

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES
PRODUCIDOS EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VIJES**

ALEJANDRO SÁNCHEZ HURTADO
CÓDIGO 201040196



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2019

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES
PRODUCIDOS EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VIJES**

ALEJANDRO SÁNCHEZ HURTADO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Sanitario y Ambiental**

Director:

LUIS FERNANDO MARMOLEJO REBELLON

Ingeniero Sanitario, MSc. PhD.

Profesor Titular- Escuela EIDENAR

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI**

2019

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Valle para otorgar el título de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

LUIS FERNANDO MARMOLEJO R.
Director del trabajo de grado

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, marzo 21 de 2019

Dedico este trabajo de grado a mis padres

a mis abuelas Rosario y Teresa

a toda mi familia.

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a:

Al profesor Luis Fernando Marmolejo, director de este trabajo de grado por su valiosa colaboración y apoyo.

Al profesor Carlos Arturo Madera, director del programa por todo el apoyo brindado en este proceso.

A mis padres, por todo el sacrificio hecho a lo largo de mi proceso académico.

A todo el personal de la administración municipal de Vives por permitirme aportar un grano de arena a mi amado pueblo.

A la ingeniera Anny Quijano por darme la confianza de participar en un proyecto tan importante.

Al grupo de trabajo, en especial a Lilibeth Hurtado, Iván Felipe Ortiz, Héctor Barrera y Sebastián Quijano, quienes fueron fundamentales en la recolección de los datos.

A los docentes de la facultad, quienes me brindaron su conocimiento durante el proceso académico.

A mis amigos Camilo Ruiz, Diego González y David Sánchez por ser apoyo en los momentos difíciles del proceso.

A todas mis compañeras y compañeros de estudio que siempre estuvieron pendientes de mis avances, en especial a Valentina Vélez y Manuel Alejandro Rodríguez, por su paciencia y oportuna ayuda.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del trabajo.

Abreviaturas

RSM: residuos sólidos municipales.

RS: residuos sólidos.

RSR: residuos sólidos residenciales.

RSD: residuos sólidos domésticos.

GEI: gases de efecto invernadero.

PGIRS: planes de gestión integral de residuos sólidos.

CRSR: estudio de caracterización de residuos sólidos residenciales.

CRSM: estudio de caracterización de residuos sólidos municipales.

PNR: política nacional de residuos.

GIRS: gestión integral de los residuos sólidos.

ALC: América Latina y el Caribe.

PPC: producción per cápita.

AE: área de estudio.

POE: población objeto de estudio.

MMu: marco muestral.

UM: unidad de muestreo.

MAS: muestreo aleatorio sistemático.

ME: muestreo estratificado.

MP: muestreo piloto.

TMF: tamaño de la muestra final.

MF: muestreo final.

Contenido

Pág.

Abreviaturas	6
Resumen	13
1. Introducción.....	15
2. Objetivos.....	17
2.1 Objetivo general	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. Justificación	18
4. Marco conceptual	24
4.1 Residuos Sólidos (RS).....	24
4.2 Residuos sólidos residenciales (RSR)	24
4.3 Caracterización de los RSR	25
4.4 Muestreo de RSR.....	27
4.5 Método de muestreo aleatorio sistemático (MAS)	29
4.6 Producción per cápita (PPC)	30
4.7 Política nacional para la GIRS.....	32
5. Metodología.....	34
5.1 Descripción del área de estudio	34
5.2 Recolección de información	36
5.3 Diseño del programa de muestreo	37
5.3.1 Población objeto de estudio	37
5.3.2 Marco Muestral.....	37
5.3.3 Unidad de muestreo	38
5.3.4 Variable analizada para la generación	38

5.3.5 Método de muestreo	38
5.3.6 Tamaño de muestra.....	38
5.3.7 Diseño de encuesta	39
5.4 Trabajo de campo	39
5.4.1 Visitas de reconocimiento	39
5.4.2 Capacitación personal.....	39
5.4.3 Jornada de encuestas y sensibilización en las viviendas	40
5.4.4 Muestra de prueba	40
5.4.5 Muestreo piloto.....	40
5.4.6 Muestreo final.....	41
6. Resultados y análisis.....	44
6.1 Análisis de las características de la población objeto de estudio	44
6.1.1 Nivel educativo.....	44
6.1.2 Número de personas por vivienda	45
6.1.3 Separación de los RSR dentro de la vivienda.....	45
6.1.4 Conocimiento sobre el reciclaje en las viviendas	47
6.1.5 Destino del material reciclado	47
6.1.6 Usos o destino de los desperdicios de comida (residuos orgánicos de fácil degradación)	48
6.2 Análisis de la producción per capita – PPC.....	49
6.2.1 Producción per capita - PPC Global	49
6.2.2 PPC promedio por días	51
6.2.3 PPC por barrio	52
6.3 Composición física de los residuos solidos	53
7. Formulación de alternativas para la GIRS.....	54
7.1 Propuesta de prevención de RS	54

7.2 Propuesta de reutilización de RS	55
7.3 Alternativas enfocadas en el aprovechamiento de RS.....	55
7.4 Propuesta de formalización de los recicladores.....	56
7.5 Disposición final.....	56
7.6 Programa anual de caracterización	56
8. Conclusiones.....	57
9. Recomendaciones	59
Bibliografía.....	60
Anexos	65

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Proyección de la PPC y total de RSM para los años 2012 y 2025	19
Tabla 2. Etapas en donde varia la cantidad, composición y densidad de los RSR	28
Tabla 3. Comparación de las clases de muestreo	28
Tabla 4. Distribución político-administrativa de la zona urbana del municipio de Vijos.....	35
Tabla 5. Producción per capita en el municipio de Vijos	51

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Jerarquía de los Residuos	33
Figura 2. Ubicación geográfica del municipio	34
Figura 3. Área de estudio.....	36
Figura 4. Ruta de recolección de residuos sólidos. Cabecera municipal de Vijos	37
Figura 5. Bolsa rotulada	41
Figura 6. Homogenización de la muestra	43
Figura 7. Cuarteo de la muestra total.....	43
Figura 8. Nivel educativo de las personas que habitaban en la vivienda	44
Figura 10. Número de personas por vivienda.....	45
Figura 11. Porcentaje de viviendas que realizan separación en la fuente.....	45
Figura 12. Número de recipientes utilizados para el almacenamiento de los RSR....	46
Figura 13. Porcentaje de viviendas que no separan sus RSR, pero estarían dispuestas a separarlos	46
Figura 14. Conocimiento y aplicación del reciclaje en las viviendas encuestadas (n=154)	47
Figura 15. Porcentaje de viviendas de la localidad, en las que recupera plástico, cartón, papel, vidrio o chatarra (n=154).	48
Figura 16. Uso dado por los usuarios al material reciclable contenido en los RSR en las viviendas en las que se indicó saber que es reciclaje y practicarlo (n=71).	48
Figura 17. Aprovechamiento de la fracción orgánica de fácil degradación (n=154).	49
Figura 18. Diagrama de cajas para la PPC global	50
Figura 19. Diagrama de cajas para la PPC por días.....	51
Figura 20. Diagrama de cajas para la PPC por barrios	52
Figura 21. Composición física de los RSR en la zona urbana de Vijos	53

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Formato de encuesta	65
Anexo 2. Formato de carta entregada a jefe de hogar	69
Anexo 3. Formato de recolección de datos	70

Resumen

El mundo se enfrenta a una problemática ambiental relacionada con la generación de residuos sólidos (RS); esta problemática requiere de planes de emergencia y medidas profundas que permitan encontrar soluciones verdaderas en los próximos años. Una adecuada gestión de RS requiere el desarrollo de planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) con los cuales deben contar las administraciones municipales, siendo fundamental la información obtenida en los estudios de caracterización de residuos sólidos (CRS).

En la presente investigación se realizó la caracterización de los residuos sólidos residenciales (RSR) en la cabecera municipal de Vijes, Valle del Cauca. Este municipio no contaba con estudios de este tipo que permitan establecer la producción per cápita (PPC) de los RSR, ni la composición de estos, pese a que se encontraba dentro de las metas del plan de desarrollo del municipio. Este tipo de estudio es fundamental para identificar el potencial de aprovechamiento o disposición final para los RSR generados.

Los resultados obtenidos mostraron que la cabecera municipal de Vijes, generó en el 2014, 1.218 Ton de RSR con una PPC de 0,478 Kg/hab-día. Respecto a su composición se tiene que los residuos de comida representan la mayor categoría de los RSR generados, representando el 66,80%; seguido por los residuos higiénicos con un 7,56%; los residuos plásticos con un porcentaje del 7,04%; los de residuos de jardín con el 6,65%; los textiles con un porcentaje de 1,90%; los residuos de caucho y cuero con el 1,87%; los productos de cartón con un porcentaje del 1,63%; los productos de papel con el 1,43%; los productos cerámicos, ceniza, rocas y escombros con un porcentaje del 1,28%; los residuos peligrosos con el 1,11%; la categoría de vidrio con un porcentaje del 1,05%.

Esta composición muestra la opción de aplicar alternativas de reducción establecidas en la política nacional de gestión de RS, en este sentido es indispensable fortalecer los procesos de educación ambiental con el objeto de reducir la generación de residuos de comida. Por otra parte la proporción de materiales como papel y plástico es significativa y dado que tienen un mercado en la zona, se deberá pensar en opciones de aprovechamiento.

Palabras claves: caracterización de residuos sólidos, residuos sólidos residenciales, producción per cápita, muestreo aleatorio sistemático, cabecera municipal Vijes.

1. Introducción

La generación de residuos sólidos municipales (RSM) se ha incrementado en los últimos años, por diversos factores como el aumento de la población, el consumismo, oferta de diversos productos y el desarrollo industrial (Moldes, Cendón, & Barral, 2006; Hoornweg, Bhada- Tata, & Kennedy, 2013). Esta situación, ha generado la necesidad de implementar herramientas de planeación y estrategias de gestión concentradas en asegurar el adecuado manejo de estos residuos. De acuerdo con el Banco Mundial (2012), la producción de RSM para el año 2012 fue aproximadamente de 1,3 billones de toneladas/año y se estima que esta producción aumente a 2,2 billones para el año 2025.

Los RSM corresponden al material descartado en las áreas urbanas y rurales que incluyen en mayor medida residuos sólidos residenciales (RSR) provenientes de las actividades realizadas en viviendas o de establecimiento similares, cuya recolección y disposición se encuentran a cargo de los municipios (Aristizabal & Sáchica, 2001; Zakir, Hasna, Minhaj, & Tofayal, 2014).

El esquema tradicional de gestión de estos residuos RSR (recolección, transporte y disposición), favorece la generación de lixiviados y gases de efecto invernadero (GEI), trayendo consigo impactos ambientales y sanitarios (U.S. Environmental Protection Agency - USEPA, 2000; United Nations Environment Programme - UNEP, 2013). Por consiguiente, una buena gestión de estos residuos constituye uno de los retos más importantes para políticos, técnicos y científicos, que buscan una solución correcta, o al menos aceptable, con el objetivo de mitigar estos impactos y por lo tanto contribuir a la sostenibilidad de cualquier ciudad o municipio.

La gestión adecuada de residuos sólidos (RS) requiere establecer una legislación, regulación y prácticas administrativas adecuadas, las cuales deben ser lo suficientemente amplias para poder ser aplicadas a nivel nacional, al mismo tiempo que específicas en donde se tengan en cuenta las características de los sistemas de RS a nivel local (Agudelo, Rengifo, & Madera, 2008). Por esta razón, el desarrollo de PGIRS es cada vez más importante y debería estar presente en todas las administraciones municipales para lo cual es fundamental la información obtenida en los estudios de caracterización de residuos sólidos residenciales (CRSR) (Kocasoy, 2001; Bonifacio, 2010).

La importancia de la CRSR radica en conocer la cantidad y composición de los RSR generados las cuales se encuentra en función de diversas características como el estrato socioeconómico, la densidad poblacional, nivel de educación e ingresos. Todo lo anterior con el propósito de determinar su potencial de aprovechamiento o tratamiento final de manera adecuada, logrando al mismo tiempo la optimización de los recursos disponibles para ello e identificación de las fortalezas y debilidades en cuanto al manejo de los residuos sólidos (Montoya, 2012; ECO Consultorías e Ingeniería SAC, 2013).

Una vez que los bienes han cumplido con su propósito o utilidad son desechados como RS, los cuales pueden aprovecharse por medio de diferentes alternativas tecnológicas o destinarse a sitios de disposición final (Marmolejo, y otros, 2009). En su sentido más amplio, las actividades asociadas a la gestión de los RSR incluyen la manipulación de residuos, la recolección y el transporte, el tratamiento, la recuperación de materiales y energía y disposición final (González, Bräutigam, & Seifert, 2012).

En el año 2016, se expidió el documento CONPES 3874 (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2016), en el cual se establece la Política Nacional para la Gestión Integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario. Esta política se compone de cuatro ejes estratégicos: (i) la prevención en la generación de residuos; (ii) la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; (iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y (iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero.

Teniendo en cuenta la importancia de los CRSR y que el municipio de Vijos no contaba con estudios que permitieran conocer la generación y composición de los RS de origen municipal (Alcaldía de Vijos, 2012), en este proyecto se estimó la cantidad y composición de RSR de la cabecera municipal de Vijos, Valle del Cauca, identificando la situación de estos residuos; elemento primordial para la construcción de un nuevo Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS).

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Estimar la cantidad y composición física de los residuos sólidos residenciales (RSR) dentro de la cabecera del municipio de Vijes, Valle del Cauca, identificando opciones para la gestión adecuada acordes con el contexto.

2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un programa de muestreo y caracterización de los residuos sólidos generados en el área de estudio.
- Identificar aspectos sociales y técnicos que inciden en la gestión de los residuos sólidos en el área de estudio.

3. Justificación

El crecimiento desmedido de la población mundial ha generado un incremento en la demanda de productos y bienes producidos a partir de la sobreexplotación de los recursos naturales; de igual forma, el cambio en los patrones de consumo de la población ha conllevado al aumento en la oferta de estos productos y bienes. Ambos sucesos, se consideran como multiplicadores de la generación de RS en el mundo, convirtiéndose en una problemática importante que exige planes de emergencia y medidas profundas que permitan encontrar soluciones verdaderas en los próximos años (Avendaño, 2015; Rodríguez, 2015).

Los temas sobre la generación y manejo de los RS, han tomado fuerza desde 1990. En el Capítulo 21 de la Agenda 21 expuesto en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD-92) realizada en Río de Janeiro (1992), se identificó la necesidad de contemplar la minimización en la producción de RS y el reciclaje como estrategias claves para reducir el problema primario y encausar el aprovechamiento racional de estos residuos, así como su recolección, tratamiento y disposición en forma ambientalmente segura (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2005).

Por su parte, la Comisión de la Unión Europea (CUE) dentro de su estrategia de desarrollo sostenible estableció la gestión de los RS como una de sus prioridades, fundamentándose en cuatro pilares: prevención (tecnologías más limpias, diseño ecológico) y reutilización, reciclaje, conversión de los RSM en una fuente de energía de efecto invernadero neutral y por último mejorar la disposición final (rellenos sanitarios) de RS (EUROSTAT, 2010).

Actualmente, la producción per-cápita (PPC) promedio de RSM a nivel mundial es de 0,64 Kg/hab-día. Se estima que esta producción habrá incrementado más del doble en el 2025, puesto que 1.400 millones de personas más, habitarán los núcleos urbanos produciendo en promedio 1,42 Kg/hab-día. Lo anterior implica que, en los próximos nueve años pasarán de generarse 680 millones de ton/año de RSM a 2.200 millones de ton/año (Banco Mundial, 2012; Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

En la tabla 1 se presenta la proyección de la PPC y total de RSM para los años 2012 y 2025.

Tabla 1. Proyección de la PPC y total de RSM para los años 2012 y 2025

Región	AÑO 2012		AÑO 2025	
	Producción Promedio (Kg/hab-día)	Producción Total (Ton/día)	Producción Promedio (Kg/hab-día)	Producción Total (Ton/día)
AFR	0,65	169.120	0,85	441.840
SAR	0,45	192.411	0,77	567.545
MENA	1,07	173.545	1,43	369.320
ECA	1,12	254.389	1,48	354.811
LAC	1,09	437.545	1,56	728.392
EAP	0,95	739.959	1,52	1.865.380
OECD	2,15	1.566.286	2,07	1.742.417

AFR: África; SAR: Asia del Sur; MENA: Medio Oriente y África del Norte; ECA: Europa y Asia Central; LAC: Latinoamérica y El Caribe; EAP: Asia Oriental y el Pacífico; OECD: Países de la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo.

Fuente: Adaptado de (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Almagir y Ahsan (2007), realizaron una CRSR en seis ciudades de Bangladesh, dentro de las cuales se encontraba la capital Dhaka con una población de más de 10 millones de habitantes. Para este estudio se seleccionaron viviendas teniendo en cuenta los cinco (5) estratos socioeconómicos, reportando una PPC promedio para el año 2007 de 0,37 Kg/hab-día, al mismo tiempo que se concluyó que la PPC es consistentemente creciente según el estrato socioeconómico.

América Latina y el Caribe (ALC) cuentan con los datos más completos y coherentes a nivel mundial. La cantidad total de residuos generados por año en esta región es de 160 millones de toneladas, con valores per cápita que oscilan entre 0,1 y 5,5 Kg/hab-día, con un promedio de 1,1 Kg / cápita/ día. Similar a las altas tasas de generación per cápita de residuos en las islas en África, la mayor tasa de generación per cápita de generación de residuos se encuentran en las islas de El Caribe (Banco Mundial, 2012).

En ALC los esquemas de Gestión de Residuos Sólidos, son muy variables; hay ciudades con grandes avances en materia de recolección y recuperación de materiales, pero también se observan experiencias en donde no se posee ni siquiera una sección municipal encargada de la recolección. No obstante, la generalidad es que, en las ciudades capitales, generalmente, el manejo de los RSM esté encaminado hacia la búsqueda de un sistema integral, que incorpore los pasos de disminución, separación y recuperación al ciclo de los RS (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2010).

De acuerdo con el documento conocido como “Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe” (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2005), para la región en el año 2010 se percibían los siguientes aspectos descritos a continuación:

i. Aproximadamente el 50% de los residuos generados en la región recibían una disposición final inadecuada.

ii. La incapacidad de los municipios de alcanzar la sostenibilidad financiera de los servicios, lo que obstaculizaba el desarrollo del sector.

iii. Recolección deficiente en barrios marginales de las metrópolis.

iv. Más allá del aumento en la concientización de la población y autoridades sobre la necesidad de mejorar los niveles de reciclado y 3Rs (reducir, reutilizar, reciclar) en general, los porcentajes absolutos de esa actividad eran bajos liderados por el sector informal.

v. En múltiples ciudades de la región se operaban vertederos controlados bajo la denominación de rellenos sanitarios.

vi. El aprovechamiento energético de los residuos era escaso o prácticamente nulo.

La falta de regulación del sector, tanto económica como técnica, no contribuía en cerrar la brecha de asimetrías de información entre las autoridades municipales, la población en general y los operadores privados.

De acuerdo con la información más reciente, los gobiernos de ALC enfrentan la problemática de la gestión de residuos y sus impactos en un contexto de preocupación mundial por la sostenibilidad económica, ambiental y social de los servicios. Temáticas como la adecuada disposición final de residuos, la difícil y compleja realidad de los trabajadores informales de los RS, la minimización y el reciclado de los residuos, el cambio climático y los mercados de carbono y el rol de las entidades nacionales, regionales y municipales en la planificación y regulación de los servicios, se han convertido, en la actualidad, en los principales puntos de discusión de las agendas gubernamentales (Banco Mundial, 2012).

En Latinoamérica se han realizado diversos estudios de caracterización de RSR, como es el caso de la Región Metropolitana de Santiago en Chile la cual limita al Norte y al Oeste

con la Región de Valparaíso, la cual realizó un CRSR en el año 2006 estimándose una PPC de 1,1 kg/hab-día. Respecto a la composición se encontró que la mayor fracción correspondió a los residuos de alimentos (38,63%), seguido por los plásticos (21,89%) y en tercer lugar los pañales y celulosa (11,59%). Los resultados de la composición de los RSR fueron un dato esencial para el diseño de campañas de reciclaje y un dato de proyección para la producción de RS en los próximos años (CONAMA, 2006).

En Chihuahua, México el promedio de PPC calculado para el año 2008 fue 0,676 kg/hab-día. Las fracciones principales fueron: orgánica (48%), papel (16%) y plástico (12%). Los resultados mostraron un aumento de la generación de residuos asociados con el nivel socioeconómico (Gómez, Meneses, Ballinas, & Castells, 2008).

Según un estudio realizado por la Organización Panamericana de la Salud - OPS (2010), se evidenció que la PPC de RSM y RSR en países de América Latina y el Caribe tales como Argentina fueron de 1,15 y 0,77 kg/hab-día respectivamente, en Brasil fue de 1,00 y 0,67 kg/hab-día, en Uruguay fue de 1,03 y 0,75 kg/hab-día, en México fue de 0,94 y 0,58 kg/hab-día y en Ecuador fue de 0,71 y 0,62 kg/hab-día, respectivamente.

Por otra parte, en el distrito de ATE, Lima, la PPC de RSM fue de 0,66 kg/hab-día para el año 2011, obteniendo a su vez una densidad RSR de 161,46 kg/m³, siendo este último un valor importante para diseñar un programa de almacenamiento residencial de RSR (Tinoco, 2011).

En la ciudad de Piura, Perú; se determinó que la PPC de RSM es de 0,88 kg/hab-día, y la generación absoluta para el año 2013 de 69,50 ton/año, correspondiendo a RSR 40,51 ton/año. Respecto a su composición se evidenció que la categoría de mayor porcentaje fue la de residuos orgánicos (36.83 toneladas anuales), representando el 53% de los RSM. En este estudio se concluyó que la producción total de RSM, la composición de los RS, las condiciones del servicio de disposición final de los RS y proyectos existentes permitieron generar una atmósfera adecuada para la intervención de acciones de aprovechamiento y mitigación de impactos ambientales y sanitarios (ECO Consultorías e Ingeniería SAC, 2013).

De acuerdo con el objetivo de realizar una adecuada GIRS, en Colombia se ha establecido una amplia normatividad, como en el caso de la Resolución 0754 de 2014, en donde se estableció la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los PGIRS, promoviendo de esta forma el aprovechamiento de RSM

en los municipios, distritos y regiones, para lo cual se requiere de manera fundamental los CRSM (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014); además del Decreto 1077 de 2015 que establece que los municipios y distritos deben elaborar un PGIRS en el ámbito local o distrital según sea el caso (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015)

Las características de los RSM son importantes para el diseño y actualización de estos PGIRS, puesto que permiten obtener un soporte para la selección de opciones tecnológicas de gestión de residuos (Beltrán, 2014).

En el país estos estudios se realizan cuando se van a actualizar los PGIRS, o en el mejor de los casos, cuando se va a llevar a cabo la actualización de la tarifa de aseo. No obstante, estas deben efectuarse como mínimo una vez por año, con el propósito de conocer las proyecciones de producción de RS, la cantidad de RS recolectados por las empresas de aseo y la fracción de RS que se aprovecha, además de la cantidad de estos que se desperdicia (Montoya, 2012; Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2012).

Respecto a la ciudad de Cali en un estudio desarrollado entre enero y septiembre del 2006, se determinó una PPC de RSR de 0,39 kg/hab-día, siendo inferior a la reportada para Colombia y otros países latinoamericanos, situación que se le atribuyó a que el estudio se centró sólo en RSR, cambios en los patrones de consumo o situación socioeconómica de la población. Con relación a su composición se evidenció la presencia en mayor cantidad de residuos de comida representando el 59,00% de los RS generados, seguido por la categoría higiénicos con un 7,73% y la categoría de bolsas y empaques con un porcentaje del 6,93 % (Marmolejo et. al, 2010).

En el municipio de Circasia (Quindío) para el año 2012 se estimó una PPC de RSR 0,63 kg/hab-día, con una composición del 35,50% para la categoría de materia orgánica, seguida por la categoría cartón y papeles con un porcentaje del 13,97% y de plásticos con un porcentaje del 12,80% Por otra parte, se evidenció que la producción de RSR se encuentra fuertemente influenciada por el estrato socioeconómico, el ingreso y el nivel de educación de la población (Marín, 2012).

Por otra parte, en Montería (Córdoba) en una CRSR realizada en el año 2013 se estableció una PPC de 1,62 kg/hab-día, con una composición del 69% para la categoría de materia orgánica, seguida por la categoría del papel y cartón con un porcentaje del 16%; y la categoría del plástico y PET con un porcentaje del 8%. En este estudio se logró concluir que la

potencialidad de aprovechamiento de algunos materiales, pese a que no había una separación en la fuente, además de la viabilidad de una Pyme recicladora en el sector debido a que su producido alcanzaría a cubrir gastos operativos y administrativos (Estrada, 2013).

Según el informe de la SSPD del año 2015, se tiene que la producción nacional de RS en el año 2014 fue de 26.528 Ton/día, reportando la mayor generación en Bogotá D.C. con 6.307,71 ton/día, seguida por los departamentos de Antioquia con 3.146,62 ton/día, Valle del Cauca con 2.667,45 ton/día, Atlántico con 2.043,72 ton/día, Cundinamarca 1.285,55 ton/día, Bolívar 1.248,84 ton/día, Santander 1.134,82 ton/día y Norte de Santander 938,00 ton/día (SSPD, 2015).

Finalmente, el municipio de Vijes carece de estudios sobre la generación y composición de los RSR, lo que no permite iniciar una adecuada gestión en su manejo.

4. Marco conceptual

4.1 Residuos Sólidos (RS)

Se define como RS cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. De igual forma se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

El Decreto 1077 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio establece la clasificación de los RS en aprovechables y no aprovechables, siendo los primeros residuos susceptibles de aprovechamiento para su incorporación a un proceso productivo; y los segundos residuos que no presentan ningún valor comercial, que requieren de un tratamiento y disposición final, lo que representa costos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Los RS que más se producen a nivel mundial son los RSM, los cuales corresponden al material descartado en los núcleos urbanos que incluyen en mayor medida residuos residenciales combinados en una menor proporción con residuos comerciales, cuya recolección y disposición se encuentran a cargo de los municipios (Zakir, Hasna, Minhaj, & Tofayal, 2014). Aparte de los residuos mencionados anteriormente los RSM también pueden incluir algunos residuos institucionales; residuos de barrido de calles, derrumbes y construcción (Ministerio de vivienda, 2013).

4.2 Residuos sólidos residenciales (RSR)

Los residuos residenciales provienen de áreas residenciales con viviendas unifamiliares y multifamiliares e incluye cuatro tipos de residuos: residuos domésticos, residuos de jardinería, residuos voluminosos y residuos peligrosos del hogar (Christensen, 2011).

En el presente estudio se tendrá en cuenta la definición dada por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2012), la cual establece que los RSR son todos aquellos residuos que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen son generados en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar a éstas.

4.3 Caracterización de los RSR

De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015, la caracterización de los RS se define como la determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015). Conforme al Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2012) la caracterización de los RS es “la determinación de las características cualitativas y cuantitativas de un residuo sólido, identificando contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica” (p. 14).

Referente a los RSR es necesario conocer su cantidad, sus variaciones en el tiempo, su composición física, química y otras características; esta información permitirá, junto con la tecnología y demás recursos disponibles, elaborar las alternativas de manejo para luego evaluar todas aquellas en función de indicadores de tipo económico, de bienestar y de protección a la salud de la comunidad y de los recursos naturales renovables y no renovables; seleccionando la mejor de éstas, ejecutándola y midiendo sus resultados se alimentará nuevamente el planteamiento del problema, en un proceso que necesariamente debe mantenerse en movimiento (Collazos & Duque, 1998).

La caracterización permite conocer la composición de los RSR. Este conocimiento permitirá diseñar una mejor gestión, logrando a su vez una optimización de los recursos disponibles para tales efectos (Montoya, 2012; Beltrán, 2014).

La caracterización de los RSR tiene su importancia en cada una de las fases de la gestión integral de los residuos sólidos (generación, almacenamiento, recogida, transporte, tratamientos intermedios y eliminación final). La cantidad y composición de los residuos sólidos varía considerablemente ya que, en cada una de las fases mencionadas, existe una activa recuperación de materiales. Es necesario, entonces, seleccionar la fase más apropiada para que las muestras sean representativas y confiables (CONAMA, 2006).

La caracterización de RSR debe realizarse tomando un número específico de viviendas o usuarios del servicio de aseo, la cual debe ser representativa del universo de los generadores (López, 2009).

La realización de un CRSR requiere de los siguientes elementos:

- Zonificación o definición del área de estudio: en este punto se delimitan áreas con características similares. En zonas urbanas esta delimitación se puede hacer teniendo en cuenta el tipo de fuente generadora tales como: residenciales, comerciales, institucionales, industriales, barrido de calles y áreas públicas (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

- Identificación de la población actual: esta información puede ser encontrada en los planes de desarrollo y en los PGIRS municipales; de igual forma, también puede ser consultada en las bases de datos del DANE (López, 2009).

- Determinación del número de muestras: la determinación del número de muestras es un punto importante debido a que si el número de muestras es muy pequeño, los resultados son de poca confiabilidad. Por esta razón, se requiere fijar un número mínimo de muestras tal que los resultados a obtener reflejen con cierto grado de confianza y reducido porcentaje de error las condiciones prevalientes en el universo poblacional (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS, 2000).

Según CONAMA (2006), se debe destacar que la precisión deseada es un elemento que limita la cantidad de muestras necesarias para el análisis. Para seleccionarlo se deben tener en cuenta factores como los siguientes:

- Recursos económicos disponibles.
- Conocimiento de la variabilidad de los residuos en la zona en estudio.
- Calidad técnica del personal participante.
- Facilidad para realizar el muestreo.
- Características de la localidad a muestrear.
- Exactitud de la báscula.

- Capacitación a la población a muestrear: se requiere dar instrucciones a todos los generadores de los puntos de muestreo seleccionados. Explicando de una manera clara y sencilla en que consiste el estudio y la importancia de este con el fin de obtener muestras acordes a la realidad.

- Toma de muestras: previo a la recolección de las muestras es necesario conocer de los puntos de muestreo la información general sobre los generadores de residuos, su percepción y propuestas de mejora al servicio de aseo, y las formas almacenamiento y recolección de sus RS. Una vez se hayan recolectado los residuos de cada área, estos deberán ser pesados (excluyendo el peso del recipiente que los contenga) y registrados diariamente durante los días que dure el muestreo (López, 2009).

Determinación de la producción de la PPC: los kilogramos diarios de producción de RS se pueden obtener para cada punto de muestreo, para cada estrato y por habitante (López, 2009).

Determinación de la composición física de los residuos: con las muestras seleccionadas se separan y clasifican los componentes de acuerdo a las categorías típicas de los residuos que se han utilizado para estudios de caracterización. El peso y volumen de los residuos clasificados por componentes se registran en un formato por cada área de estudio. Estos datos contribuyen a la selección de tratamientos y/o formas de aprovechamiento (López 2009).

4.4 Muestreo de RSR

Muestreo es un término estadístico y se define como el proceso mediante el cual se selecciona una muestra a partir de la población. El muestreo es un aspecto clave en la caracterización de los RSR, debido a que la aplicación de procedimientos de muestreo apropiados garantiza la obtención de muestras representativas del residuo objeto de estudio en términos de composición y proporcionalidad (GAIKER Centro Tecnológico, 2013).

Un aspecto importante en el muestreo corresponde a la selección de la etapa de los RS en donde se va a llevar a cabo puesto que por lo general la cantidad, la composición y la densidad de los residuos que llegan al sitio de disposición final varían considerablemente de los residuos generados y/o recolectados, gracias a la recuperación de materiales tales como: papeles, cartones, botellas y metales, y a la compactación que se realizan en el transcurso del

manejo de estos (CEPIS, 1981). Las etapas donde varían las características anteriormente mencionadas se evidencian en la tabla 2.

Tabla 2. Etapas en donde varia la cantidad, composición y densidad de los RSR

A	Residuos sueltos en recipientes
B	Residuos compactados en camiones compactadores
C	Residuos sueltos descargados en los rellenos
D	Residuos en los rellenos
E	Residuos estabilizados en los rellenos (2 años después en el relleno)

Fuente: Adaptado de (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS, 2000)

De acuerdo con lo anterior, para la toma de muestras se requiere seleccionar la etapa más apropiada teniendo en cuenta el motivo del análisis. Por ejemplo, para la determinación del volumen de recipientes se debe medir la densidad de los residuos en la etapa A arriba mencionada y para la selección de camiones compactadores se necesita la densidad en la etapa B. En el caso del dimensionamiento de celdas de relleno, es fundamental la medición de la densidad en la etapa D, y se debe usar la densidad de la etapa E en el cálculo de la vida útil del relleno. Si se trata de identificar la factibilidad de aprovechamiento de los residuos, sería preferible tomar la muestra en la etapa A (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS, 2000).

De acuerdo con Sharon (2000), hay diferentes métodos de muestreo dentro de los cuales se encuentra el muestreo aleatorio sistemático (MAS) y el muestreo estratificado (ME). A continuación, se presenta una comparación entre los dos métodos de muestreo mencionados anteriormente (ver tabla 3):

Tabla 3. Comparación de las clases de muestreo

Clase de Muestreo	Característica	Observaciones	Ventajas	Desventajas
Muestreo Aleatorio Sistemático (MAS)	Se selecciona una muestra de tamaño n de una población de N unidades, cada elemento tiene una probabilidad de inclusión igual y conocida de n/N	Eficiente en poblaciones homogéneas. Se debe determinar un marco de muestreo acorde para el estudio.	Sencillo y de fácil comprensión. Cálculo rápido de los estimadores (media y varianza). Se basa en la teoría estadística y, por tanto, existen paquetes informáticos para analizar los datos.	Requiere un listado de las características de la población de estudio (parámetros a estudiar). Cuando se trabaja con muestras pequeñas es posible que no se represente a la población adecuadamente.

Clase de Muestreo	Característica	Observaciones	Ventajas	Desventajas
Muestreo Estratificado (ME)	Se estratifica la muestra según las variables de interés del estudio, por lo cual se debe conocer la composición estratificada de la población objetivo. Una vez calculado el tamaño muestral apropiado, éste se reparte de manera proporcional entre los distintos estratos definidos en la población.	Utiliza el muestreo aleatorio simple como soporte, permitiendo tener una mayor representatividad de la población. Se debe determinar un marco muestral para cada estrato. Se debe garantizar la representatividad de todas las clases de grupos o estratos establecidos.	Se requiere que la muestra represente adecuadamente a la población en función de unas variables seleccionadas o de interés del estudio. Se obtiene estimaciones más precisas. Su objetivo es conseguir una muestra lo más semejante posible a la población en lo que a la o las variables se refiere.	No siempre las características disponibles para formar los estratos son las más adecuadas para hacer las comparaciones. Se hace necesario conocer la distribución en la población de las variables utilizadas para la estratificación.

Fuente: Adaptado de (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011)

4.5 Método de muestreo aleatorio sistemático (MAS)

El MAS es una técnica que tiene como base la aleatoriedad. Se encuentra dentro de la categoría de muestreos probabilísticos donde todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser parte de la muestra y cada una de las muestras posibles tiene la misma probabilidad de ser elegida (Vivanco, 2005).

El muestreo sistemático es un proceso muy simple y que sólo requiere la elección de un individuo al azar que opera como arranque aleatorio para la selección automática del conjunto de elementos que componen la muestra. El primer elemento seleccionado condiciona los siguientes, que son elegidos a partir del arranque aleatorio y según un salto de amplitud constante. La selección sistemática implica un número de arranque y un intervalo de muestreo. Definidos ambos la muestra queda automáticamente establecida (Vivanco, 2005; Ochoa, 2015). Por lo tanto, se empleó la Ecuación 1.

$$K = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

k= intervalo de muestreo.

N= número de viviendas aptas para el muestreo.

n= número de viviendas a muestrear.

Los resultados que obtenemos son representativos de la población, de forma similar al muestreo aleatorio simple.

4.6 Producción per cápita (PPC)

Como se mencionó anteriormente, la generación de RS se encuentra estrechamente relacionada con el grado de desarrollo de la población, la densidad de esta y el desarrollo económico (Jiménez, 2001; Rodríguez, 2015). Esta comienza en el momento en que los elementos empleados en satisfacer las necesidades de una población son desechados (González & Almeida, 2007).

Generalmente, la variable empleada en determinar la cantidad de RSR generados por una población residencial es la producción per cápita (PPC). La PPC se expresa en términos de kg/hab-día o unidades equivalentes (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2012).

El cálculo de la PPC requiere de procesamientos estadísticos de datos, en donde se empleen las expresiones adecuadas de acuerdo al método de muestreo seleccionado para la población en estudio (Klinger, 2006).

Las expresiones para calcular la PPC empleadas para un MAS, que corresponde al método seleccionado para el presente estudio, se presentan a continuación (CEPIS, 2005):

Tamaño de muestra

$$n = \frac{Z^2 s^2}{E^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

n= tamaño de muestra

s²= varianza de la PPC

Z= percentil para el nivel de confianza del 95% de una distribución normal estándar.

E= error absoluto asumido, el cual se calculó a través de la Ecuación 3.

$$E = \overline{ppc} * Error\ relativo \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$\overline{ppc}$ = producción per cápita promedio

Error relativo= porcentaje del error asumido.

Muestra final

La varianza de la PPC (s^2) en las viviendas es determinada a partir de la muestra piloto (MP) (n_0), mediante la siguiente expresión:

$$s^2 = \frac{\sum(ppc - \overline{ppc})^2}{n_0 - 1} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

s^2 = varianza de la ppc

ppc = producción per cápita de cada vivienda

$\overline{ppc}$ = producción per cápita promedio del MP

n_0 = tamaño de la muestra piloto

El cálculo del tamaño de la muestra final se determina a través de la Ecuación 5.

$$n_2 = n - n_0 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

n_2 = tamaño de la muestra final

n = tamaño de muestra

n_0 = tamaño de la muestra piloto

Cálculo de la PPC para cada día de recolección y PPC global

La PPC para cada día de recolección se determina de la siguiente manera:

$$ppc_i = \frac{m_i}{n_i} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

PPC_i= producción per cápita en la vivienda i, para cada día de muestreo.

m_i= peso de RSR de la vivienda i.

n_i= número de personas en la vivienda i.

Para obtener el valor de la PPC global de cada vivienda, se usó la Ecuación 7. La cual tiene en cuenta la frecuencia de recolección y la producción asociada a cada uno de esos días:

$$PPC = ppc_1 \left(\frac{F_1}{7}\right) * + ppc_2 * \left(\frac{F_2}{7}\right) + ppc_3 * \left(\frac{F_3}{7}\right) \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

PPC= producción per cápita global de RSR.

ppc_{1,2,3}= la producción per cápita hallada para cada uno de los días.

F_{1,2,3}= días de producción a los que corresponde cada registro de PPC.

4.7 Política nacional para la GIRS

El manejo integral de los residuos comprende su generación, separación en la fuente, recolección, transferencia y transporte, aprovechamiento, tratamiento y su disposición final. Desde esta perspectiva, es relevante indicar un orden de preferencia de medidas conducente a reducir y gestionar los residuos, lo que se conoce como jerarquía en la gestión de los residuos (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2016).

Desde el punto de vista conceptual y para efectos de esta política, la jerarquía se presenta como una pirámide invertida (figura 1), en la cual se establecen primero medidas para prevenir que se generen residuos. Esto se convierte en el propósito primordial de una política que busca avanzar hacia una economía circular. La siguiente medida por orden de prioridad consiste en reducir los residuos sólidos, por ejemplo, a través de la reutilización para dar paso posteriormente al aprovechamiento, entendido como reciclaje. Después de esta medida siguen

las acciones de tratamiento de residuos no aprovechables para: (i) la reincorporación de los materiales a procesos productivos (p. ej. el compostaje o la digestión anaeróbica); (ii) la valorización a través de generación de energía antes de ser dispuestos; o (iii) la reducción del volumen o tamaño antes de su disposición final. La última medida en términos de prioridad es la disposición final, ya sea en rellenos sanitarios o mediante incineración sin valorización energética. Esta medida es el último recurso para los residuos sólidos que no se han podido evitar, desviar o recuperar en los pasos anteriores.

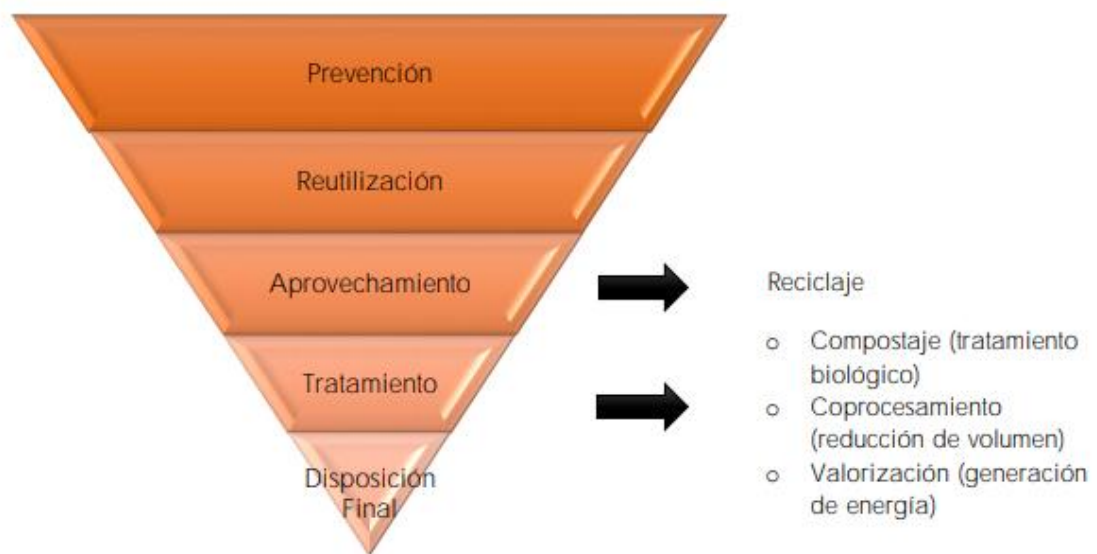


Figura 1. Jerarquía de los Residuos

Fuente: (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2016)

5. Metodología

5.1 Descripción del área de estudio

El Municipio de Vives hace parte del Departamento del Valle del Cauca. Limita al sur con el municipio de Yumbo, al norte con el municipio de Yotoco y Darién, al oriente con los municipios de Palmira y El Cerrito, en el occidente limita con los municipios de Restrepo y La Cumbre. Su cabecera se encuentra a una altura de 987 m.s.n.m. (Alcaldía Municipal de Vives, 2012)

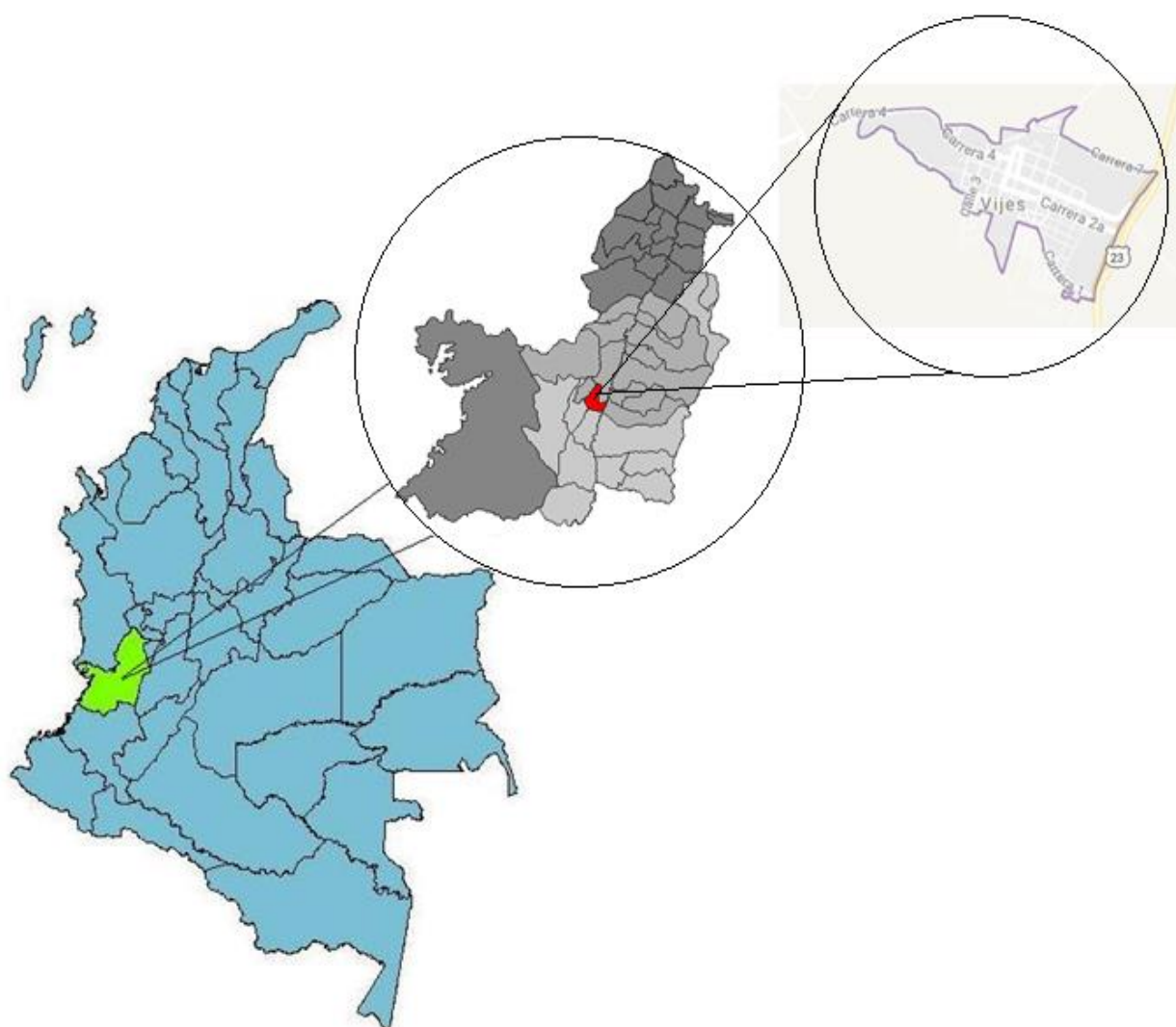


Figura 2. Ubicación geográfica del municipio

Fuente: (Alcaldía Municipal de Vives, 2012)

La cabecera municipal del municipio comprende la parte plana del territorio; allí se encuentran asentadas las principales autoridades del orden municipal, departamental y nacional (Alcaldía Municipal de Vives, 2012). La cabecera municipal se encuentra distribuida en dieciséis barrios los cuales se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución político-administrativa de la zona urbana del municipio de Vives

ZONA URBANA	
Cabecera Municipal	Municipal
	Kennedy
	La Sonadora
	Cangrejo
	Villa Cangrejo
	El Lido
	San Antonio
	Las Malvinas
	Miraflores
	Patio Bonito I
	Patio Bonito II
	Zona Centro
	Villa Esperanza
	Jorge Robledo
	Piedra Grande
	Balcones

Fuente: Adaptado de (Alcaldía Municipal de Vives, 2012)

La población del municipio de Vives según la proyección DANE para el año 2014 era de 10.882 habitantes, de los cuales 6.984 habitantes residían en la zona urbana, con un porcentaje del 64% y 3.898 a la zona rural, correspondiente al 35,82 (Hurtado, 2015).

Durante la realización del trabajo no fue posible acceder a la información sobre la estratificación socioeconómica del municipio, debido a que se encontraban en un proceso de actualización, por lo que no se incluye este factor en el muestreo.

En la zona urbana el municipio cuenta con todos los servicios públicos. La empresa, ACUAVALLE presta el servicio de agua potable y de alcantarillado. El servicio de aseo lo presta la empresa TULUASEO en lo que corresponde a: recolección, transporte, barrido de áreas públicas y la disposición final en el Relleno Sanitario. Actualmente, la empresa atiende a 2.171 usuarios, con una frecuencia de recolección semanal de tres (3) días: martes, jueves y sábado.

Para la presente investigación se determinó como área de estudio (AE) la cabecera del municipio de Vives (Ver figura 3).



Figura 3. Área de estudio

Fuente: Google Maps (2017).

5.2 Recolección de información

En primera instancia se buscó información general sobre el municipio de Vives, tal como lo es su localización, población, planos urbanísticos, número de viviendas, servicios públicos, estratificación socioeconómica. Información proveniente de la oficina de Planeación municipal, el Plan de Desarrollo del municipio y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE.

Además, se realizaron visitas a la oficina de la empresa TULUASEO, con el fin de obtener información respecto al manejo de los residuos sólidos en el municipio. Sin embargo, solo se obtuvo la información sobre la cantidad de suscriptores.

5.3 Diseño del programa de muestreo

5.3.1 Población objeto de estudio

La población objeto de estudio (POE), correspondió a todas las viviendas con vocación habitacional de la cabecera municipal del municipio de Vives, y a las personas que permanecieron generando RSR durante el periodo de muestreo. Con el propósito de verificar la existencia y vocación residencial de la población objeto de estudio se realizó una visita de campo en la cual se comprobó que cada una de ellas hiciera parte del sector residencial.

5.3.2 Marco Muestral

Como marco muestral (MMu) se tuvo en cuenta la ruta de recolección de los RSR de la empresa TULUASEO en el municipio de Vives, durante los días martes, jueves y sábado. Debido a inconvenientes técnicos en el sistema de información manejado por TULUASEO, no fue posible obtener el mapa de la ruta realizada por el vehículo recolector; por consiguiente, se esquematizó el ruteo en campo, empleando un sistema GPS durante el recorrido realizado el día martes 4 de agosto 2015. Los datos obtenidos fueron exportados al software Google Earth (ver figura 4).



Figura 4. Ruta de recolección de residuos sólidos. Cabecera municipal de Vives

Fuente: Autor.

5.3.3 Unidad de muestreo

Se definió como unidad de muestreo (UM), la vivienda con vocación habitacional, donde permanezcan personas durante el período de muestreo, generando RSR, ubicada en el área de estudio.

5.3.4 Variable analizada para la generación

La variable a tener en cuenta para la generación de RSR fue la PPC, la cual indica la cantidad promedio de residuos sólidos producidos por habitante por día (kg/hab-día). Posteriormente los datos obtenidos fueron registrados en hojas de cálculo mediante el software Microsoft Excel®.

5.3.5 Método de muestreo

Para efectos de este estudio se empleó el método de muestreo aleatorio sistemático (MAS), con el fin de garantizar una distribución uniforme en toda el área de estudio.

5.3.6 Tamaño de muestra

Para determinar la PPC global, fue necesario realizar un muestreo piloto (MP), ya que no se disponía de los datos sobre los estimadores estadísticos requeridos. Posteriormente con los datos estimados se realizaron los cálculos para encontrar el tamaño de la muestra final (TMF) y por último se efectuó una segunda jornada considerada muestreo final (MF) con el fin de completar el tamaño de muestra calculado.

Considerando factores como el personal disponible, el presupuesto con el que se contaba y la capacidad del vehículo alquilado para la recolección de las bolsas; además de recomendaciones de Martínez (2005), quién propone una muestra piloto superior a 30 unidades, se determinó un tamaño de muestra piloto de 101 viviendas.

5.3.7 Diseño de la encuesta

Para la recolección de la información de cada una de las viviendas seleccionadas se diseñó una encuesta, para la cual se tuvo en cuenta aspectos sociales y técnicos que pudiesen incidir en la gestión de los residuos sólidos en el área de estudio, además de aspectos generales sobre las características de la vivienda y la composición del núcleo familiar. Tomando como referencia el cuestionario propuesto por Agudelo y Rengifo (2008) y adaptado a las condiciones locales del estudio (anexo 1).

5.4 Trabajo de campo

La realización del trabajo de campo de este proyecto se llevó a cabo entre los meses de agosto y septiembre del 2015.

5.4.1 Visitas de reconocimiento

Con el fin de comprobar que las viviendas seleccionadas existieran y cumplieran con la vocación residencial necesaria para este estudio, se realizaron visitas previas a cada una de ellas. A partir de la información recolectada en las visitas y mediante herramientas tecnológicas (GPS, cámara fotográfica), se hizo un registro fotográfico de los frentes de cada vivienda escogida con el fin de crear un documento digital que agilizara su identificación en las jornadas de recolección.

5.4.2 Capacitación personal

Se conformó un grupo integrado por tres (3) jóvenes del municipio a quienes se les explicó en qué consistía el proceso y la forma en que se debía diligenciar la encuesta; además se hizo énfasis en la población participante sobre la importancia del estudio. Finalmente, a los jóvenes previamente capacitados se les designó un número de viviendas para el proceso de sensibilización y encuesta, de acuerdo a la ubicación geográfica.

5.4.3 Jornada de encuestas y sensibilización en las viviendas

La encuesta se aplicó al total viviendas, antes de iniciar con la encuesta y con una breve y clara explicación sobre el estudio a efectuar se les preguntó a los usuarios seleccionados si estaban de acuerdo en participar. Al ser la respuesta afirmativa se entregaba el paquete de bolsas rotuladas denominado “bolsa de control” y una carta que contenía toda la información sobre el proyecto, firmada por el Secretario Municipal de Planeación (anexo 2). Es importante resaltar que esta actividad solo se hacía si en la vivienda había alguien mayor a 14 años.

Todos los datos recolectados mediante las encuestas se registraron en una base de datos desarrollada en el software Microsoft Excel®.

5.4.4 Muestra de prueba

El sábado 15 de agosto 2015 se realizó una recolección de RSR previa en las viviendas seleccionadas, con el fin de familiarizar a los residentes en el proceso de entrega de las muestras y de esta manera lograr disminuir los errores que se pudieran presentar en el muestreo piloto, es importante aclarar que los datos recolectados durante esta jornada no se tuvieron en cuenta para ningún análisis. A este proceso se le denominó “muestra de prueba”.

5.4.5 Muestreo piloto

El muestreo piloto se efectuó durante los días martes 18, jueves 20 y sábado 22 del mes de agosto del año 2015, donde no hubo eventos que pudieran alterar los resultados, coincidiendo con los mismos días en los que pasaba el carro recolector para evitar pérdida de muestras. En cada uno de los días del muestreo, se diligenció el formato para la recolección de datos (anexo 3). De igual manera se hizo entrega de un nuevo paquete de bolsas rotuladas, hasta finalizar la semana seleccionada para el muestreo.

En la figura 5 se puede observar el rótulo que se utilizó para las bolsas entregadas por el equipo, con el fin de identificar la vivienda a la que correspondía y agilizar el proceso de recolección.



Figura 5. Bolsa rotulada

Fuente: foto tomada por el autor

5.4.6 Muestreo final

De acuerdo con los datos obtenidos en el primer muestreo y mediante la ecuación 4, se encontró el valor de la varianza (s^2) de **0,061**.

Reemplazando este término en la ecuación 5, se determinó que se debía contar con un tamaño de muestra de:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.061)}{(0.4701 * 0.095)^2} = 118 \text{ viviendas}$$

Teniendo en cuenta que del muestreo piloto solo fueron válidas 62 viviendas, mediante la ecuación 5 se obtuvo un valor de 56 viviendas adicionales, sin embargo, se optó por realizar el muestreo a 70 viviendas, con el objetivo de disminuir la tasa de no respuesta, en caso de pérdidas en los datos como había ocurrido en el muestreo piloto (MP).

De las 70 viviendas seleccionadas para el muestreo final, solo 63 fueron válidas, conformando así un tamaño de muestra total de **125 viviendas**.

La jornada de aplicación de encuestas y sensibilización se realizó durante los días 12 y 13 de septiembre del 2015. El trabajo de campo se realizó durante los días 17,19 y 22 de septiembre del 2015. El procedimiento para la toma de datos fue igual al realizado en el MP.

La clasificación de los RSR, se hizo de acuerdo a la propuesta por Marmolejo y otros (2010), ya que a diferencia de la propuesta por el RAS (2012), esta incluye categorías específicas como los residuos higiénicos. Los residuos a considerar son:

- Residuos de comida
- Residuos de jardín
- Productos de papel
- Productos de cartón
- Plásticos
- Caucho y cuero
- Textiles
- Madera
- Productos metálicos (ferrosos y no ferrosos)
- Vidrio
- Productos cerámicos, ceniza, rocas y escombros
- Huesos
- Residuos higiénicos
- Otros

El método empleado para determinar la composición de los RSR, fue el recomendado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS, mediante su hoja de divulgación técnica HDT 97 (2005). La determinación de la composición física se realizó durante los mismos días de trabajo de campo. Las bolsas recolectadas en el vehículo, fueron transportadas hasta un sitio adecuado y posteriormente esparcidas sobre un plástico, con el fin de homogenizar la muestra. En todos los casos, solo se realizó un cuarteo a la muestra obtenida.



Figura 6. Homogenización de la muestra

Fuente: foto tomada por el autor



Figura 7. Cuarteo de la muestra total

Fuente: foto tomada por el autor

6. Resultados y análisis

Mediante la metodología empleada fue posible recopilar los datos y la información necesaria para lograr los objetivos planteados en el presente estudio, la cual será analizada en este capítulo.

6.1 Análisis de las características de la población objeto de estudio

El objetivo propuesto era conocer las características de la población objeto de estudio (POE) y evidenciar la situación actual con respecto a la generación y el manejo de los RSR. Lo cual se obtuvo mediante los datos recolectados en las encuestas realizadas dentro de las viviendas seleccionadas. Se obtuvo 154 encuestas válidas de un total de 188 efectuadas, correspondientes a las muestras de al menos una bolsa.

6.1.1 Nivel educativo

En la figura 9 se muestra el nivel educativo de las personas que habitaban las viviendas encuestadas, se tiene que la mayoría de personas tiene un nivel básico de educación (primaria y secundaria). 7,7% nivel técnico, mientras que solo hay un 4,5% de personas que alcanzan nivel universitario.

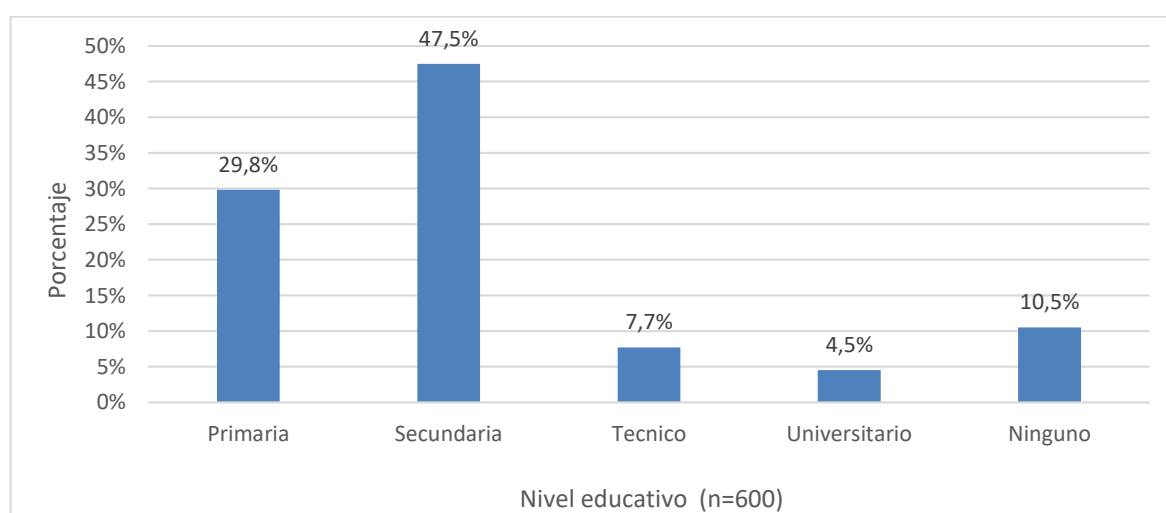


Figura 8. Nivel educativo de las personas que habitaban en la vivienda

Fuente: encuesta

6.1.2 Número de personas por vivienda

De acuerdo con los resultados obtenidos en la figura 10, se encuentra que de las 154 viviendas encuestadas la mayoría están habitadas por 3 o 4 personas (51,9%), seguido por 5 o más personas (28,3%) y 2 o menos (19,4%). En promedio se tiene 3.44 personas por vivienda.

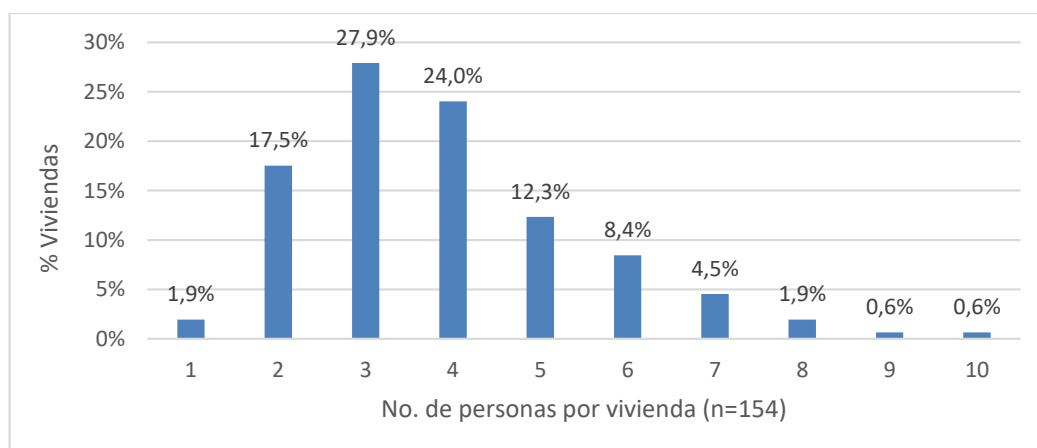


Figura 9. Número de personas por vivienda

Fuente: encuesta

6.1.3 Separación de los RSR dentro de la vivienda

El comportamiento de los habitantes de la cabecera municipal respecto a la separación de los RSR en el interior de la vivienda se evidencia en la figura 11. De un total de 154 viviendas encuestadas, 108 no realizaban separación en la fuente.

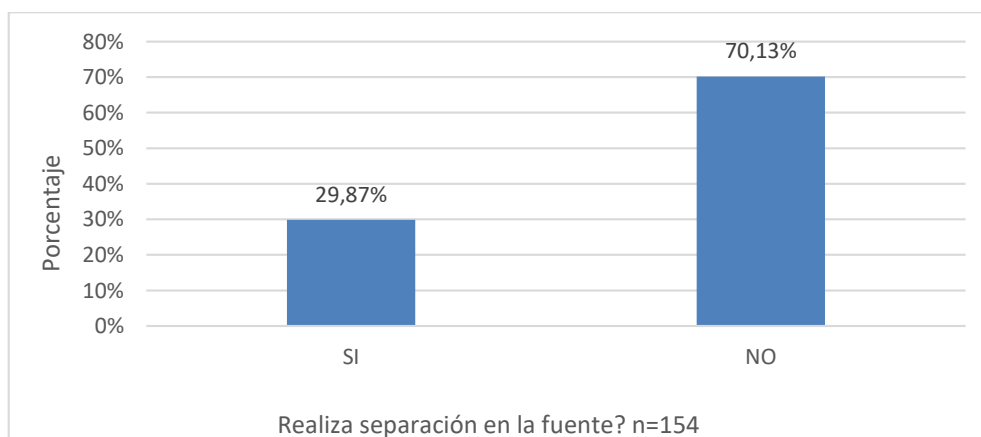


Figura 10. Porcentaje de viviendas que realizan separación en la fuente

Fuente: encuesta

Dentro de las viviendas que realizaban separación en la fuente, se encontró que el 67,39% dividen sus residuos en dos partes, mientras que el 32,61% lo hacen en tres partes.

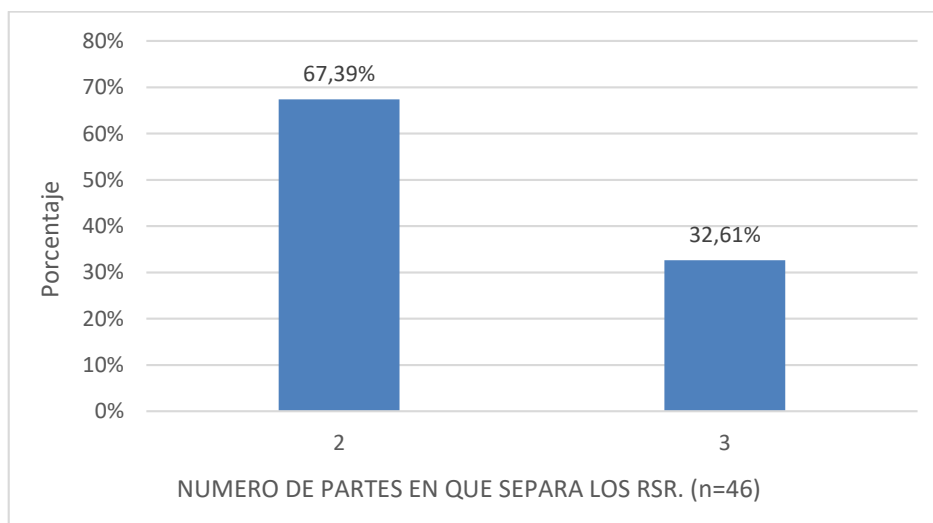


Figura 11. Número de recipientes utilizados para el almacenamiento de los RSR en las viviendas que realizan separación en la fuente

Fuente: encuesta

Dentro de las viviendas que manifestaron no realizar ningún tipo de separación en la fuente, se encontró que el 53,70% estarían dispuestas a realizar la separación en 2 partes, 30,56% en 3 partes y 4,63% en 4. Finalmente, el 11,11% manifestaron que no estarían dispuestas a separar sus RSR.

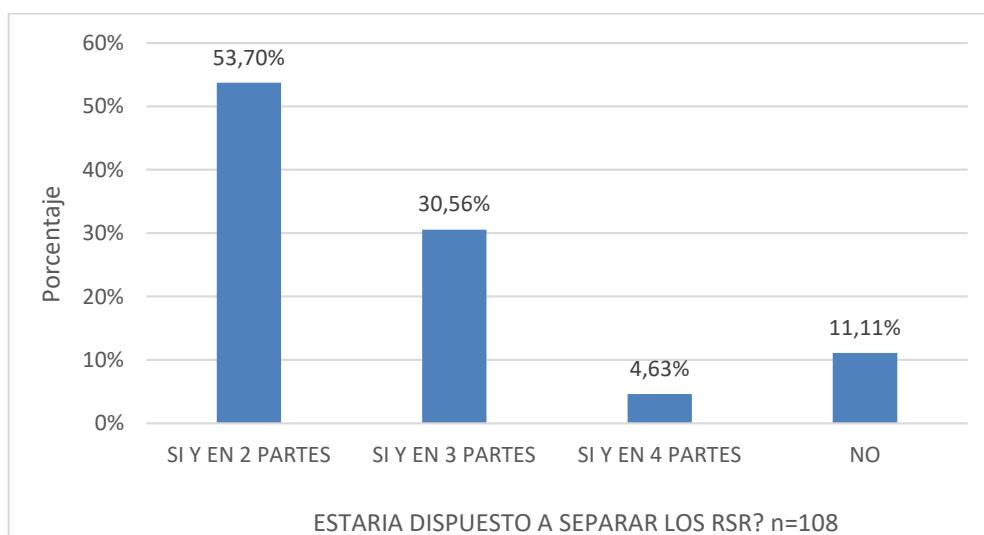


Figura 12. Porcentaje de viviendas que no separan sus RSR, pero estarían dispuestas a separarlos

Fuente: encuesta

6.1.4 Conocimiento sobre el reciclaje en las viviendas

En la figura 14, se observa el grado de conocimiento del proceso de reciclaje en el municipio. 151 viviendas (98,05% del total de las encuestadas) declararon tener conocimiento sobre el proceso. Sin embargo, solo en 71 viviendas (46,10%) se realizan actividades de reciclaje. Es de aclarar que el reciclaje para este grupo de personas es sinónimo de recuperación de RS solamente.

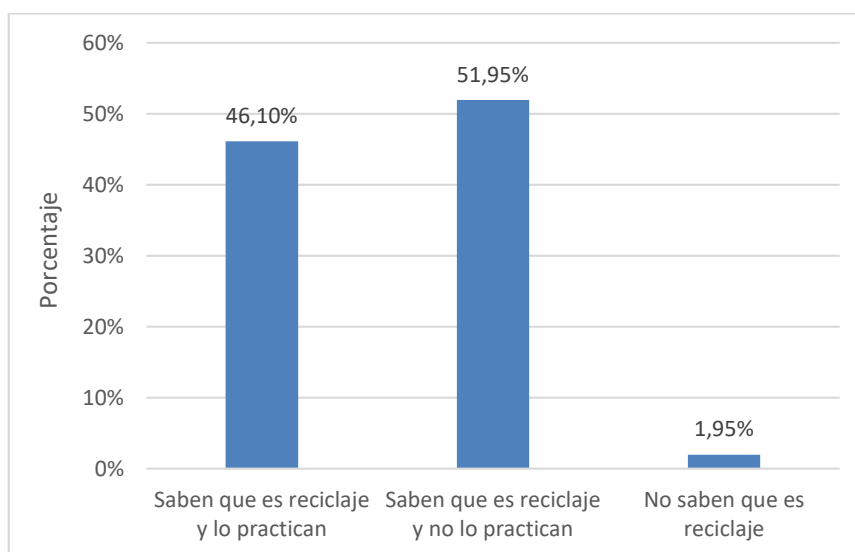


Figura 13. Conocimiento y aplicación del reciclaje en las viviendas encuestadas (n=154)

Fuente: encuesta

La distribución de los materiales que reciclan aquellas viviendas que manifestaron realizar esta práctica, se presenta en la figura 15. Siendo el plástico el material que más se recicla al interior de estas viviendas, con un porcentaje del 40,91% mientras que la chatarra el 4,55% de las viviendas la recicla, debido a su poca generación.

6.1.5 Destino del material reciclado

De acuerdo con la figura 16, 44 viviendas (61,97%) de las que reciclan materiales lo entregan a uno de los cinco (5) recicladores de la cabecera municipal, 15 (21,13%) del total venden los materiales reciclados en las tres bodegas con las que cuenta el municipio para esta actividad. Finalmente, de las 71 viviendas que manifestaron reciclar, 12 (16,90%) los almacenan y en conjunto con el resto de residuos los entregan al camión recolector en los días establecidos. Generalmente los recicladores pasan antes del vehículo y los recolectan.

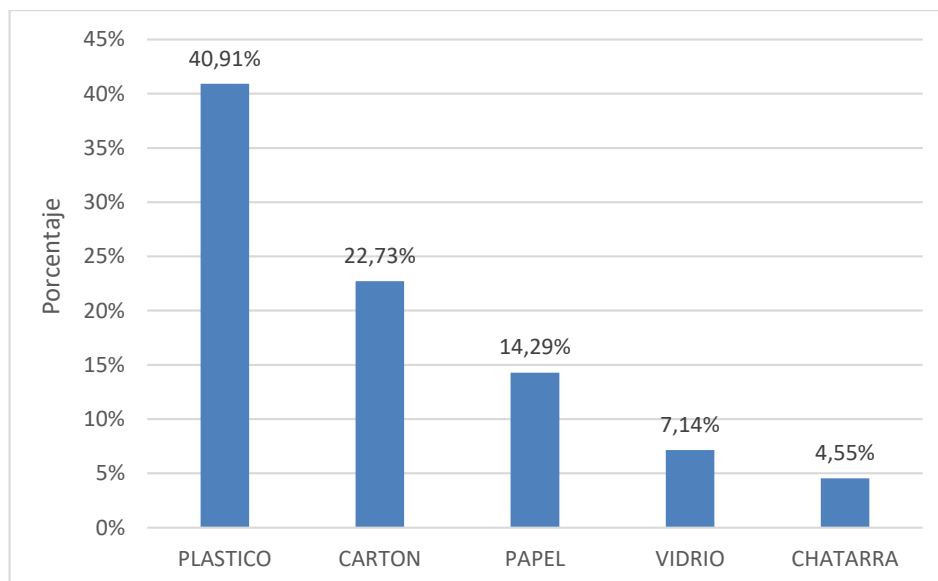


Figura 14. Porcentaje de viviendas de la localidad, en las que recupera plástico, cartón, papel, vidrio o chatarra (n=154).

Fuente: encuesta

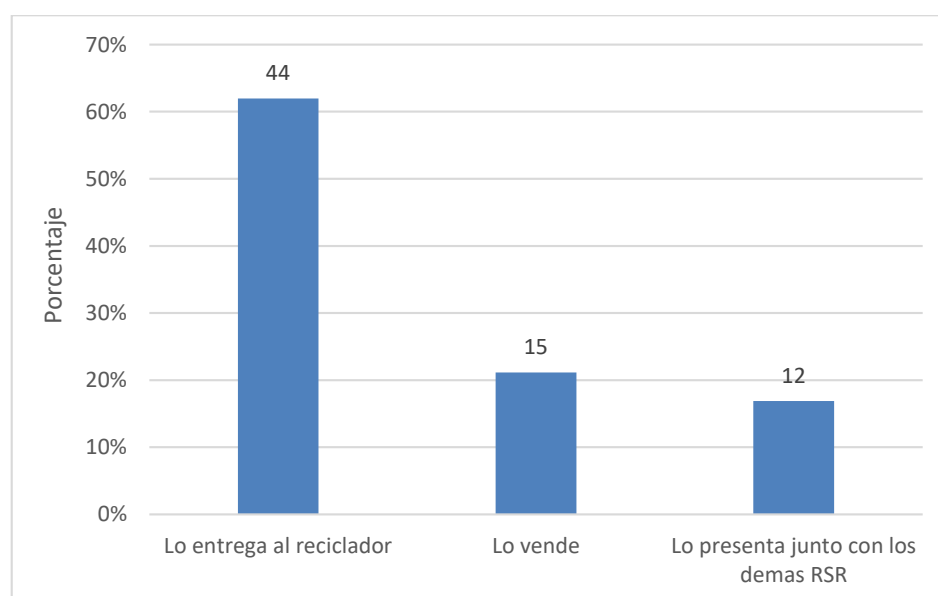


Figura 15. Uso dado por los usuarios al material reciclable contenido en los RSR en las viviendas en las que se indicó saber que es reciclaje y practicarlo (n=71).

Fuente: encuesta

6.1.6 Usos o destino de los desperdicios de comida (residuos orgánicos de fácil degradación)

En cuanto a los RS orgánicos de fácil degradación, se encuentra que en la mayoría de las viviendas encuestadas estos se usan en prácticas como: la alimentación animal en un

44,81%, compostaje en un 8,44% y un 0,65% en lombricompost. El 46,10% de las viviendas no realizan prácticas de uso con la fracción orgánica de fácil degradación.

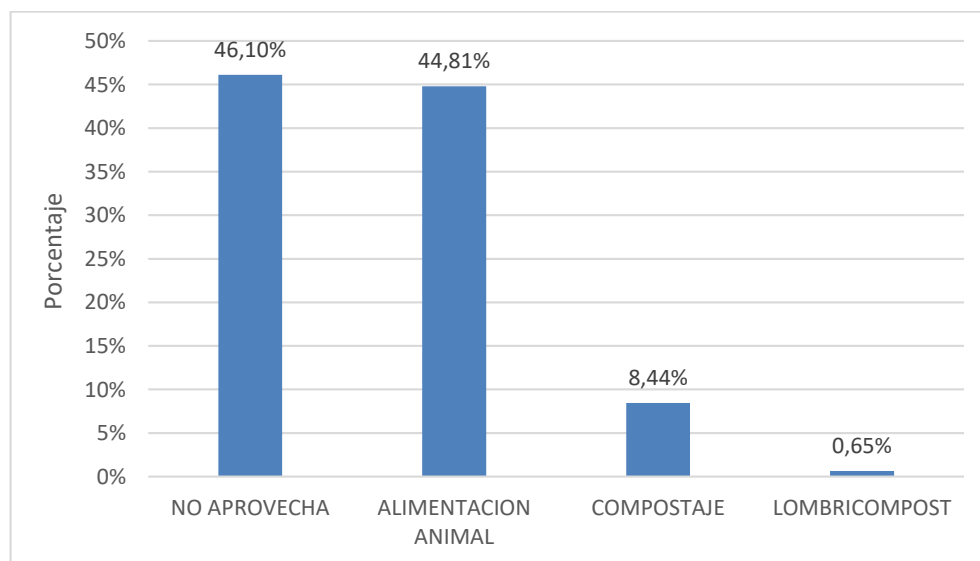


Figura 16. Aprovechamiento de la fracción orgánica de fácil degradación (n=154).

Fuente: encuesta

6.2 Análisis de la producción per capita – PPC

A partir de los datos recolectados en las jornadas de muestreo y aplicando las ecuaciones 6 y 7 fue posible determinar la PPC de RSR global, por días y por barrios en el municipio de Vijos, a continuación, se presenta el análisis de los valores obtenidos.

6.2.1 Producción per capita - PPC Global

La gráfica muestra una asimetría positiva¹, donde el 50% de las viviendas generaron entre 0,302 kg/(hab.día) y 0,597 kg/(hab.día). La mitad de las mediciones (mediana) tienen valores por debajo de 0,410 kg/ (hab. día), el 75% de las mediciones son menores que 0,597 kg/ (hab. día), y en el último cuartil (mediciones más grandes) mediciones que van desde 0,597 kg/ (hab. día), hasta 2,25 kg/ (hab. día) aproximadamente.

¹ Asimetría: La asimetría es la medida que indica la simetría de la distribución de una variable respecto a la media aritmética, sin necesidad de hacer la representación gráfica. Los coeficientes de asimetría indican si hay el mismo número de elementos a izquierda y derecha de la media.

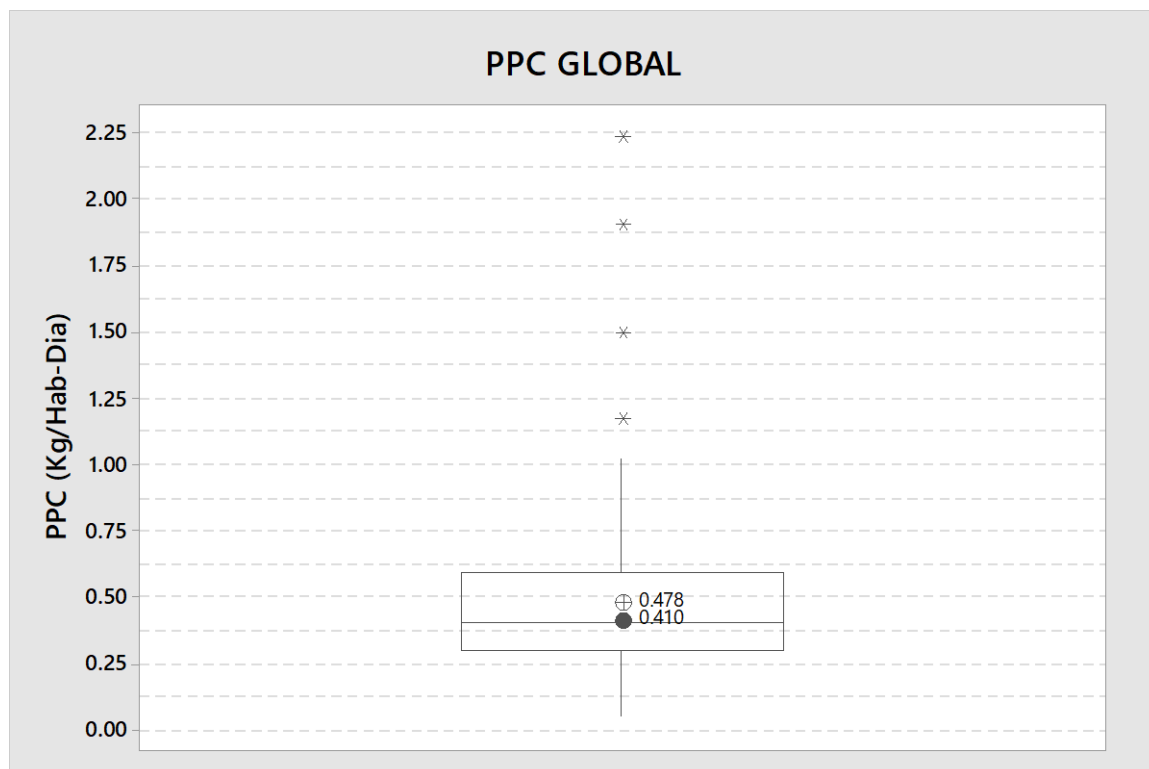


Figura 17. Diagrama de cajas para la PPC global

Fuente: cálculos del autor

Se determinó que la PPC global del municipio de Vijes fue de 0,478 (kg/hab.día), con un nivel de confianza del 95% y un error en la estimación del 0,0045 (kg/hab.día), el cual se asumió en el muestreo piloto y así definir el tamaño de la muestra. Los asteriscos representan datos atípicos que se presentaron durante los muestreos, asociados a eventos como trasteos.

La PPC obtenida es similar a la de municipios del departamento con características poblacionales similares como La Victoria, que presenta una PPC de 0,43 kg/(hab-día) para el sector residencial (Marmolejo, y otros, 2009).

En comparación con el estudio realizado por Vélez (2016) en el municipio de Versalles, donde se determinó una PPC de 0,29 kg/hab-dia, se encuentra una diferencia significativa y está asociado a una gestión integral de los RS en Versalles. Sin embargo, el valor de la PPC que se determinó en el municipio de Vijes presenta cercanía con el promedio establecido por el RAS-2000 para municipios colombianos de nivel de complejidad medio (0,45 kg/hab-dia).

De acuerdo a la OPS (2010), los municipios con poblaciones menores a 15000 habitantes presentan una PPC de 0,45 kg/hab.dia. Valor muy cercano al obtenido para el municipio de Vijes en el presente trabajo.

6.2.2 PPC promedio por días

En la tabla 5 se presenta el promedio de la PPC de RSR para cada uno de los días donde se realizó el muestreo.

Tabla 5. Producción per capita en el municipio de Vijes

VIVIENDAS MUESTREADAS	$\overline{ppc}$ MARTES (kg/hab-día)	$\overline{ppc}$ JUEVES (kg/hab-día)	$\overline{ppc}$ SABADO (kg/hab-día)	$\overline{ppc}$ GLOBAL (kg/hab-día)	S^2_{PPC} (kg/hab-día) ²
125	0,449	0,505	0,494	0,478	0,1042

Fuente: Autor

En la figura 19, se presenta la distribución de la PPC en cada uno de los días que se realizó el muestreo.

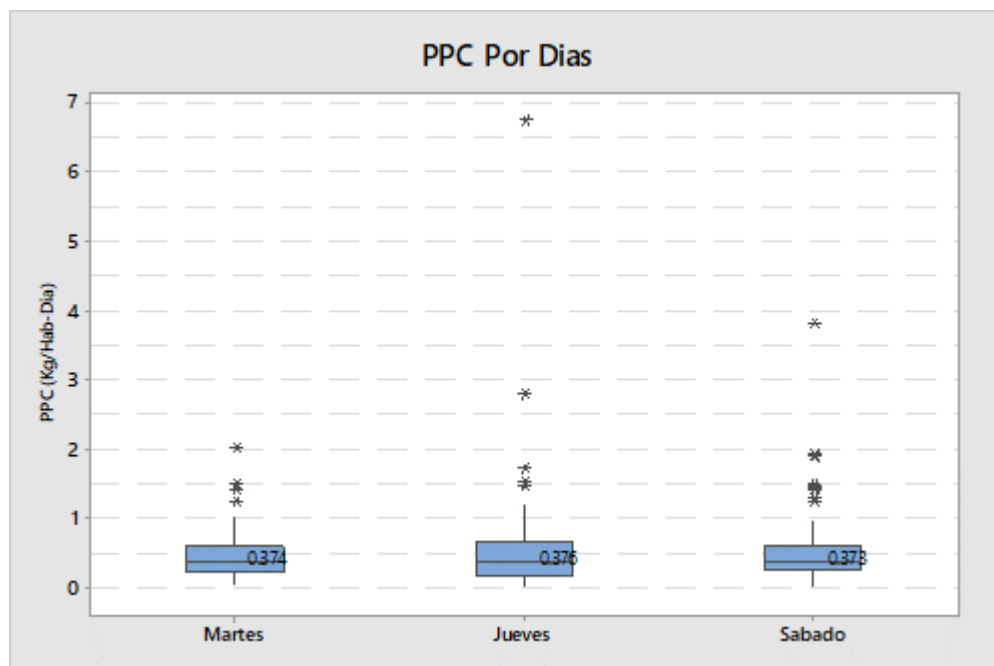


Figura 18. Diagrama de cajas para la PPC por días

Fuente: el autor

Los días jueves es cuando se obtiene un mayor rango entre el cuartil inferior y el cuartil superior, indicando una mayor dispersión de datos, lo que podría estar asociado a la permanencia de las personas dentro de los hogares durante la semana.

Durante los tres días se presenta una mediana similar, evidenciando un comportamiento homogéneo en la producción de RS en las viviendas durante la semana. De igual manera, en

los tres días se presentó una mediana inferior al promedio, lo cual está asociado a los valores atípicos (alta producción de RSR) durante cada uno de los días que se realizó el muestreo.

6.2.3 PPC por barrio

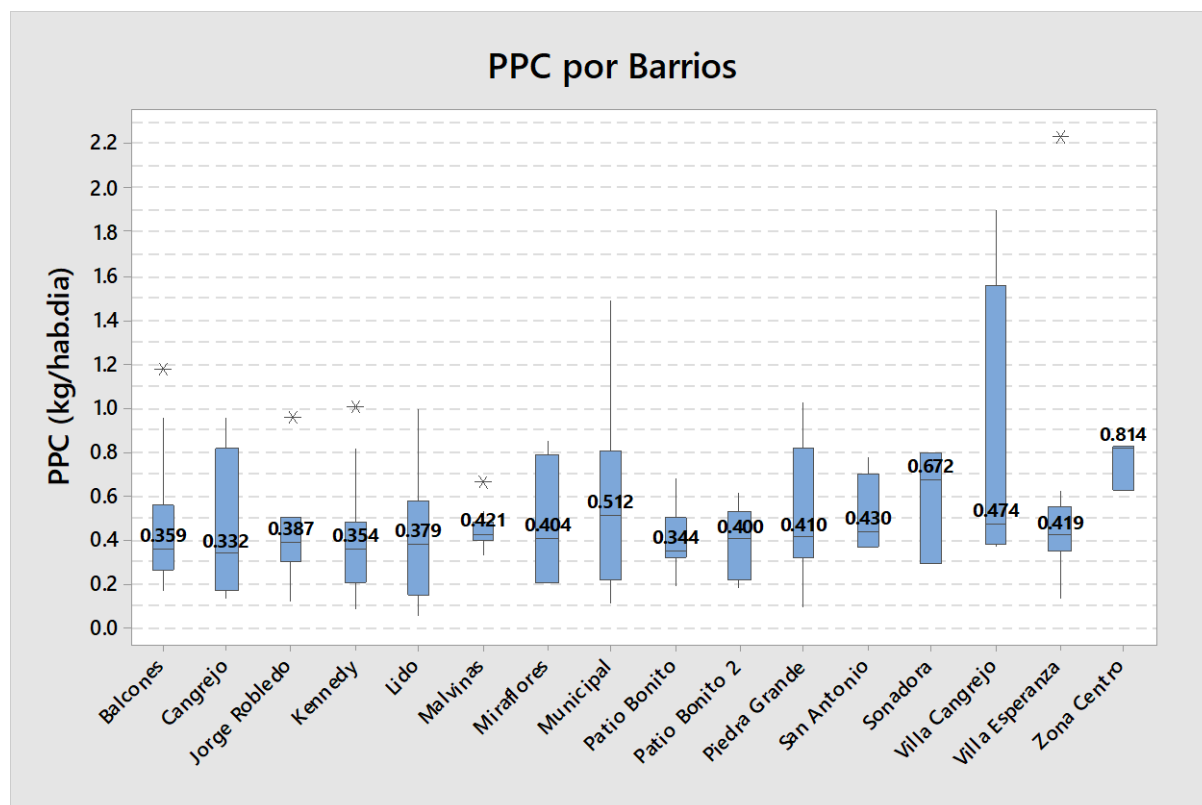


Figura 19. Diagrama de cajas para la PPC por barrios

Fuente: el autor

Aunque en el presente estudio no se realizó una muestra estratificada, esta grafica sirve de orientación para tener una idea sobre el comportamiento en la producción de RSR en los barrios del municipio.

Villa Cangrejo es el barrio que presenta una distribución más amplia de la PPC, debido a que en parte de este barrio se encuentra la población con mayor poder adquisitivo; constituido principalmente por casas amplias estilo chalet, motivo por el cual se encuentran habitantes con costumbres de consumo muy variables.

En los barrios Municipal, Sonadora y Zona Centro la mediana es superior a la PPC global del municipio, es decir que por lo menos el 50% de las viviendas en cada una de estas zonas presentan una mayor producción de RSR que el promedio.

6.3 Composición física de los residuos solidos

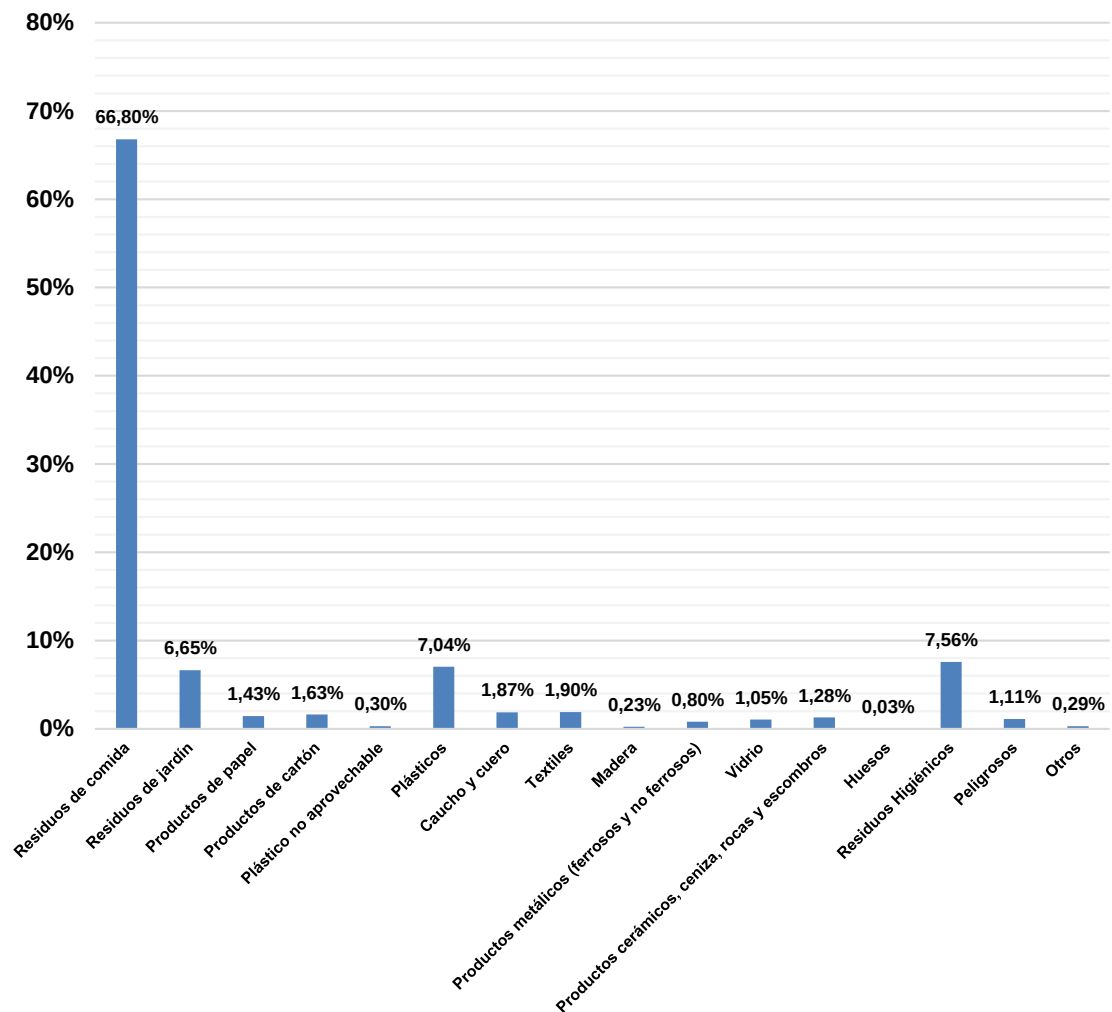


Figura 20. Composición física de los RSR en la zona urbana de Vijos

Fuente: el autor

Se observa que después de los residuos de comida y los residuos higiénicos, los desechos plásticos presentan el mayor porcentaje, siendo este un factor a tener en cuenta a la hora de realizar estrategias por parte de la administración municipal para el aprovechamiento y posterior comercialización de este tipo de residuos.

7. Formulación de alternativas para la GIRS

Todas las alternativas que se propongan para una adecuada gestión de RS deberán partir de un proceso continuo de educación el cual debe ser integral e interdisciplinar que vincule la actuación en red de todas las instituciones presentes en el municipio.

Dicha educación deberá enfocarse en la sensibilización de los habitantes para que se hagan conscientes de la importancia de su rol en la GIRS, ya que la calidad de la materia prima dependerá de una adecuada separación en la fuente la cual permitirá que haya procesos que disminuyan la generación de RS.

Según los resultados de las encuestas aproximadamente el 30% de las viviendas separan sus RS y los entregan a los recicladores o lo donan a la iglesia para que estos luego sean cambiados por comida para la gente que más lo necesita. Por lo tanto, se debe fortalecer este tipo de iniciativas, ya que son propias de la comunidad. Esto se puede realizar mediante incentivos sociales y económicos, por parte de la administración municipal y la empresa prestadora del servicio de aseo. Usando herramientas novedosas como los son las redes sociales.

Basado en la jerarquía para la gestión de los RS (figura 1) que indica la política nacional para la GIRS – CONPES 3874, se plantean las siguientes alternativas para un manejo adecuado de los RS.

7.1 Propuesta de prevención de RS

La prevención es la primera instancia de la jerarquía en la gestión de los RS y esta hace referencia a la no generación de RS, lo cual se puede traducir en una reducción de la PPC en el municipio. Para ello es importante determinar cuáles son las categorías que predominaron en la composición física de los RS y que programas o actividades se pueden llevar a cabo para reducir su producción.

De acuerdo a la composición física de los RS obtenida en el municipio de Vijes, el 66,80% corresponde a residuos de comida. Por lo tanto, como primera instancia se propone que en una próxima categorización se desagregue esta categoría para saber cuánto de este porcentaje equivale a comida preparada, pues, aunque no se cuantificó en las jornadas de muestreo se evidenció que constituía un porcentaje significativo de los residuos de comida.

Al conocer de manera detallada el porcentaje de RS que equivale a comida preparada, se deberán plantear estrategias que concienticen a los habitantes del municipio acerca del desperdicio de comida. Los programas que se planteen deberán resaltar la labor de aquellas viviendas donde efectivamente se está evitando el desperdicio de comida preparada, con el fin de que los demás empiecen a realizarlo.

7.2 Propuesta de reutilización de RS

La generación de plásticos en el municipio, resultó siendo la tercera categoría de mayor valor después de los residuos higiénicos. Por lo tanto, se deberán plantear estrategias que reduzcan la generación de este tipo de RS y fomenten la reutilización. En Vijes durante el fenómeno del niño y los periodos secos del año hay un alto grado de racionamiento de agua, lo que conduce a que los habitantes consuman agua en bolsa plástica que es la forma más económica. Una posible estrategia para minimizar este impacto es evitar comprarla en bolsa e incentivar el uso de recipientes reutilizables a mejor costo o que puedan ser llenados por los carrotaques.

Se propone como una medida de reutilización realizar convenios con las empresas que producen bebidas envasadas en botellas de plástico, para que fomenten el uso de la botella retornable siempre que sea posible.

7.3 Alternativas enfocadas en el aprovechamiento de RS

Se deben realizar estudios de factibilidad técnica, económica y social que permitan determinar si es posible la construcción de una PMIRS de acuerdo a la cantidad y composición de RS.

Dentro de los aspectos favorables a tener en cuenta para el posible aprovechamiento de los materiales reciclables, el municipio se encuentra cerca a ciudades como Cali, Yumbo y Buga, que podrían tener un mercado factible.

Por otra parte, el municipio de Vijes se caracteriza por tener una amplia zona rural, donde se podrían utilizar los residuos de comida y jardín como acondicionador de suelos obtenido a partir del proceso de compostaje.

7.4 Propuesta de formalización de los recicladores

Durante el desarrollo del trabajo de campo se pudo constatar que existen varios recicladores en el municipio, por lo tanto, es importante realizar como primera instancia un censo que permita conocer cuántas personas se dedican a esta labor y en qué condiciones están desarrollando su actividad. Posteriormente se deberán realizar procesos que permitan acoplarlos al marco legal existente en el país, donde se tenga en cuenta todos los riesgos que esta labor presenta.

7.5 Disposición final

Como última alternativa de acuerdo a la jerarquía para la generación de RS se tiene la disposición final, donde están aquellos RS que no se han podido evitar, desviar o recuperar en los pasos anteriores. Las categorías de RS no aprovechables en el municipio de Vije corresponden al 12,67% del total (residuos higiénicos, huesos, residuos peligrosos, escombros, caucho, cuero y otros). Se deberá garantizar que en este punto solo lleguen RS correspondientes a dichas categorías.

7.6 Programa anual de caracterización

Se propone la realización anual de una caracterización de RS que permita conocer los avances o retrocesos de acuerdo a las propuestas planteadas, mediante indicadores. Esta deberá realizarse en alguna ocasión durante el periodo de sequía que presenta el municipio.

8. Conclusiones

Se determinó una PPC de RSR de 0,478 kg/hab.día para el municipio de Viji, siendo este un valor superior al promedio reportado por el RAS (2012) para municipios con menos de 12500 habitantes (nivel de complejidad medio); este es un indicio que justifica la necesidad de aplicar medidas para la reducción en la generación de RSR.

De acuerdo a la composición física de los RSR, la categoría predominante con un 66,8% fue la de residuos de comida, no obstante, en la evaluación no se diferenció entre residuos de comida preparada y residuos de comida cruda, lo cual es un factor importante a tener en cuenta en los próximos estudios que se realicen.

La segunda categoría de mayor valor fue la de residuos higiénicos con un 7,56% por lo tanto se deben plantear estrategias que permitan realizar un manejo y una separación adecuada de estos dentro de las viviendas para evitar que contaminen los demás materiales que presentan un alto potencial de aprovechamiento.

La dispersión de la PPC en el municipio evidencia que no existe un comportamiento homogéneo por zonas del municipio en cuanto a la producción de RSR, es decir que no hay una disgregación que permita establecer parámetros de consumo similares dentro de la zona urbana del municipio. Posiblemente el hacer un muestreo estratificado por barrios permitirá establecer estrategias para cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos muestran la pertinencia de fortalecer la educación ambiental sobre la gestión de residuos sólidos en el municipio de Viji, tomando como referencia los lineamientos establecidos en el CONPES 3874 – Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos.

El 11,95% del total de los RSR generados en el municipio de Viji, tienen un alto valor de aprovechamiento. Dada la ubicación del municipio, es necesario realizar estudios de factibilidad de mercado para evitar que estos vayan a disposición final.

Conforme con lo que se visualiza, el porcentaje de RSR que estrictamente deberán ser enviados a disposición final corresponde al 12,67% dentro del cual están las categorías de residuos higiénicos, huesos, residuos peligrosos, escombros, caucho, cuero y otros.

El porcentaje de viviendas que manifestaron realizar separación en la fuente fue del 29,87%, por lo tanto, uno de los principales retos de la administración municipal deberá ser implementar estrategias que permitan mejorar este indicador en el tiempo.

9. Recomendaciones

En la recolección de datos previos a la jornada de muestreo, se evidenció que la entidad prestadora del servicio de aseo no contaba con una ruta de recolección actualizada, por lo tanto, se recomienda que esta actualice sus bases de datos.

Se deberán realizar estudios similares al presente por lo menos una vez al año, con el fin de tener datos que permitan establecer indicadores que midan los avances o retrocesos en cuanto a la producción de RSR en el municipio de Vijes. En la medida que sea posible estos deberán contar con una estratificación por barrios.

Se sugiere seguir incluyendo la categoría de residuos higiénicos en las próximas caracterizaciones de RS que se realicen. Además, se propone que la categoría de residuos de comida sea dividida entre residuos de comida preparada y cruda.

Se recomienda que para este tipo de estudios se usen cada vez, más herramientas tecnológicas que faciliten el procesamiento de datos y las jornadas de muestreo, como lo son los GPS, las tablets y los smartphones.

Es necesario establecer una política pública de gestión de RSR en el municipio, con el fin de fortalecer las opciones y alternativas propuestas en el presente trabajo. Dentro de la cual deberán estar incluidos los recicladores conforme a la normatividad que esté vigente.

Bibliografía

- Agudelo, V.; Rengifo, S. & Madera, C. (2008). *Caracterización de los residuos sólidos de origen domiciliar generados en la cabecera del corregimiento Montebello - Cali*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Vijes. (2012). Acuerdo No. 002 de 2012. *Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo, “para Vijes lo mejor” vigencia 2012-2015*. Vijes, República de Colombia.
- Almagir, M. & Ahsan, A. (2007). *Municipal solid waste and recovery potential: Bangladesh perspective*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/43562547_Municipal_solid_waste_and_recovery_potential_Bangladesh_perspective
- Aristizabal, C. & Sáchica, M. (2001). *El aprovechamiento de los Residuos Sólidos Domiciliarios no tóxicos en Bogotá D.C.* Pontificia Universidad Javeriana.
- Avendaño, E. F. (2015). *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos: análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero*. Bogotá D.C., Colombia.
- Banco Mundial. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management*. Washington DC: Urban Developments Series Knowledge Papers.
- Beltrán, J. E. (2014). *Evaluación de la metodología de caracterización de los residuos sólidos de origen municipal dispuestos en el relleno sanitario Parque Ambiental los Pocitos de la ciudad de Barranquilla*. Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Cali, Colombia.
- Bonifacio, F. D. (2010). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Municipio de Neyba (Rep. Dominicana)*. Tesis de Maestría, EOI: Escuela de Organización Industrial de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19639/proyecto-fin-de-master-plan-integral-de-gestion-ambiental-de-residuos-solidos-domiciliarios-en-el-municipio-de-neyba-republica-dominicana>

- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS. (2000). *HDT 17: Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos*. CEPIS/OPS.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS. (2005). *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*. Hojas de Divulgación Técnica. HDT N° 97, CEPIS.
- Christensen, T. (2011). *Solid waste technology & management* (Vol. I). Editorial Wiley.
- Collazos, H. & Duque, R. (1998). *Residuos Sólidos. Colombia*.
- CONAMA. (2006). *Estudio Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Región Metropolitana*. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería en construcción. Grupo de residuos sólidos, Valparaíso. Chile.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2016). *CONPES 3874: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá D.C.
- ECO Consultorías e Ingeniería SAC. (2013). *Estudio de caracterización física de residuos sólidos municipales en la ciudad de Piura. Estudio preparado en el marco del desarrollo del programa de apoyo a las acciones de mitigaciones dentro del sector de manejo de residuos sólidos en Perú*. Piura, Perú: ECO Consultorías e Ingeniería S.A.C.
- Estrada, R. D. (2013). *Caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios, Urbano Residencial*. Universidad de Manizales, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Montería, Colombia.
- EUROSTAT. (2010). *Environmental statistics and accounts in Europe*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de European Commission: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-32-10-283/EN/KS-32-10-283-EN.PDF
- GAIKER Centro Tecnológico. (2013). *Muestreo y caracterización de residuos sólidos*. España: Zamudio.
- Gómez, G.; Meneses, M.; Ballinas, L. & Castells, F. (2008). *Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico*. New York: Waste Management.
- González, L. Y. & Almeida, M. (2007). *Gestión integral de residuos sólidos*. Centro de Estudios de Medio Ambiente de Matanzas, Facultad de Ingeniería Química, Cuba.

- González, T.; Bräutigam, K. & Seifert, H. (2012). The potential of a sustainable municipal waste management system for Santiago de Chile, including energy production from waste. *Energy, Sustainability and Society*, 2(1), 24.
- Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste. A Global Review of Solid Waste Management*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2016, de Urban Development series knowledge papers: http://www.prepare-net.com/sites/default/files/what_a_waste2012_final.pdf
- Hoornweg, D.; Bhada- Tata, P. & Kennedy, C. (2013). Environment: Waste production must peak this century. *Nature: International Weekly Journal of Science*(502), 615-617.
- Hurtado, R. (15 de Junio de 2015). Secretario de Planeación Municipal de Vije. (A. Sánchez, Entrevistador)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). *Diseño de la muestra en proyectos de encuesta* (Vol. II). México.
- Jiménez, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Limusa.
- Klinger, R. (2006). *Estadística: conceptos y aplicaciones de los métodos de muestreo*. No. 2. Universidad del Valle, Programa editorial, Santiago de Cali.
- Kocasoy, G. (1 - 5 de October de 2001). Solid Waste Management in Developing Countries: Proposed Amendments in the existing situation . S Margherita di Paula, Italia; 2. *Proceedings*(2).
- López, J. L. (2009). *Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos*. “Implementación del sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos en el distrito de Las Lomas.
- Marín, N. C. (2012). *Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos (RSD) con algunos factores socioeconómicos de los habitantes del municipio de Circasia-Quindío*. Circasia, Quindío. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Quindío.
- Marmolejo, L.; Klinger, R.; Madera, C.; Olaya, J.; Marcos, C. & Ordóñez, J. (2010). Cuantificación y caracterización local: una herramienta básica para la gestión integral de los residuos sólidos residenciales. *Ingeniería e investigación*, 30(2).

- Marmolejo, L.; Oviedo, R.; Jaimes, C. & Torres, P. (2010a). Influencia de la Separación en la Fuente sobre el Compostaje de Residuos Sólidos Municipales. *Agronomía Colombiana*(2), 319-327.
- Marmolejo, L.; Torres, P.; Oviedo, E.; Bedoya, D.; Amezquita, C.; Kingler, R. & Díaz, I. (2009). Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales. *Ingeniería y Competitividad*(11), 79-93.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental - RAS- TÍTULO F*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013). Decreto 2981 de 2013. *Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo*. Colombia: Presidencia de la Republica.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). Resolución 0754 de 2014. *Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015 . *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda Ciudad y Territorio*. Bogotá D.C., Colombia.
- Moldes, A.; Cendón, Y. & Barral, M. (2006). Evaluation of municipal sold waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design. *Bioresource Technology*(98), 3069 – 3075.
- Montoya, A. F. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno Activa*, 67- 72.
- Ochoa, C. (2015). *Muestreo Probabilístico: Muestreo Sistemático*.
- Organización Panamericana de la Salud - OPS. (2005). *Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe*. Washington D.C. .
- Organización Panamericana de la Salud - OPS. (2010). *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*. OPS, AIDIS Y BID.

- Rodríguez, J. C. (2015). *Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios en Colombia: Mitos y Realidades*. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias Económicas, Bogotá D.C.
- Sharon, L. L. (2000). *Muestreo: Diseño y Análisis*. México: International Thomson Editores.
- SSPD. (2015). *Informe Nacional: Disposición Final de Residuos Sólidos*. Bogotá D.C. : Superintendencia de servicios públicos domiciliarios.
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H. & Vigil, S. (1994). , & Vigil, S. (). *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Tinoco, M. A. (2011). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios del Distrito de Ate*. Lima: ECI: Eco Consultorías e Ingeniería S.A.C.
- U.S. Environmental Protection Agency - USEPA. (2000). *Biosolids Technology Fact Sheet*. Rep. EPA 832-F-00-061: Enviromental Protection Agency, Washington, D.C.
- United Nations Enviroment Programme - UNEP. (2013). *Nep year book 2013: emerging issues in our global environment*.
- Vivanco, M. (2005). *Muestreo Estadístico, Diseño y Aplicaciones*. Chile: Editorial Universitaria. Obtenido de https://books.google.nl/books?id=-_gr5l3LbpIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Zakir, H.; Hasna, Q.; Minhaj, M. & Tofayal, M. (2014). *Municipal solid waste (MSW) as a source of renewable energy in Bangladesh: Revisited*. Bangladesh.

Anexos

Anexo 1. Formato de encuesta

MUNICIPIO DE VIJES
PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – (PGIRS)
CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS RESIDENCIALES
ZONA URBANA

ENCUESTA PARA VIVIENDAS

1. Datos del encuestador.
 - 1.1 Nombre encuestador: _____
 - 1.2 Fecha: _____
 - 1.3 Hora: _____
 - 1.4 Vivienda seleccionada No: ____

2. Datos de la vivienda.
 - 2.1 Nombre y teléfono del encuestado:

 - 2.2 Dirección: _____
 - 2.3 Barrio: _____
 - 2.4 Servicios públicos con los que cuenta:
Energía ____
Teléfono ____
Acueducto ____
Alcantarillado ____
Aseo ____
Internet ____

3. Caracterización del núcleo familiar.
 - 3.1 Número de personas que habitan la vivienda: _____
 - 3.2 Dentro de las cuales hay:
Menores de 1 año: ____
Entre 1 y 5 años: ____
Entre 6 y 17: ____
Entre 18 y 45: ____
Entre 45 y 64: ____

Mayores de 64: ____

3.3 Cuantas personas trabajan ____

3.4 Nivel educativo de las personas que habitan en la casa, ¿Cuántas personas hay en cada nivel?

Universitario__

Técnico __

Secundaria__

Primaria__

Ninguno/Sin Formación ____

4. Información sobre separación en la fuente:

4.1 ¿Realiza separación en la fuente?

SI __ NO __ (Si la respuesta es “NO” ir a la 4.3)

4.2 ¿En cuántas partes separara la basura?

2 __ 3 __ 4 __ Mas__

4.3 ¿Estaría dispuesto a separar la basura de su vivienda?

SI __ NO __ (Si la respuesta es “NO” ir a la 5)

4.4 ¿En cuántas partes estaría dispuesto a separar la basura?

2 __ 3 __ 4 __ Mas__

5. Manejo de residuos sólidos.

5.1 La vivienda tiene servicio de recolección de basuras:

SI __ NO __

5.2 Si la respuesta anterior es NO, ¿a qué lugar la lleva?

Al Río__ A la calle __ La quema __ La Entierra __ Al patio__ Otra:

5.3 ¿Qué días pasa el vehículo recolector?

L _ M _ Mi _ J _ V _ S _ D _

5.4 ¿A qué hora pasa el vehículo?

6am-7am __

7am-8am__

8am-9am__

9am-10 am__

10am-11am__

11am-12m__

Otra hora: _____

5.5 ¿En qué recipiente recoge la basura para llevarla al servicio de recolección?

Costal ___

Caneca ___

Caja ___

Bolsa ___

Otra. ¿Cuál? _____

5.6 ¿Cuántos recipientes presenta al vehículo de recolección?

1___ 2___ 3___ Mas de 3___

5.7 ¿En dónde ubica los recipientes?

Andén ___ Esquina ___ Otros___

5.8 ¿Cuánto tiempo antes del paso del vehículo recolector presenta los residuos?

5 min ___ 10 min ___ 15 min ___ 30 min ___ 45 min ___ 1 hora ___ Más de 1
hora ___

5.9 ¿En cuántos recipientes almacena los residuos al interior de la vivienda?

1 ___ 2 ___ 3 ___

5.10 Si los almacena separados; por favor indique la forma en que los separa:

6. Aprovechamiento de los residuos sólidos.

6.1 ¿Sabe que es reciclaje?

SI ___ NO ___

6.2 ¿Realiza reciclaje en su vivienda?

SI ___ NO ___

6.3 ¿Qué tipo de materiales recicla?

Vidrio ___

Cartón ___

Chatarra ___

Papel ___

Plástico ___

Otro: _____

6.4 ¿Qué hace con el material reciclado?

Lo vende ___

Lo entrega al reciclador ___

Lo deja afuera junto a los demás RSR ____

6.5 ¿Qué hace con los desperdicios de comida y jardín (residuos orgánicos de fácil degradación)?

Compostaje ____

Lombricompost ____

Alimentación animal ____

Los pone en el recipiente que va al servicio de recolección ____

Enterrarla ____

Otro. ¿Cuál? _____

Observaciones: _____

Anexo 2. Formato de carta entregada a jefe de hogar

Vijes, 03 de agosto de 2015

Estimado señor (a):

JEFE DE HOGAR

Reciba un atento saludo:

Con la presente me permito informarle que actualmente el municipio de Vijes, bajo la coordinación de la Secretaria de Planeación Municipal se encuentra promoviendo actividades en el marco del **“Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Vijes”** y dentro de sus propósitos, incluye el estudio de **“Caracterización de los Residuos Sólidos Producidos en la Zona Urbana del Municipio de Vijes”**.

El objeto principal del estudio es conocer la cantidad y composición de los residuos sólidos generados en nuestro municipio, información fundamental para la toma de decisiones en aspectos tan importantes como la posibilidad de hacer un mejor aprovechamiento de los residuos y la planificación de los servicios de recolección, transporte y disposición final.

Para obtener la información se han seleccionado al azar, viviendas en los distintos sectores del casco urbano del municipio, siendo su vivienda una de las seleccionadas.

Para nosotros es muy importante contar con su apoyo; por lo tanto, y si lo requiere, haremos vistas con el fin de suministrarle toda la información necesaria.

Dentro de nuestro Plan de Desarrollo **“PARA VIJES LO MEJOR”** queremos tener un municipio cada vez más limpio, y sabemos que usted es participe de nuestro propósito por lo que es muy grato contar con su ayuda.

Para cualquier información al respecto favor comunicarse al teléfono 311 721 1557.

Muchas gracias por su atención.

Cordialmente,

RODRIGO HURTADO VELASCO
Secretario de planeación municipal

Anexo 3. Formato de recolección de datos

PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – VIJES, VALLE FORMATO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Casa	# bolsas entregadas	# personas	Peso	Hora de pesaje	Observaciones

Fecha: _____ Día: _____

Hora de inicio: _____ Hora de finalización: _____

TIPO DE RESIDUO	PESO UNITARIO	OBSERVACIONES
Residuos de comida		
Residuos de jardín		
Productos de papel		
Productos de cartón		
Plástico no aprovechable		
Plásticos		
Caucho y cuero		
Textiles		
Madera		
Productos metálicos (ferrosos y no ferrosos)		
Vidrio		
Productos cerámicos, ceniza, rocas y escombros		
Huesos		
Residuos Higiénicos		
Peligrosos		
Otros		

Fecha: _____ Día: _____

Peso final de la muestra: _____ Número de cuarteos: _____