolidado de PPC de cada municipio reportada para los años 2005 y 2016, donde se resalta que la PPC urbana y la PPC global aumentaron, mientras que la PPC rural presenta en el 20% de los datos una disminución frente a las cifras anteriores, el 60% presentó un aumento, el resto de los datos no fue reportado en el año 2005 por lo que no puede compararse.

También se encontró un incremento del valor de PPC regional, pues para el año 2005 se halló un valor global de 0,45 kg/hab/día, mientras que en el 2016 se encontró un valor de 0,88 kg/hab/día.

Tabla 18. Comparativo PPC de los municipios pertenecientes al AMVA.

Municipio	PPC Residencial Urbana 2005	PPC Residencial Rural 2005	PPC municipal 2005	PPC Residencial Urbano 2016	PPC Residencial Rural 2016	PPC municipal 2016
Barbosa	0,32	0,25	0,3	0,65	0,46	0,82
Girardota	0,3	0,33	0,31	0,38	0,41	0,59
Copacabana	0,44	0,22	0,41	0,56	0,55	0,84
Bello	0,37	0,32	0,37	0,46	0,61	0,69
Medellín	0,48	-	0,48	0,59	0,42	0,88
Itagüí	0,37	0,32	0,37	0,75	0,10	1,05
Envigado	0,39	-	0,39	0,68	0,79	1,02
Sabaneta	0,45	0,32	0,43	0,88	0,68	1,26
La Estrella	0,33	0,35	0,33	0,66	0,61	0,96
Caldas	0,33	0,35	0,33	0,77	0,21	0,98
AMVA			0,45	0,59	0,44	0,88

Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015; CORANTIOQUIA & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005).



Gráfica 9. Comparativo PPC

Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015; CORANTIOQUIA & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005)



1.4.4 Producción por sectores

De acuerdo con el anterior análisis, a continuación, se consolidan los valores estimados para el área urbana y rural, teniendo en cuenta los sectores residencial y no residencial.

Donde se identifica, conforme a los análisis y balances realizados, que en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se generan 3.356 toneladas diarias de residuos, de los cuales, el 66,7%, son de origen residencial, con una producción per cápita (ppc) total es de 0.88 kg/hab-día.

Tabla 19. Producción total de residuos por sectores en el AMVA.

Sector	Generación (Ton/día)	Porcentaje por sector (%)
Residencial		
Residencial Urbano	2.158	64,3%
Residencial Rural	79	2,4%
Subtotal	2.237	66,7%
No Residencial		
Comercial	442	13,2%
Industrial	379	11,3%
Institucional	198	5,9%
Barrido	100	3,0%
Subtotal	1.119	33,3%
Total	3.356	100%

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

1.4.5 Caracterización física de los residuos

1.4.5.1 Caracterización física de los residuos en la fuente por sector geográfico del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

1.4.5.1.1 Composición física del sector residencial

En los PGIRS de los municipios se presentan resultados de los estudios de caracterización, los cuales se realizaron siguiendo diferentes técnicas, metodologías estadísticas, y con clasificaciones de los residuos bajo diferentes denominaciones. Por este motivo, para comparar los resultados por municipio y presentar una composición porcentual promediada, el Convenio 502 de 2014, realizado por la Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, muestra un tratamiento de la información, cuyos resultados de la composición física porcentual se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 20. Composición física porcentual del sector residencial, municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2015).

N	Tipo de residuo	Barbosa	Girardota ¹¹	Copacabana	Bello	Medellín	Itagüí	Envigado ¹²	Sabaneta	La Estrella	Caldas	Promedio ponderado
1	Materia orgánica	53,38	43,12	45,56	33,62	59,09	58,00	59,58	64,28	57,05	36,71	55,11
2	Papel	5,65	4,89	3,69	4,83	16,35	4,04	5,82	4,16	3,29	4,06	12,58
3	Cartón	4,21	3,45	2,96	3,57	2,92	4,81	3,36	4,49	1,74	0,00	3,13
4	Plástico	15,18	17,55	11,16	9,63	8,72	9,39	10,38	7,71	7,14	4,73	9,04
5	Vidrio	5,27	3,82	2,42	2,91	3,85	2,49	4,51	3,13	1,96	2,18	3,61
6	Metal	0,97	2,33	0,71	1,26	1,19	1,12	1,51	2,04	0,60	0,49	1,20
7	Especiales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
8	Textiles	0,72	5,14	0,11	1,51	3,62	4,27	1,87	0,21	0,00	3,48	3,15
9	Caucho	0,00	0,00	0,00	0,32	0,02	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
10	Cueros	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,08	0,05	0,22	0,00	0,00	0,03
11	Peligrosos	0,68	15,46	0,35	1,11	1,17	14,80	0,39	9,68	0,06	0,23	2,23
12	Otros	13,88	4,24	32,92	41,13	2,32	0,91	12,53	4,07	28,13	48,12	9,34
	Porcentaje (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

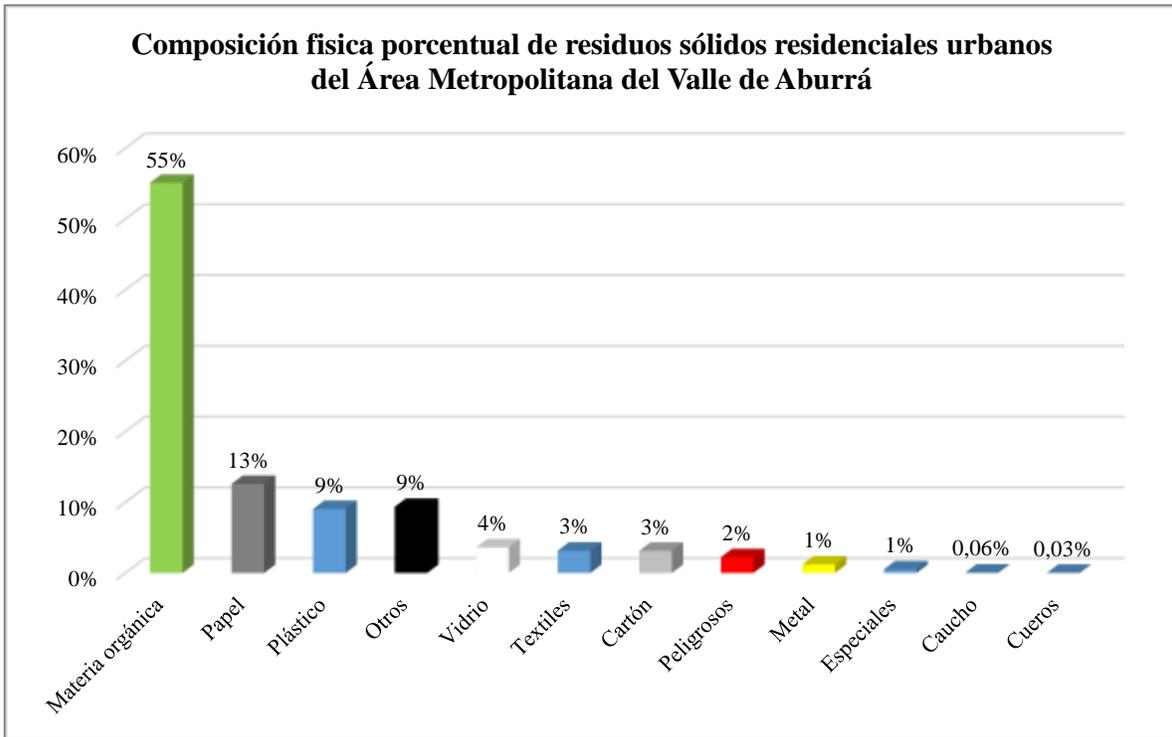
Para el sector residencial se tiene que el tipo de residuo que más aporta a la composición porcentual es la materia orgánica con un 55,11%, asociada a la preparación y consumo de alimentos en los hogares; en segundo lugar, se encuentra el papel con un aporte del 12,58%, este residuo se compone por papel periódico, de revista y archivo. Los residuos tipificados como otros representan 9,34% y se componen por canastas de huevo, barredura, loza, chécheres e inservibles (Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá), mientras que los plásticos tienen un porcentaje de 9,04% y su presencia se debe a la diversidad de productos en este material empleado en este sector y a la presentación de residuos en bolsas plásticas.

¹¹ Para el municipio de Girardota se tomó la información del PGIRS-R-2.005.

¹² El estudio de caracterización del 2.015 del municipio de Envigado no clasificó en 12 categorías su composición física porcentual.

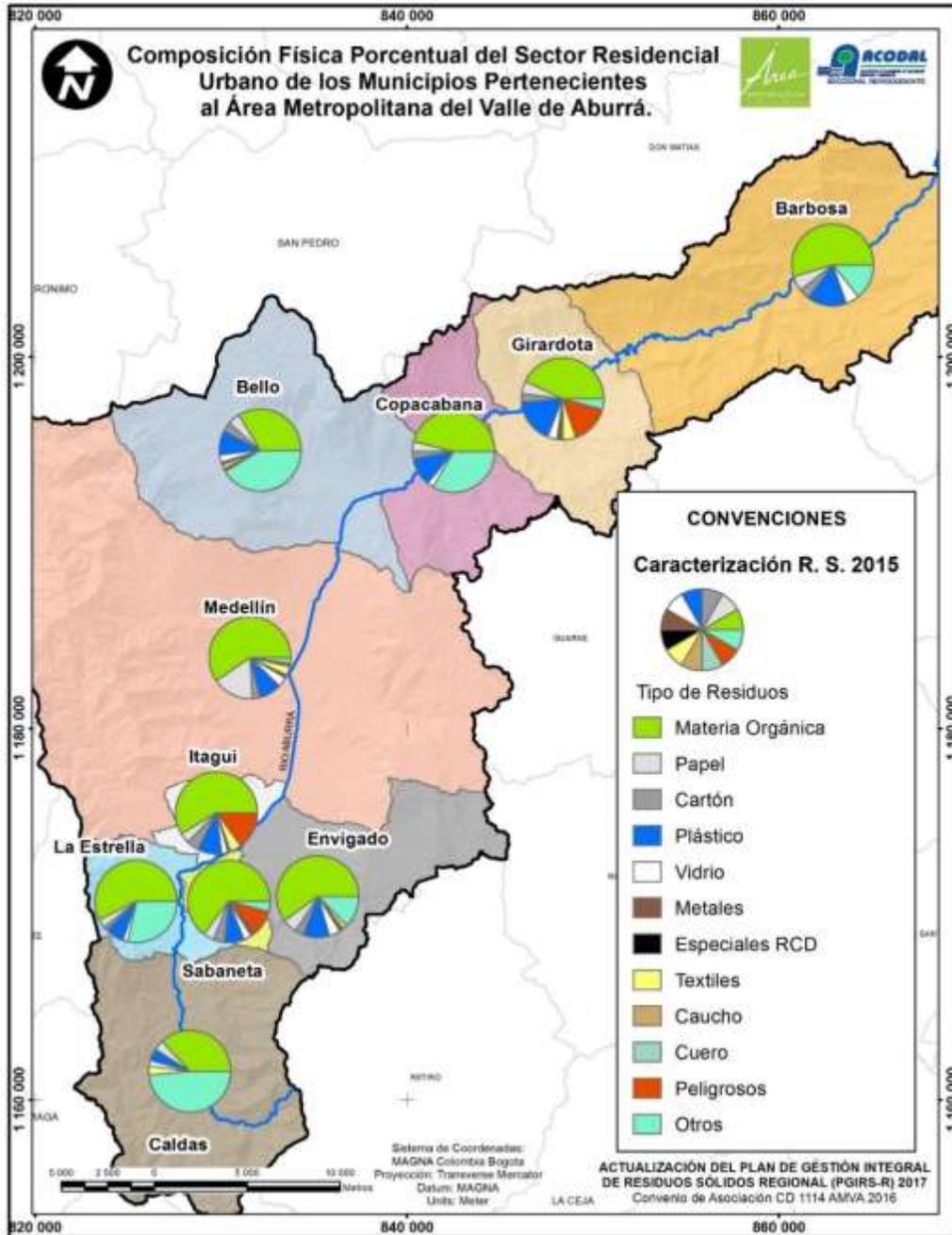
Los residuos reciclables (29,56%) corresponden a la suma del papel (12,58%), plástico (9,04%), vidrio (3,61%), cartón (3,13%) y metal (1,20%). Aunque es importante aclarar que según el mismo estudio, debido a la comercialización del material y las dificultades para su procesamiento por contaminantes en algunos de estos materiales, el potencial real de aprovechamiento de estos residuos en el sector residencial llega al 20%.

Dentro de la clasificación otros (12,58%) se consideran materiales no aprovechables y también los textiles, caucho y cuero. Por su parte los residuos peligrosos se representan por 2,23% y los especiales por 0,51%.



Gráfica 10 Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

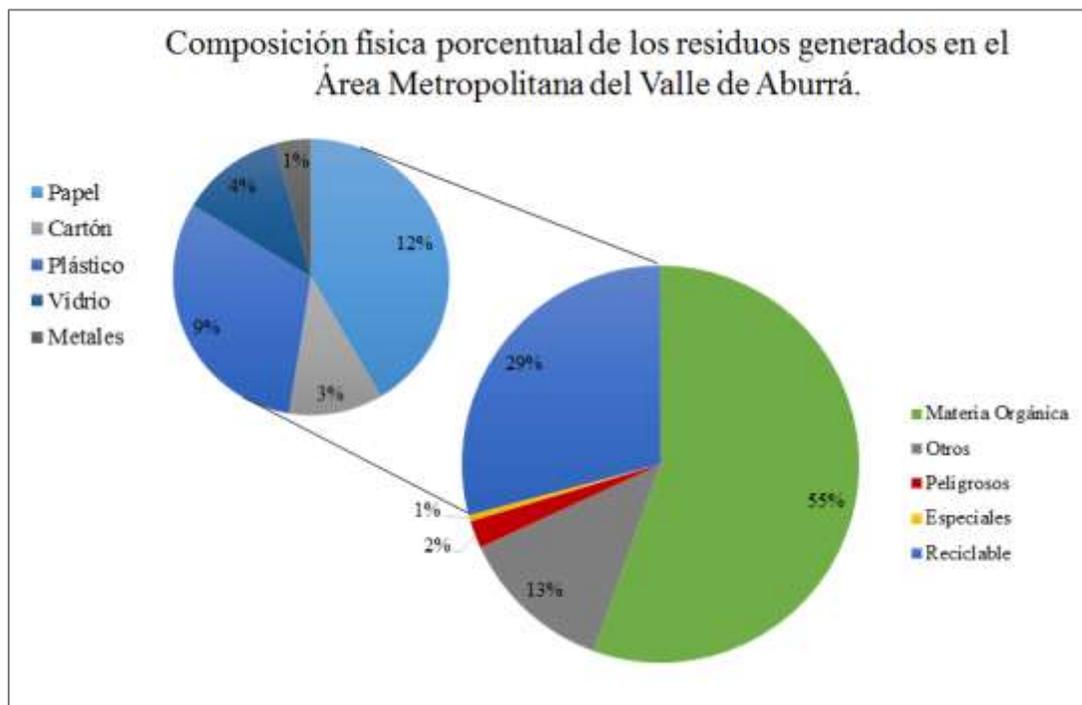
Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).



Mapa 6. Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

En la Gráfica 11, se muestra el resumen de la composición física porcentual del sector residencial urbano, de los municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



Gráfica 11. Resumen de la composición física porcentual del sector residencial urbano, de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015)

1.4.5.1.2 Composición física del sector no residencial

Para este sector, los estudios de caracterización realizados por los municipios que conforman el AMVA se ejecutaron bajo diferentes metodologías técnicas y estadísticas, además de lo cual se encontró que cada estudio agrupó los residuos bajo diferentes denominaciones, lo que dificulta la realización de comparaciones entre resultados de esos estudios. Por esta razón se toma la composición física porcentual del sector urbano no residencial obtenido mediante el Convenio 502 de 2014 realizado por la Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá & el AMVA.

Tabla 21. Composición física porcentual del sector comercial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

N°	Tipo de residuo	Barbosa	La Estrella	Copacabana	Bello	Caldas	Itagüí	Medellín	Sabaneta	Promedio ponderado (%)
1	Materia orgánica	31,86	41,28	37,42	40,81	59,93	24,79	52,17	42,57	47,46
2	Papel	8,12	8,33	10,79	7,69	3,4	8,98	19,65	2	16,21
3	Cartón	8,96	10,05	6,88	5,13	0	11,45	2,87	20,76	4,77

N°	Tipo de residuo	Barbosa	La Estrella	Copacabana	Bello	Caldas	Itagüí	Medellín	Sabaneta	Promedio ponderado (%)
4	Plástico	23,48	24,24	14,93	12,26	4,43	20,8	13,3	12,01	14,17
5	Vidrio	4,34	4,49	3,18	2,42	1,63	3,71	2,53	4,48	2,76
6	Metal	1,53	0,92	1,31	0,66	0,7	14,39	0,47	0,97	2,06
7	Especiales	0	0	0,1	0	0	0	0,57	0	0,41
8	Textiles	0,62	0,28	1,06	0	0,7	6,62	1,48	0	1,82
9	Caucho	0,23	0,12	0,64	0	0	1,1	0,45	0	0,46
10	Cueros	0	0	-	0	0	1,1	0,01	0,47	0,14
11	Peligrosos	4,44	1,12	2,6	0	0,05	0	1,2	4,22	1,1
12	Otros	16,36	9,18	21	31,03	29,16	7,05	5,29	12,53	8,64
	Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia a partir de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

Tal como se muestra en la **Tabla 21**, para el sector comercial se aprecia que el residuo que predomina es la materia orgánica (47,46%), la cual está compuesta por resto de alimentos, frutas y verduras, madera, follaje y residuos de zonas verdes (Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá & AMVA, 2015). Esto puede deberse a que se caracterizaron establecimientos comerciales que se dedican a la preparación y venta de alimentos, como bares, restaurantes, panaderías, graneros y salsamentarías (Universidad de Medellín & Alcaldía de Medellín, 2015a).

Luego se encuentra la tipología de papel (16.21%) y posterior a este los plásticos (14.17%), dentro de esta categoría se puede encontrar PET, PEAD, PEBD, PP y PS (Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá & AMVA, 2015). El aporte de estos materiales se debe a la utilización de los mismos para presentar, servir, empacar y comercializar alimentos y bebidas.

En cuarto lugar se encuentra la categoría otros, que corresponden a los residuos no aprovechables, dentro de esta tipología se encuentra el papel higiénico, barredura, inservibles, icopor, plásticos aluminizados, papeles parafinados y plastificados, textiles, loza, polipropileno flexible (Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá & AMVA, 2015); estos residuos son resultado de las actividades que se hacen en el sector comercial, predominan los papeles higiénicos especialmente en lugares donde confluye mucha población flotante o no, la barredura que hace parte de las actividades de mantenimiento de los establecimientos. Estos residuos catalogados como otros por su falta de potencial aprovechable técnica y económicamente deben ser llevados y dispuestos en el relleno sanitario.



Tabla 22. Composición física porcentual del sector industrial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Nº po de residuo	La Estrella	Barbosa	Copacabana	Bello	Caldas	Itagüí	Medellín	Sabaneta	Promedio ponderado (%)	
1	ateria orgánica	21,31	17,31	25,81	6,26	2,92	6,47	40,29	26,24	31,96
2	Papel	13,09	11,47	6,95	11,18	25,12	35,66	13,72	11,77	15,90
3	Cartón	12,17	7,22	6,85	7,45	0,00	8,56	3,57	7,32	4,75
4	Plástico	18,76	19,70	18,45	6,04	28,99	23,32	17,68	34,93	18,14
5	Vidrio	0,82	2,41	5,46	0,30	0,00	3,28	0,17	0,18	0,63
6	Metal	0,60	1,85	11,20	38,76	0,11	3,72	0,42	1,65	4,12
7	Especiales	0,00	0,00	0,00	10,90	0,00	0,00	0,19	0,00	1,02
8	Textiles	4,22	14,61	7,02	9,54	27,62	0,00	2,15	2,51	3,17
9	Caucho	2,17	0,65	3,23	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,28
10	Cueros	0,34	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
11	Peligrosos	4,62	4,41	2,68	0,00	2,14	18,99	2,64	7,09	4,40
12	Otros	21,93	20,22	12,33	9,56	13,10	0,00	18,93	8,32	15,63
	Total	100	100	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir de Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015.

En el sector industrial como se evidencia en la Tabla 22, predomina la materia orgánica (31,96%) que, aunque presenta un valor bajo respecto a los sectores comercial e institucional, para este sector, es la tipología que mayor aporte realiza, estando asociada para las muestras tomadas, al consumo de alimentos y en algunos casos al mantenimiento de zonas verdes. También se encuentra otros materiales con alta presencia como el plástico (18,14%), cuyo origen se asocia a los empaques de las materias primas, el papel (15,90%) y la categoría de otros (15,63%); los demás tipos de residuos tienen participación porcentual inferior al 8,5%.

Tabla 23. Caracterización física porcentual del sector institucional para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

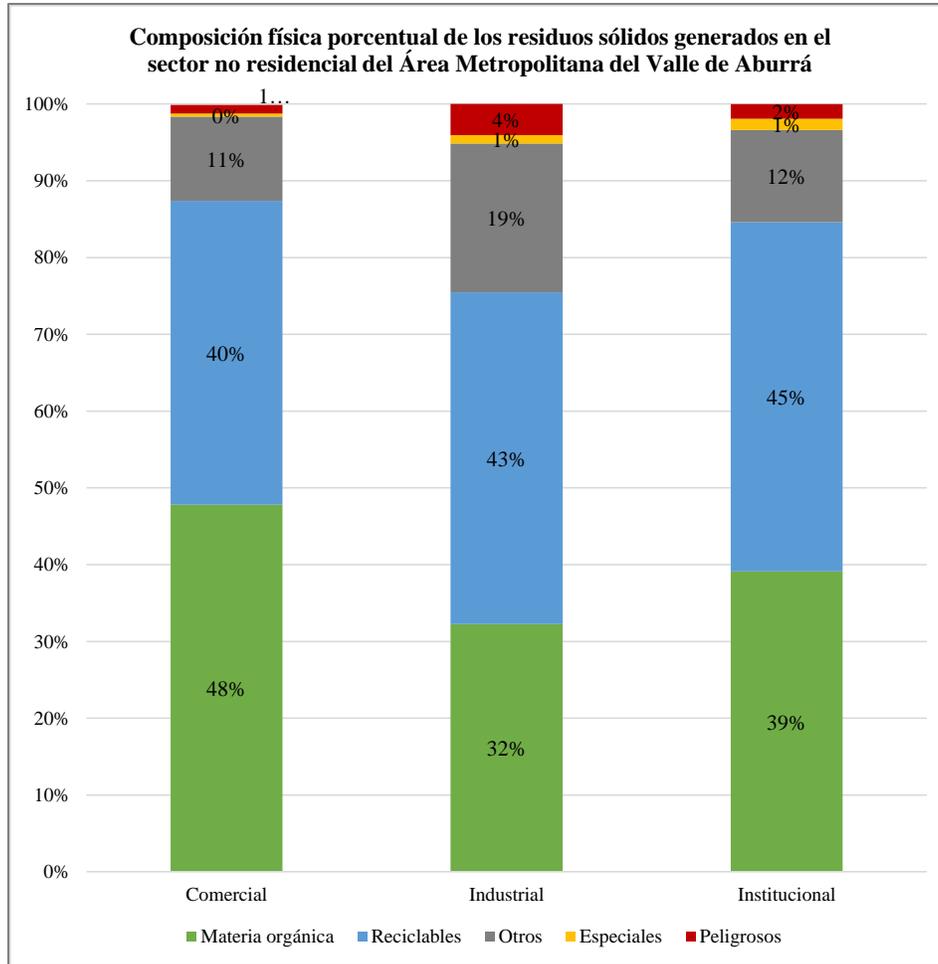
N ^o	Tipo de residuo	Municipios										Promedio ponderado (%)
		La Estrella	Barbosa	Copacabana	Bello	Caldas	Envigado	Girardota	Itagüí	Medellín	Sabaneta	
1	Materia orgánica (O)	23,86	48,54	19,97	10,84	-	-	-	40,70	35,06	39,11	
2	Papel (P)	17,82	17,07	16,56	12,32	-	-	-	24,01	14,01	23	
3	Cartón (C)	8,91	5,73	5,96	0,00	-	-	-	1,53	3,89	1,90	
4	Plástico (T)	28,48	14,59	28,32	11,89	-	-	-	16,47	26,30	17,28	
5	Vidrio (V)	3,87	1,12	7,34	0,84	-	-	-	1,94	0,65	2,01	
6	Metal (M)	0,59	0,80	1,07	0,54	-	-	-	1,39	0,43	1,30	
7	Especiales Escombros (E)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	1,62	0,00	1,43	
8	Textiles (X)	0,15	0,51	0,23	0,94	-	-	-	4,40	0,00	3,93	
9	Caucho (H)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	0,34	0,00	0,30	
10	Cueros (U)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	0,00	0,00	0,00	
11	Peligrosos (G)	1,63	3,66	2,21	1,49	-	-	-	1,75	5,77	1,93	
12	Otros (S)	14,69	7,98	18,35	61,14	-	-	-	5,85	13,88	7,79	
	TOTAL	100	100	100	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	

Fuente: Elaboración propia a partir de Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015.

En el sector institucional se tiene predominancia de la materia orgánica (39,11%), debido al consumo de alimentos que se realiza en las oficinas y al mantenimiento que se realiza a los jardines de algunos establecimientos. El papel es el segundo residuo que más aporte realiza (23%), cuya generación se asocia a toda la papelería que se maneja en las distintas dependencias y oficinas de los establecimientos y el plástico es el tercer residuo que mayor aporte realiza (17,28%) asociado al uso de vasos y platos plásticos.

En la Gráfica 12 se muestra la distribución porcentual de la composición física de los sectores no residenciales para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá según la información existente; aunque es importante destacar que los estudios realizados no incluyen el sector de la agroindustria, el cual comprende una gran cantidad de unidades industriales ubicadas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y que por su misma

actividad se supone presentan una alta generación de residuos orgánicos, por lo que es posible que en muestreos posteriores esta fracción de residuos vaya en aumento.



Gráfica 12. Composición física porcentual no residencial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

1.4.5.2 Caracterización física de los residuos en el sitio de disposición final

Dado que, los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos de los municipios del Valle de Aburrá, en su mayoría no presentan la caracterización de residuos sólidos encontrada en el sitio de disposición final, a continuación, se realizará el respectivo análisis teniendo en cuenta únicamente la información presentada por los municipios de Medellín y Envigado sobre la composición de los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera.

De este modo, en la Tabla 24, se presenta la composición física porcentual reportada por el municipio de Medellín para los residuos caracterizados en el Parque Ambiental La Pradera

según los estudios realizados en los años 2009, 2011 y 2014 realizados por la Universidad de Medellín y Empresas Varias de Medellín S.A E.S.P, y en la Tabla 26 se presenta la composición física porcentual reportada por el municipio de Envigado para el mismo sitio de disposición final.

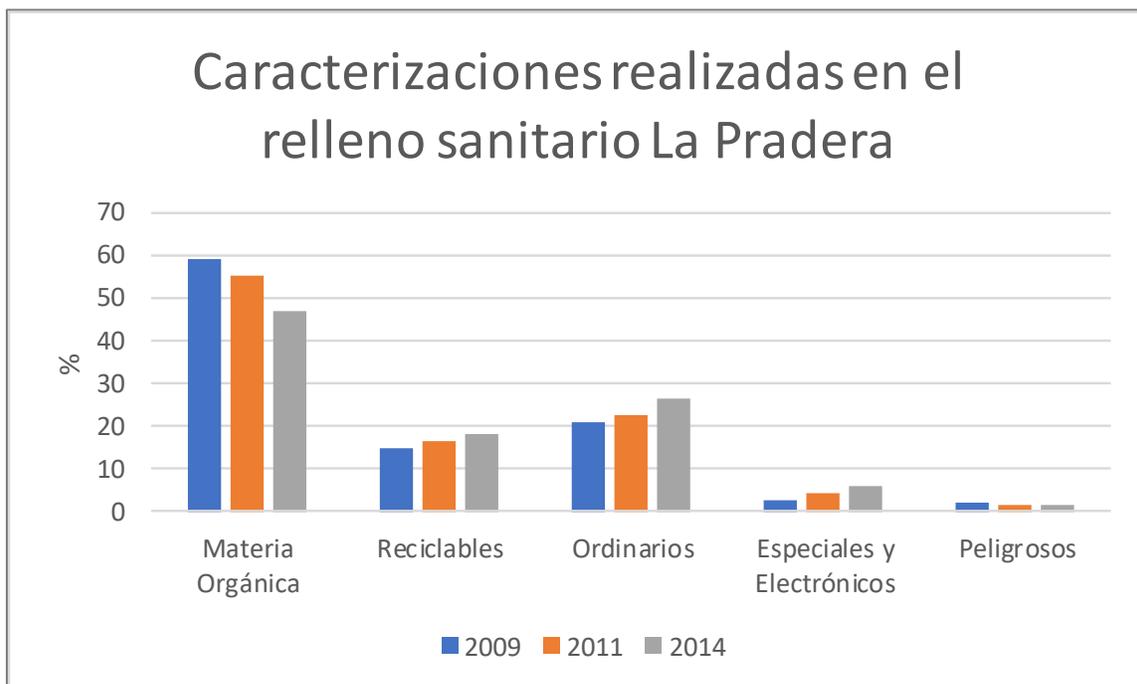
Tabla 24. Composición física porcentual de residuos caracterizados en el relleno sanitario La Pradera, según estudios realizados por el municipio de Medellín en los años 2009, 2011 y 2014

Tipo de residuo	(%) 2009	(%) 2011	(%) 2014
Materia orgánica	59,24	55,08	47,20
Residuos de alimentos	47,15	48,12	40,14
Residuos de jardín y poda	5,15	4,37	4,92
Madera	6,94	2,59	2,14
Papel	2,00	1,88	1,34
Reciclable limpio	0	0,07	1,34
Reciclable contaminado	2,00	1,81	-
Cartón	1,70	2,40	0,71
Reciclable limpio	0	0,02	0,71
Reciclable contaminado	1,70	2,38	-
Plástico	9,37	9,01	12,94
PET (1): transparente y brillante, las botellas tienen un punto en la base.	0,91	0,70	2,01
PEAD (2): bolsas de color lechoso, opacas y delgadas, envases de color lechoso	2,97	1,73	3,84
PVC (3): las botellas tienen en la base forma de sonrisa, se hunde en el agua	0,29	0,24	1,36
PEBD (4): bolsas elásticas, envases y empaques blandos y semitransparentes	2,07	3,65	4,05
PP (5): películas transparentes y brillantes, envases ligeramente transparentes	1,34	1,32	1,10
PS (6): quebradizo por su alta rigidez, se hunde en el agua	1,13	1,08	0,58
Otros plásticos (7)	0,66	0,29	
Vidrio	1,07	2,63	1,74
Reciclable: curvo (verde, blanco o ámbar)	1,07	1,05	1,74
Vidrio plano		1,58	-



Tipo de residuo	(%) 2009	(%) 2011	(%) 2014
Metales	0,76	0,46	1,52
Ferrosos	0,50	0,37	0,12
No ferrosos	0,26	0,09	1,4
Tetra pack	0,21	0,16	0,32
Textiles	5,01	4,33	3,88
Especiales	2,35	4,39	5,52
Electrónicos	0,40	0,22	0,64
Ordinarios e inertes	15,85	18,06	22,3
Papel higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.	6,43	8,92	9,36
Papel no reciclable	0,71	0,13	2,18
Cartón no reciclable	0,15	0,19	3,93
Vidrio no reciclable	0,15	0,18	-
Plástico aluminizado	0,79	0,48	1,71
Icopor	0,74	0,58	1,18
Caucho	0,57	0,1	1,6
Cuero	0,58	0,33	0,22
Residuos de tamaño inferior a 2 mm	-	-	0,88
Residuos mezclados y contaminados con materia orgánica	5,72	7,15	1,24
Peligrosos	2,05	1,39	1,89
Biosanitarios	0,24	0,10	0,82
Baterías, pilas y acumuladores	0,12	0,02	0,01
Biocidas (venenos)	0,05	0,04	-
Fármacos	0,23	0,34	0,18
Grasas y aceites	0,09	0,49	0,76
Pinturas y solventes	0,95	0,27	0,11
Otros peligrosos	0,36	0,13	0,01
Total	100,0	100,0	100,0

Fuente: (Universidad de Medellín, 2014).



Gráfica 13 Composición física porcentual de residuos caracterizados por el municipio de Medellín en el relleno sanitario La Pradera.

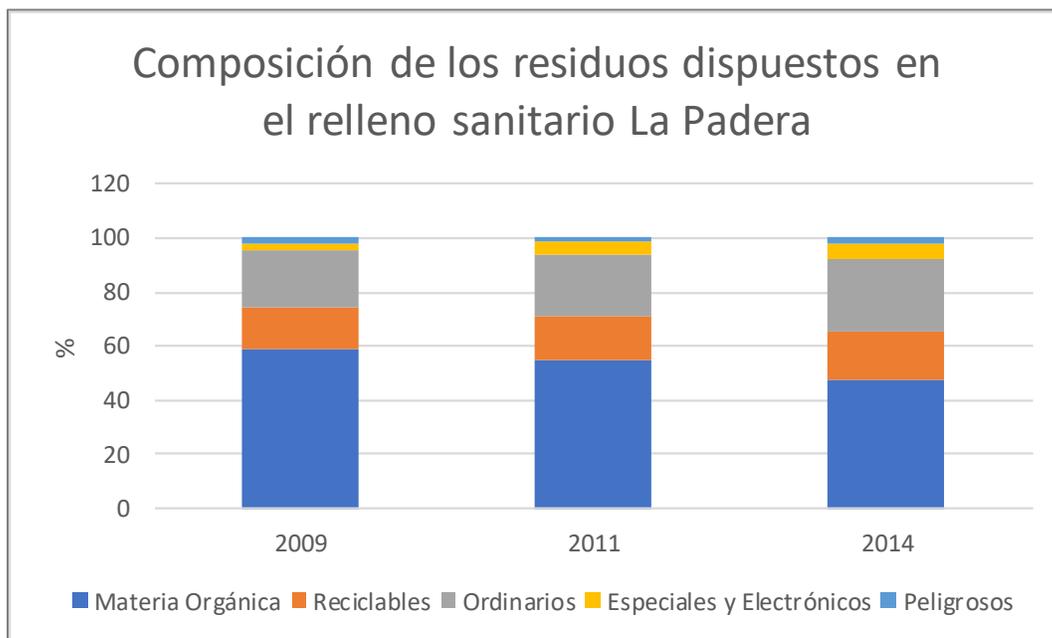
Fuente: Elaboración propia a partir de (Universidad de Medellín, 2014).

De acuerdo con los datos encontrados para los años 2009, 2011 y 2014, en general en la Gráfica 13 se evidencian tendencias claras frente al cambio en la participación de cada una de las corrientes de residuos en el relleno sanitario en el transcurso de los últimos años.

Por su parte, el porcentaje de orgánicos muestra un decrecimiento constante en la participación de los residuos que llegan al relleno sanitario, lo cual se debe a diversos factores como cambios en los hábitos de consumo y el crecimiento anual en cifras de aprovechamiento de esta fracción de los residuos, ya que como se menciona en el capítulo de aprovechamiento, en los últimos años se han identificado gestores que aprovechan cantidades importantes de estos residuos a la vez que se han realizado importantes esfuerzos por las administraciones municipales y el Área Metropolitana para la generación de programas de aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Lo anterior deja como resultado un aumento en la participación de las demás fracciones de residuos que llegan al relleno sanitario, encontrándose un crecimiento a lo largo del tiempo en las fracciones de residuos ordinarios, especiales y reciclables dispuestos en el mismo.

En el siguiente gráfico se muestra la comparación en la composición de los residuos dispuestos en los años analizados.



Gráfica 14 Composición de los residuos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Universidad de Medellín, 2014).

Según la Gráfica 14, aunque la fracción total de los residuos ordinarios presenta un crecimiento en el transcurso de los años (lo cual se convierte en el escenario deseado), según los datos anteriores es evidente que aún se tienen grandes falencias en la gestión diferenciada y aprovechamiento de residuos, pues de la cantidad total de residuos que llegan al relleno sanitario, aun un porcentaje superior al 60% lo constituyen residuos que podría tener un aprovechamiento (entre residuos reciclables y orgánicos), lo que genera una reducción sustancial de su vida útil e implica costos de transporte y disposición final que podrían ser evitables.

Los residuos orgánicos por su parte, constituyen el principal componente de los residuos que se disponen en el relleno sanitario, sin embargo, la gestión diferenciada (aprovechamiento) evitaría en gran parte la generación de gases de efecto invernadero y lixiviados, así como las consecuentes dificultades operacionales del sitio de disposición final y los costos de su tratamiento que finalmente repercuten en las tarifas del servicio de aseo. Así mismo, para los residuos reciclables, aunque en el Área Metropolitana se ha tenido una gestión de aprovechamiento permanente, los valores muestran que dicha gestión aún debe ser optimizada, más aun, teniendo en cuenta el crecimiento per cápita de su generación.

Adicionalmente, es importante tener en cuenta que la cantidad de residuos que pudo ser aprovechada tiene un valor monetario que se está desperdiciando por no hacer el debido aprovechamiento y contrariamente estarse disponiendo en el relleno sanitario, lo cual se muestra en la siguiente Tabla, en la cual se calcula que el valor monetario que pudo

generarse por los residuos dispuestos por el Valle de Aburrá en el año 2016 llega a un total de 370'510.893 millones de pesos diarios, lo cual se calcula a partir de las cantidades de residuos generadas en dicho año, los porcentajes de participación de cada tipo de residuo encontrados en la caracterización de la Tabla anterior y los precios promedio de comercialización de estos materiales del mismo año.

Tabla 25 Valor de mercado del material aprovechable dispuesto en el relleno sanitario a 2016

Tipo de Residuo	\$/kilo ¹³ (aproximado)	Ton/día Dispuestas AMVA	\$/día ¹⁴	\$/mes	\$/año
Materia orgánica	200,0	1247,5	99.799.680	2.993.990.400	36.426.883.200
Subtotal residuos orgánicos			99.799.680	2.993.990.400	36.426.883.200
Papel	500,0	35,4	17.708.100	531.243.000	6.463.456.500
Cartón	236,7	18,8	4.441.121	133.233.630	1.621.009.165
Plástico	464,4	342,0	158.832.142	4.764.964.266	57.973.731.903
Vidrio	130,0	46,0	5.978.466	179.353.980	2.182.140.090
Metales	2056,3	40,2	82.609.608	2.478.288.240	30.152.506.920
Tetra pack	135,0	8,5	1.141.776	34.253.280	416.748.240
Subtotal residuos reciclables			270.711.213	8.121.336.396	98.809.592.818
TOTAL			370.510.893	11.115.326.796	135.236.476.018

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030.

Finalmente, llama la atención que, aunque la fracción de residuos peligrosos que llega al relleno sanitario se mantiene desde al año 2009 cercana al 2% de los residuos totales dispuestos, era de esperarse una disminución en el tiempo, teniendo en cuenta los programas pos consumo generados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible antes (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) en los últimos años.

Para el caso de Envigado como se muestra en la Tabla 26, la caracterización que se presenta mantiene el mismo orden en la participación de los residuos presentada por la caracterización realizada el mismo año por el municipio de Medellín, aunque presenta diferencias principalmente en los porcentajes de residuos reciclables y ordinarios, lo que evidencia una menor gestión del aprovechamiento de los residuos por parte de este municipio.

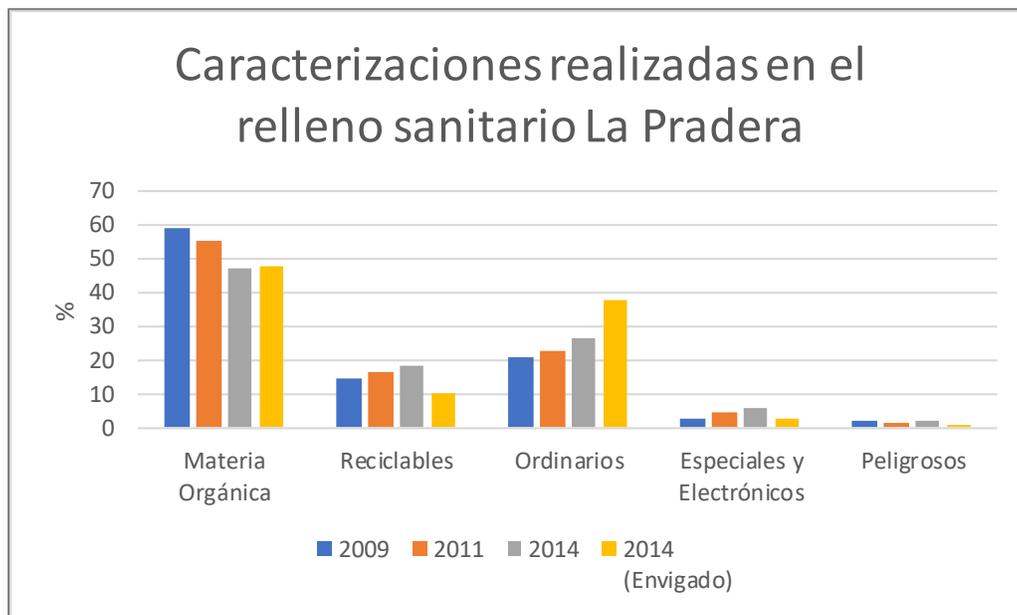
¹³ Para el material reciclable se tienen en cuenta los valores comercializados en compraventas, aunque es importante tener en cuenta que los precios de venta son mayores al realizar la comercialización en las empresas mayoristas y transformadoras. Para el material orgánico se toma como referencia el precio del material aprovechado mediante técnica de compostaje.

¹⁴ Para el cálculo de la comercialización del material orgánico se toma el 40% del material dispuesto dado que en el proceso de compostaje el 60% aproximadamente corresponde a pérdidas de humedad.

Tabla 26 Composición física porcentual de residuos caracterizados en el relleno sanitario La Pradera, según estudios realizados por el municipio de Envigado en el año 2014.

Tipo de Residuo	Porcentaje 2014
Reciclable	10%
Orgánico	48%
Ordinario	38%
Especial	3%
Residuos peligrosos	1%
Total	100%

Fuente: (Alcaldía de Envigado, 2016).



Gráfica 15 Comparativo en la composición física porcentual de residuos caracterizados por los municipios de Medellín y Envigado en el relleno sanitario La Pradera.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Alcaldía de Envigado, 2016; Universidad de Medellín, 2014).

En general, tanto para el municipio de Medellín como para el de Envigado es evidente que aún falta implementar medidas para incentivar y facilitar el aprovechamiento de los residuos orgánicos y reciclables y la gestión diferencial de los residuos peligrosos.

Sin embargo, dado que en el PGIRS del municipio de Envigado no se cuenta con una caracterización más detallada para cada fracción de residuos, ni se evidencia la metodología de esta caracterización, en adelante se tomará como referencia para el Valle de Aburrá la caracterización realizada por el municipio de Medellín; esto además teniendo en cuenta que en mayor medida los residuos que llegan al relleno sanitario provienen de este municipio dada la cantidad de residuos generada.

1.4.6 Densidad de los residuos sólidos generados en el AMVA

A partir de los informes de caracterización de Medellín y Envigado, contenidos en los PGIRS municipales, y lo reportado para Barbosa, Copacabana y La Estrella en el proceso de “evaluación del estado de avance de las metas establecidas en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional – PGIRS Regional”, a través del Contrato 502 de 2014, se consolidan los promedios de las diferentes densidades para los sectores residencial – urbano, residencial – rural y no residencial.

1.4.6.1 Densidades de residuos sólidos del sector residencial urbano

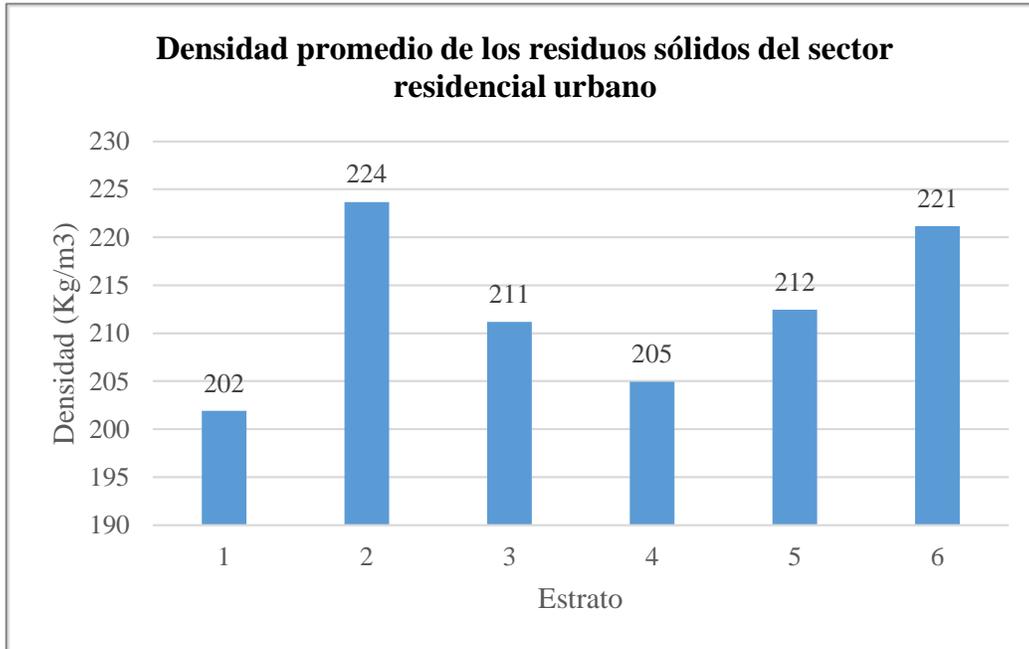
De acuerdo con la información encontrada por el sector residencial urbano, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se encuentran registros de densidades promedio de 205 kg/m³ que varían entre los 144 y 320 Kg/m³ dependiendo del municipio y de los diferentes estratos socioeconómicos.

Según estos datos, se encontró un mayor valor para el estrato 2 seguido del estrato 6; aunque tomando cifras promedio para cada uno de los municipios se evidencia que los residuos del Municipio de Medellín presentan mayor densidad con un valor de 245 Kg/m³.

Tabla 27. Densidad de los residuos sólidos urbanos residenciales.

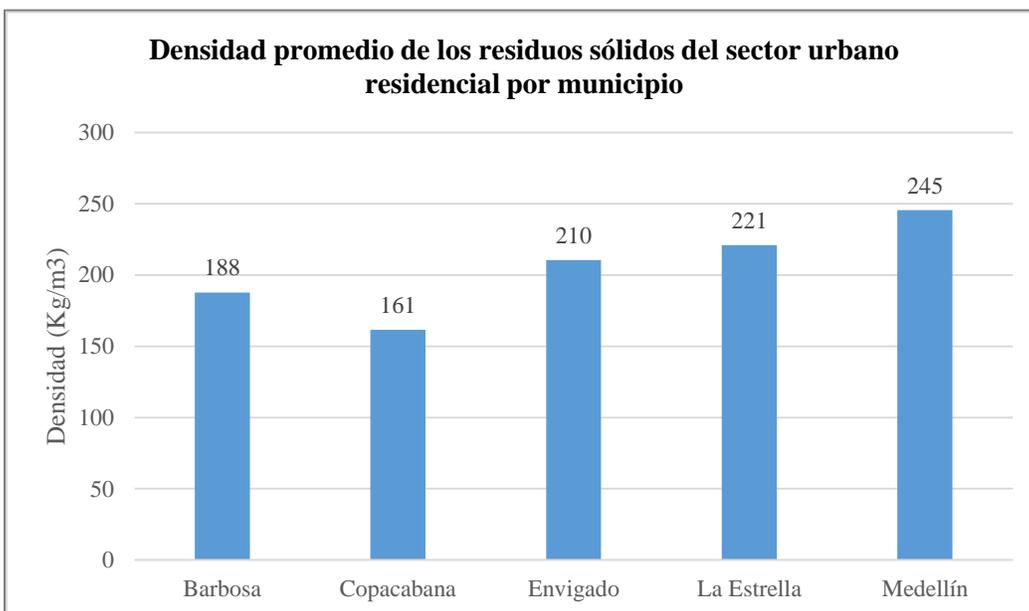
N°	Código	Municipio	Densidad promedio por estrato socioeconómico (Kg/m ³)						Densidad promedio total (Kg/m ³)
			1	2	3	4	5	6	
1	079	Barbosa	195	178	190	N.R	N.R	N.R	188
2	212	Copacabana	144	164	177	N.R	N.R	N.R	162
3	001	Medellín	251	246	242	239	243	252	246
4	266	Envigado	N.R	210	202	208	242	191	211
5	380	La Estrella	218	320	245	168	153		221
Densidad promedio total (Kg/m ³)			202	224	211	205	213	222	213

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).



Gráfica 16 Densidad promedio por estrato socioeconómico para el sector urbano residencial.

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).



Gráfica 17 Densidad promedio de los residuos sólidos urbanos residenciales generados por municipio.

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

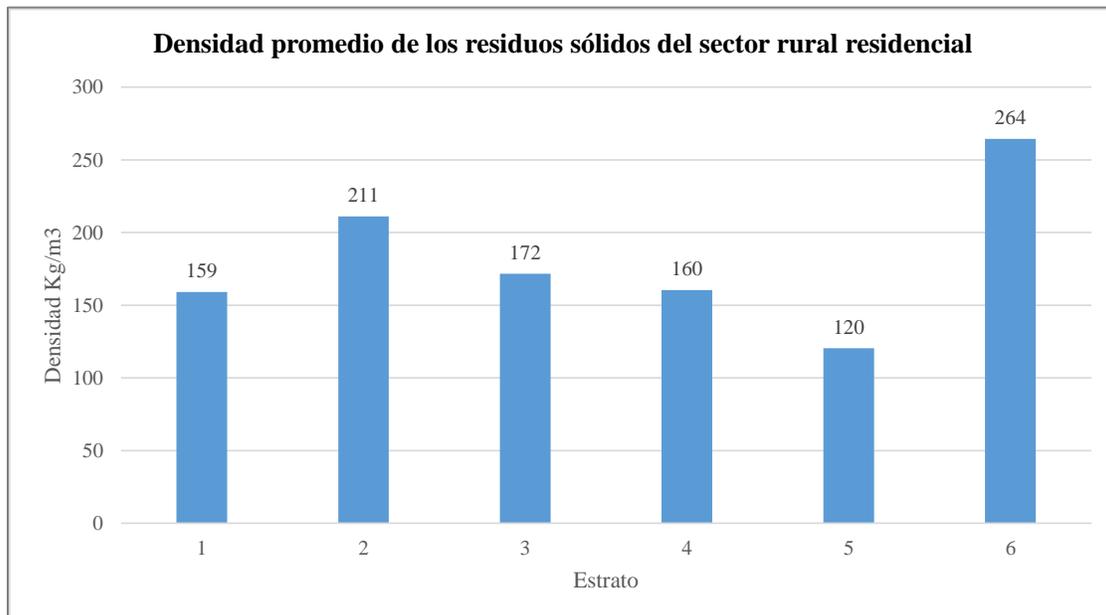
1.4.6.2 Densidades de residuos sólidos del sector residencial rural

Para el sector residencial rural del Área Metropolitana se tienen valores promedio de 176 kg/m³, donde la mayor densidad promedio la reporta La Estrella con 275 kg/m³; siendo el estrato 2 el que representa un mayor valor 211 kg/m³.

Tabla 28 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector rural residencial

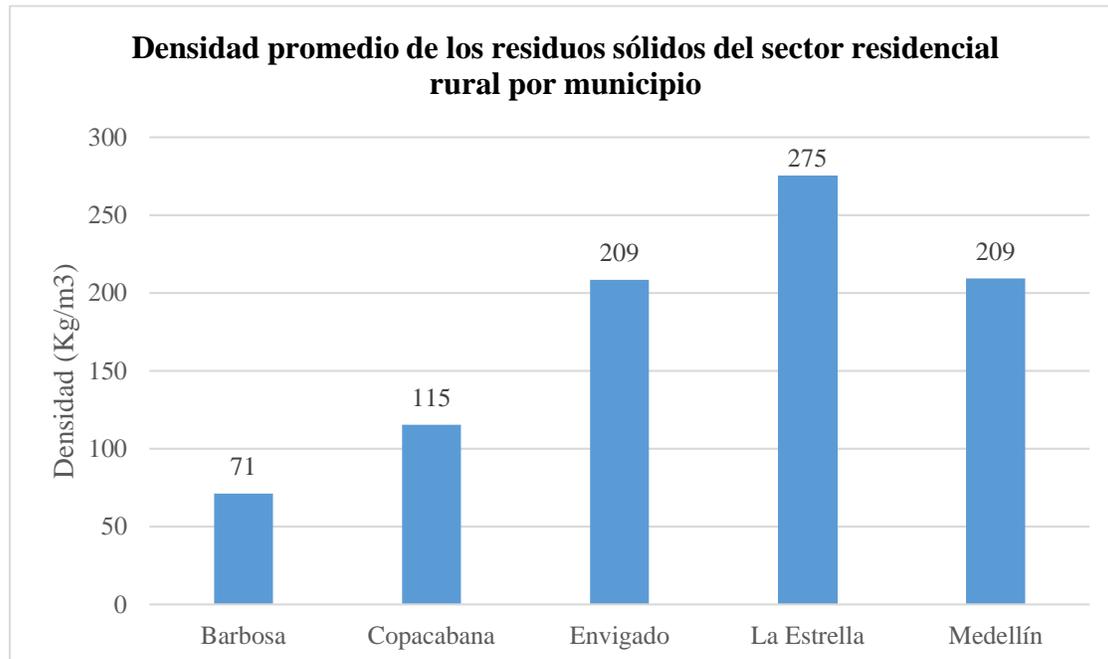
N°	Código	Municipio	Densidad promedio por estrato socioeconómico (Kg/m ³)						Densidad Promedio total (Kg/m ³)
			1	2	3	4	5	6	
1	079	Barbosa	13	152	49	N.R	71	N.R	71
2	212	Copacabana	N.R	233	116	116	77	35	115
3	001	Medellín	-	-	-	-	-	-	209
4	266	Envigado	246	140	276	197	181	211	209
5	380	La Estrella	218	320	245	168	153	548	275
Densidad promedio total (Kg/m ³)			159	211	172	160	120	264	176

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).



Gráfica 18 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector rural residencial por estrato socioeconómico.

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).



Gráfica 19 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector residencial rural por municipio.

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

Se tiene que la densidad promedio de los residuos sólidos urbanos es mayor que la de los residuos sólidos rurales, siendo 205 kg/m^3 y 176 kg/m^3 respectivamente. Esto asociado a que, en las caracterizaciones físicas, reportadas para los municipios en consideración, se tuvo que para el sector urbano la presencia de materia orgánica fue del 55%¹⁵ mientras que para el sector rural la presencia de materia orgánica fue del 41%¹⁶, lo cual repercute en dichos resultados ya que los residuos orgánicos son unos de los que mayor densidad tienen (Tchobanoglus, Theisen, & Vigil, 1998)

1.4.6.3 Densidades de residuos sólidos del sector urbano no residencial

Para el sector no residencial se tiene que los residuos comerciales son los de mayor densidad, con un valor igual a 299 kg/m^3 ; posteriormente se encuentran los residuos institucionales, con 195 kg/m^3 y finalmente los industriales 151 kg/m^3 .

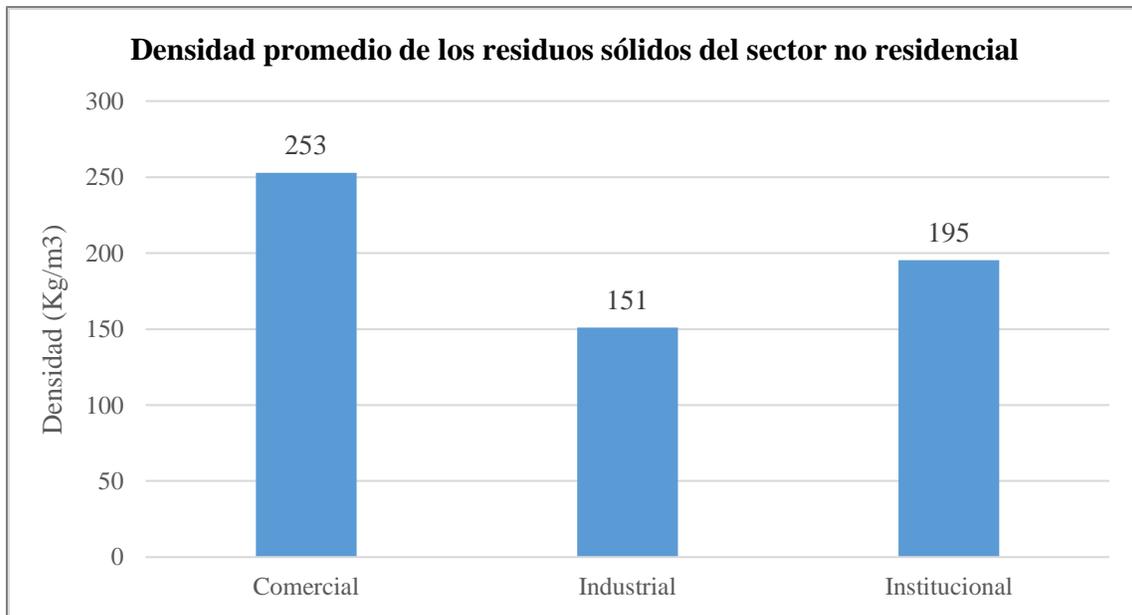
¹⁵ Se realizó un promedio del porcentaje de materia orgánica, reportado en la composición física porcentual del sector residencial, de todos los municipios en consideración (Barbosa, Girardota, Medellín, Envigado y La Estrella).

¹⁶ Se realizó un promedio del porcentaje de materia orgánica, reportado en la composición física porcentual del sector rural, de los Municipios de La Estrella, Copacabana, Barbosa y Medellín. No se tuvo en cuenta Envigado porque no se tiene reporte de este.

Tabla 29 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector no residencial

N°	Código	Municipio	Densidad promedio por sector (Kg/m ³)		
			Comercial	Industrial	Institucional
1	079	Barbosa	N.R	200	228
2	212	Copacabana	450	60	165
3	001	Medellín	160	143	117
4	266	Envigado	227	186	151
5	380	La Estrella	360	170	294
Densidad promedio total (Kg/m ³)			299	151	195

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).



Gráfica 20 Densidad promedio de los residuos sólidos del sector no residencial.

Fuente: PGIRS Municipales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

1.4.7 Potencial de aprovechamiento

La estimación del potencial de aprovechamiento de residuos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se determinó teniendo en cuenta los residuos que están siendo aprovechados más los residuos orgánicos y reciclables que actualmente llegan al relleno sanitario.



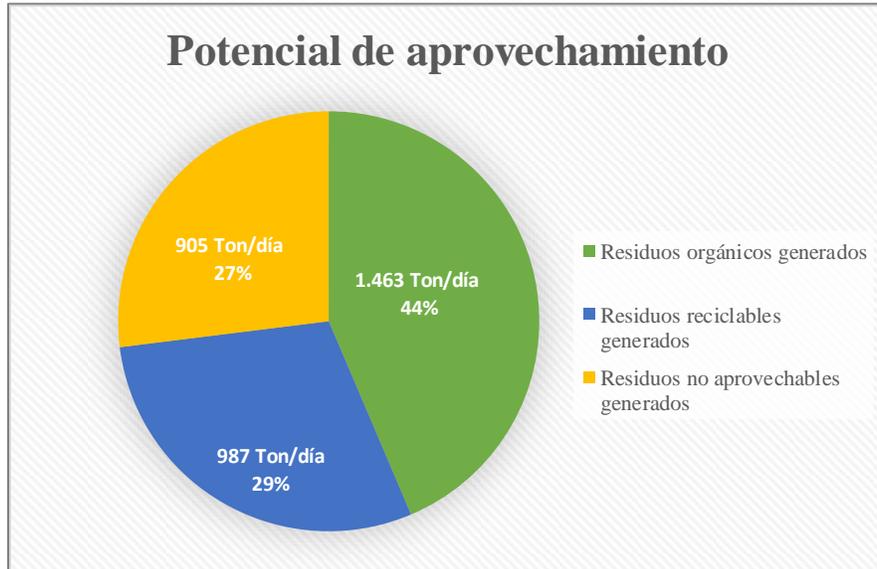
La cantidad de residuos que son aprovechados actualmente se determinó de acuerdo con el Balance de Generación de Residuos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá a partir de la información reportada por organizaciones ambientales y empresas de aprovechamiento en el caso de los residuos orgánicos, y la reportada por compraventas en el caso de los residuos reciclables, dado que éstas constituyen el primer eslabón en la cadena de aprovechamiento.

A partir del balance de generación se toma el valor de la cantidad de residuos orgánicos que son aprovechados, el cual corresponde a 216 ton/día, es decir, el 6% de la generación total; valor calculado a partir de la información suministrada por gestores y organizaciones que prestan el servicio de aprovechamiento de orgánicos a grandes generadores principalmente, algunas empresas que realizan compostaje in situ y la estimación del aprovechamiento de residuos de poda de césped y corte de árboles a partir de la "Guía para el manejo de los productos de tala, poda y rocería" del Área Metropolitana del Valle de Aburrá". Es importante resaltar que se recibió información del 68% del total de gestores identificados; adicionalmente, dada la disponibilidad de información, existe la posibilidad de no haber incluido algunos gestores y empresas que realicen aprovechamiento in situ; por lo tanto, no se cuenta con el total de residuos orgánicos que son actualmente aprovechados en el Valle de Aburrá y el porcentaje de aprovechamiento puede ser mayor.

Así mismo, se tomó el valor de la cantidad de residuos reciclables que son actualmente aprovechados, que corresponde a 496 ton/día, es decir, el 15% de la generación total; esta información fue consolidada a partir de los reportes de las cantidades de material reciclable aprovechado que hicieron los PGIRS municipales a nivel de compraventas.

Para el cálculo de la cantidad de residuos aprovechables que llegan a disposición final en el relleno sanitario, se utilizó la caracterización realizada en el relleno sanitario La Pradera en el 2014 por la Universidad de Medellín, de la cual se tiene que el 47% de los residuos que llegan a disposición final son orgánicos y el 19% son reciclables, es decir, 1.248 ton/día y 491 ton/día respectivamente.

En esta caracterización se incluyeron residuos provenientes de zonas residenciales de Medellín y algunos municipios cercanos (sector urbano y rural) y grandes generadores comerciales de Medellín, pero no abarcó el sector industrial, lo que pudo sesgar los resultados de la caracterización. Por otro lado, el objetivo de esta caracterización no era hallar la composición física porcentual solo de los residuos que se originan en los municipios del AMVA y que son dispuestos en Pradera, por lo que por esta razón, el informe citado, incluye un camión de Rionegro y solamente tres municipios del AMVA: Medellín, Bello y Girardota; sin embargo, el 75% de los vehículos caracterizados provenían del primero y de acuerdo al informe de disposición final presentado, se tiene que de los municipios del AMVA, Medellín es el municipio con mayor disposición final, siendo esta del 65%. Por lo que finalmente, se considera que esta caracterización es la mejor aproximación a la realidad para conocer la composición física de los residuos que son generados en el AMVA y que son dispuestos en el Relleno Sanitario La Pradera.



Gráfica 21 Potencial de aprovechamiento

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

De este modo, se tiene que el potencial de aprovechamiento total de residuos orgánicos para el AMVA es del 44% y de residuos reciclables es del 29%, sumando en conjunto un 73% de potencial de aprovechamiento total; aunque para el sector residencial el potencial de aprovechamiento total de residuos orgánicos es del 55% y de residuos reciclables es del 20%.

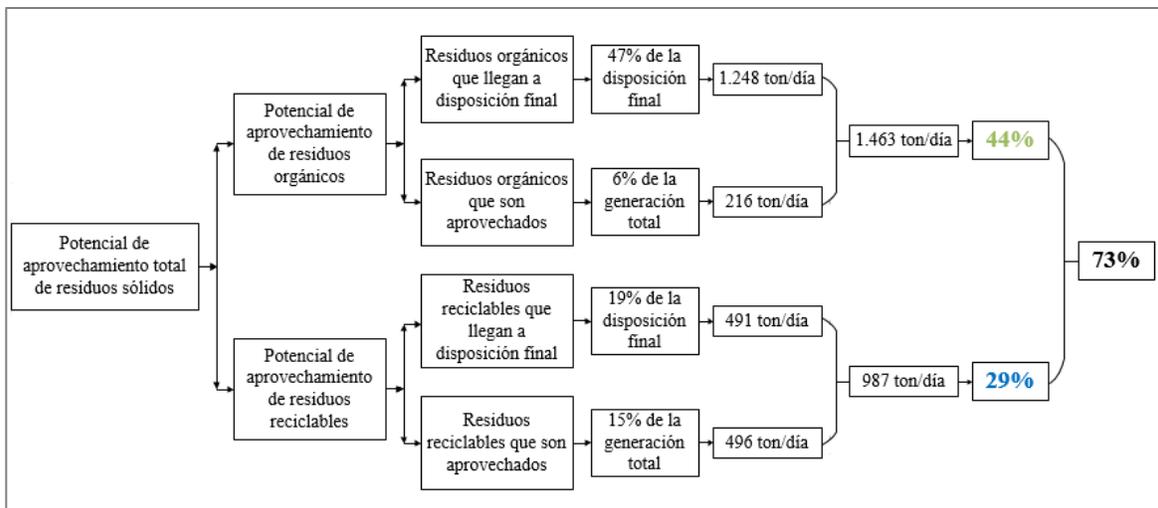


Ilustración 5. Metodología para el cálculo del potencial de aprovechamiento reciclable, orgánico y total para el AMVA.

Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017.



Aunar esfuerzos para la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS-R) y el desarrollo de prototipos empresariales para la Gestión de Residuos Reciclables, Orgánicos y Residuos de Construcción y Demolición
Convenio de Cofinanciación CD 1114 DE 2016.



1.4.8 Suscriptores del servicio público de aseo por tipo y estrato en área urbana

Esta información corresponde al número de suscriptores que son atendidos con la prestación del servicio público de aseo, el cual está atado al cobro de la tarifa, en función del sistema de acueducto de Empresas Públicas de Medellín.

En la siguiente Tabla se presenta el número de suscriptores residenciales, comerciales e industriales para los municipios. Está discriminado por estratos socioeconómicos, y la información presentada proviene del SUI. A partir de aquí se evidencia que los que tienen mayor número de suscriptores son Medellín, Bello, Itagüí y Envigado, los cuales son los mayores generadores de residuos en el Valle de Aburrá.,



Aunar esfuerzos para la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS-R) y el desarrollo de prototipos empresariales para la Gestión de Residuos Reciclables, Orgánicos y Residuos de Construcción y Demolición
 Convenio de Cofinanciación CD 1114 DE 2016.



Tabla 30 Suscriptores del servicio de aseo en el mes de abril de 2016.

N°	Código	Municipio	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Comercial	Industrial	Otros	Total
1	79	Barbosa	698	4.806	1.137	2	1	1	711	9	0	7.365
2	308	Girardota	352	8.654	1.648	194	85	80	992	59	43	12.107
3	212	Copacabana	794	12.591	7.575	264	137	104	1.409	82	42	22.998
4	88	Bello	23.329	43.692	49.720	7.280	40	20	8.160	251	137	132.629
5	1	Medellín	63.756	231.808	217.335	85.395	63.832	33.077	40.762	2.364	1.056	739.385
6	360	Itagüí	3.767	28.920	37.734	3.203	1	0	7.694	606	345	82.270
7	266	Envigado	1.089	12.950	25.421	14.368	15.383	2.804	6.683	549	0	79.247
8	631	Sabaneta	306	6.588	13.125	7.484	162	5	3.130	212	173	31.185
9	380	La Estrella	1.194	8.270	6.247	1.466	337	33	1.237	221	137	19.142
10	129	Caldas	1.534	13.535	5.743	117	32	8	2.038	100	27	23.134
Total			96.819	371.814	365.685	119.773	80.010	36.132	72.816	4.453	1.960	1.149.462

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017



1.5 Bibliografía

Alcaldía de Envigado. (2016). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS del Municipio de Envigado 2015-2016. Envigado.

Alcaldía de Envigado. (2017). Envigado te informa - Medio Ambiente. Retrieved from <http://envigadoteinforma.com/category/medio-ambiente/enviaseo/>

Alcaldía de Medellín, & Universidad de Medellín. (2015). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Medellín dando cumplimiento a la Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014. Medellín.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). *Diseñar e implementar estrategias que permitan fortalecer los procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos, cuantificando el estado de cumplimiento de metas del Plan de Gestión de Residuos Regional en el Valle de Aburrá. Contrato 502 de 2014.* Medellín.

Contraloría General de Medellín. (2012). Informe Estado de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente del Municipio de Medellín 2011. Medellín.

Contraloría General de Medellín. (2013). Informe Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente del Municipio de Medellín 2012. Medellín.

Contraloría General de Medellín. (2014). Informe Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente del Municipio de Medellín 2013. Medellín.

Contraloría General de Medellín. (2015). Informe Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente del Municipio de Medellín 2014. Medellín.

Contraloría General de Medellín. (2016). Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente. Municipio de Medellín. 2015. Medellín.

CORANTIOQUIA, & Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2005). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá.

Dirección Nacional de Planeación, & Banco Mundial. (2014). COLOMBIA : Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura - Preparación de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Infraestructura. Sector Aseo. Medellín.

Empresas Varias de Medellín E.S.P., & Universidad de Antioquia. (2005). *Sistema de Información del Servicio Integrado de Aseo para Medellín y sus cinco corregimientos - SIAM5 -*. Medellín.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2012). Título F. Sistemas de Aseo Urbano. In *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS* (p. 264). Bogotá.



Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015 (2015). Colombia. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1937.tb03385.x>

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014 (2014). Colombia.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2017). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. Retrieved from <http://www.sui.gov.co/web/aseo>

Tchobanoglus, G., Theisen, G., & Vigil, S. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. (M. G. Hill, Ed.). Madrid.

UNEP. (2015). *Global Waste Management Outlook. Waste Management & Research* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1177/0734242X15616055>

Unión Temporal Residuos Sólidos del Valle de Aburrá, & AMVA. (2015). Diseñar e implementar estrategias que permitan fortalecer los procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos, cuantificando el estado de cumplimiento de metas del Plan de Gestión de Residuos regional en el Valle de Aburrá. Convenio 502 de 2014. Medellín.

Universidad de Medellín. (2014). Estudio de aforo y caracterización de los Residuos Sólidos generados en el sector residencial y no residencial (comercial e industrial), que ingresan al Relleno Sanitario La Pradera propiedad de Empresas Varias de Medellín S.A. E.S.P. Medellín.

Universidad de Medellín, & Alcaldía de Medellín. (2015a). Convenio de asociación para realizar el estudio de caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial y no residencial del municipio de Medellín y sus cinco corregimientos. Medellín.

Universidad de Medellín, & Alcaldía de Medellín. (2015b). Estudio de caracterización de Residuos Sólidos generados en el Sector Residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.