

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

LUIS F. MARMOLEJO¹
PATRICIA TORRES²
RICARDO OVIEDO³
MARIELA GARCÍA⁴
LUIS F. DÍAZ⁵

RESUMEN

El aprovechamiento de residuos sólidos municipales (RSM) tiene cada día mayor aceptación en Colombia. Dos hechos evidencian esta situación: su inclusión en los planes de gestión integral de residuos sólidos de numerosos municipios y el incremento en el número de plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS) que se han construido. De ahí que el análisis de las experiencias existentes y la investigación y desarrollo alrededor del tema son indispensables para avanzar en este campo. En el presente artículo se analiza el funcionamiento de cinco PMRS de cabeceras municipales del norte del Valle del Cauca, en las cuales se encontró que, aunque presenten deficiencias en su operación, aspectos como la existencia de mercado para sus productos, las posibilidades de generación de empleo y los costos evitados al no tener que enviar residuos a rellenos sanitarios regionales justifican su continuidad. Como elementos clave para fortalecer el funcionamiento de las PMRS, se identificaron la sensibilización continua de los usuarios del servicio de aseo, la adaptación de las tecnologías al contexto, el fortalecimiento de la gestión administrativa y el mayor impulso al aprovechamiento en el marco político nacional.

-
- 1 Ingeniero Sanitario y Magíster en Administración de Salud, Universidad del Valle. Profesor Asistente, Universidad del Valle. Cali, Colombia. luis.marmolejo@correounivalle.edu.co
 - 2 Ingeniera Sanitaria, Universidad del Valle; Doctora en Ingeniería Civil, énfasis en Hidráulica y Saneamiento, Universidade de São Paulo. Profesora Titular, Universidad del Valle. Cali, Colombia. patricia.torres@correounivalle.edu.co
 - 3 Ingeniero Sanitario, Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental y Doctor (c) en Ingeniería, Énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali, Colombia. edoviedo@univalle.edu.co
 - 4 Socióloga, Magíster en Desarrollo. Profesora Asociada, Instituto Cinara. Universidad del Valle. Cali, Colombia. magarcia@univalle.edu.co
 - 5 BSc Mechanical Engineering, San Jose State University; MSc Mechanical Engineering, University of California and PhD in Environmental Engineering, University of California, Berkeley. President, CalRecovery, Inc. Concord, CA, Estados Unidos. ludiaz@calrecovery.com

PALABRAS CLAVE: aprovechamiento; planta de manejo de residuos sólidos; residuos sólidos municipales.

PERFORMANCE ANALYSIS OF SOLID WASTE RECOVERY FACILITIES IN NORTHERN VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

ABSTRACT

In Colombia, the acceptance of resource recovery is demonstrated through the high number of municipalities which have introduced this alternative in their integrated solid waste management plans, together with the increasing number of solid waste management facilities (SWMFs) that have been established. This situation also highlights the need for a comprehensive evaluation of the existing experiences as well as research and development around this topic. In this paper, the performance of five SWMFs located in municipalities in northern Valle del Cauca is analyzed. The analysis shows that, despite the fact that SWMFs have operational deficiencies, features such as markets for their products, employment generation and avoided costs in waste disposal in landfills show sufficient grounds for their continuity. Key elements to strengthen SWMFs performance are long-term awareness of service users, adaptation of technologies to the context, enhancement of managerial capacity and better support to resource recovery within the national political framework.

KEY WORDS: resource recovery; solid waste management facility; municipal solid wastes.

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PLANTAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO NORTE DO VALLE DEL CAUCA, COLÔMBIA

RESUMO

O aproveitamento de resíduos sólidos municipais (RSM) tem a cada dia maior aceitação na Colômbia. Dois fatos evidenciam esta situação: sua inclusão nos planos de gerenciamento integral de resíduos sólidos de numerosos municípios e o incremento no número de plantas de manejo de resíduos sólidos (PMRS) que se construíram. Daí que a análise das experiências existentes e a pesquisa e desenvolvimento ao redor do tema são indispensáveis para avançar em este campo. No presente artigo analisa-se o funcionamento das cinco PMRS de cabeceiras municipais do norte do departamento de Valle del Cauca, nas quais se encontrou que, ainda que apresentem deficiências em sua operação, aspectos como a existência de mercado para seus produtos, as possibilidades de geração de emprego e os custos evitados ao não ter que enviar resíduos a recheados sanitários regionais justificam sua continuidade. Como elementos-chave para fortalecer o funcionamento das PMRS, se identificaram a sensibilização contínua dos usuários do serviço de asseio, a adaptação das tecnologias ao contexto, o fortalecimento do gerenciamento administrativo e o maior impulso ao aproveitamento no marco político nacional.

PALAVRAS-CÓDIGO: aproveitamento; instalação de manejo de resíduos sólidos; resíduos sólidos municipais.



1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos (Minambiente, 1998), al jerarquizar las estrategias para su gestión, consideró el aprovechamiento y la valorización como la base para el manejo de los residuos generados; la composición de los residuos sólidos municipales (RSM) del país es uno de los soportes fundamentales de este concepto. Tal como lo reporta el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT y EPAM, 2008), el contenido de materiales potencialmente aprovechables en los RSM alcanza proporciones significativas (65 % de materia orgánica, 5 % de papel y cartón, 14 % de plásticos, 4 % de vidrio y 1 % de metales).

La gestión de los RSM ha venido evolucionando, incorporándose opciones de aprovechamiento a los componentes que incluía por tradición (recolección, transporte y disposición final). Entre las alternativas para el impulso del aprovechamiento, se incluye la implementación de esquemas centralizados, como las plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS). La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2008a) reporta que, durante el período 2006-2008, el país pasó de tener 34 a 59 PMRS, y los municipios servidos aumentaron de 68 a 98. En el año 2008, la SSPD (2008b) mostró que las poblaciones menores de 20.000 habitantes eran las que adoptaban con mayor frecuencia el aprovechamiento de residuos por medio de PMRS.

A pesar de la creciente aplicación de las PMRS en el país, los resultados no han sido favorables. Al respecto, la Procuraduría (2003) señaló que

se hace un uso indiscriminado y poco cuidadoso de tecnologías que ponen en riesgo la salud pública. Proliferan las Plantas de Tratamiento Industrial de Basuras, sin separación previa en la fuente, de modo que el bioabono producido puede traer carga contaminante, incluso proveniente de residuos peligrosos que son utilizados en cultivos para consumo humano.

El MAVDT (2006) concluyó que los sistemas de aprovechamiento no habían sido eficientes y que

en varios casos la infraestructura había sido instalada pero no usada.

Las situaciones anteriores pueden relacionarse con el hecho de que el aprovechamiento de RSM es una opción de aplicación reciente en el país y que su implantación no fue soportada con experiencias de investigación que propicien la adaptación de la tecnología a las condiciones locales. No obstante, el MAVDT (2009) indicaba que, en los 471 municipios colombianos que completaron sus planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), se identificaron 1.243 proyectos relacionados con la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos, de los cuales 1.144 son de carácter local y el restante regional, ratificando la aceptación que tiene esta opción; por lo tanto, para el país es prioritario el análisis de las experiencias existentes y la investigación y desarrollo alrededor del tema.

En este artículo se analiza el funcionamiento de las PMRS en operación en cabeceras municipales del norte del departamento del Valle del Cauca, las cuales se han puesto en marcha desde finales de la década de los noventa, con una conformación similar a la planteada por la SSPD (2008b) para las PMRS del país y su operación y mantenimiento está a cargo de las administraciones municipales o de actores locales designados por éstas. El análisis se realiza desde la perspectiva de la gestión integrada y sostenible de los residuos (Van de Klundert y Anschütz, 2001), identificándose aspectos que muestran la conveniencia de su funcionamiento y sugiriendo elementos clave para fortalecerlo.

2. METODOLOGÍA

El estudio estuvo soportado en la revisión y análisis de memorias e informes técnicos, la consulta con actores relacionados con el diseño, operación y mantenimiento de las PMRS y la observación en campo. La recopilación de información se hizo por consulta directa, internet o contacto por correo electrónico con instituciones del ámbito local (alcaldía y

empresa prestadora del servicio de aseo), regional (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC–) y nacional (MAVDT y SSPD). También se realizaron visitas de reconocimiento a cada una de las localidades, en particular a las PMRS y a las organizaciones responsables de su administración, operación y mantenimiento. Para tal efecto se elaboraron guías de visita y formularios de entrevista, que fueron aplicados a los responsables de las PMRS (administraciones municipales y empresas prestadoras del servicio) y a miembros de organizaciones o grupos formales e informales relacionados con el aprovechamiento.

Para describir las PMRS y analizar su funcionamiento se evaluaron: niveles de separación en la

fuerza, tipo de recolección de los RSM, técnicas para la separación de residuos, tecnologías para manejo de biorresiduos, tecnología para recuperación de materiales reciclables. En cada uno de estos componentes se analizaron aspectos relacionados con la operación, mantenimiento, control y seguimiento. La tabla 1 presenta los aspectos evaluados y las formas de evaluación.

La información obtenida fue discutida y complementada en tres talleres en los que participaron representantes de las cinco PMRS, aplicando la técnica de la lluvia de ideas (Palomo, 2000); en el taller final se identificaron tanto los puntos críticos como los elementos clave para impulsar el funcionamiento de las PMRS.

Tabla 1. Aspectos evaluados y método de evaluación de las PMRS

Componente	Aspecto evaluado	Método
Materia prima	Cantidades y composición física	Revisión de estudios de muestreo y caracterización
	Procedencia y condiciones de llegada a la PMRS	Aplicación de encuestas o talleres participativos sobre prácticas de manejo de los RSM Seguimiento <i>in situ</i> de la presentación, recolección y transporte de los RS Taller con operarios de la recolección y transporte Seguimiento <i>in situ</i> de la recepción de materiales en la PMRS
Procesos	Tecnologías usadas	Observación <i>in situ</i> de tecnologías usadas para el aprovechamiento de biorresiduos y de reciclables
	Condiciones de operación y mantenimiento	Seguimiento <i>in situ</i> de la operación y del mantenimiento de las tecnologías Entrevistas a personal relacionado con la puesta en marcha, operación y mantenimiento de las tecnologías
	Identificación de esquemas de seguimiento	Observación <i>in situ</i> de los esquemas de seguimiento y control de los procesos
Productos	Determinación de la calidad de los productos y sus mercados potenciales	Observación <i>in situ</i> de las condiciones de almacenamiento y conservación de productos Entrevistas a personal administrativo de las PMRS
	Identificación de esquemas de seguimiento y control de calidad del producto	Observación <i>in situ</i> de esquemas de control de calidad de productos Entrevistas con los operadores de las PMRS



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de las PMRS

La tabla 2 presenta información general de las cabeceras municipales del norte del Valle del Cauca que cuentan con PMRS. La vocación agrícola y pecuaria de las localidades genera un mercado potencial para los productos del aprovechamiento de los biorresiduos (residuos de comida y jardín), y su ubicación e infraestructura vial local y regional facilitan la comercialización de los materiales reciclables.

Las PMRS han orientado su funcionamiento hacia el aprovechamiento de la mayor cantidad posible de residuos y la disposición final de aquellos materiales que por sus características físicas, químicas o biológicas no tienen posibilidad de ser aprovechados o no existen opciones para su transformación o mercadeo en el entorno (Marmolejo *et al.*, 2009). La operación y mantenimiento de los sistemas generalmente está a cargo de actores locales que, en la mayoría de los casos, no han sido capacitados. Dentro de las PMRS se distinguen tres áreas:

- *Área de recepción y separación de materiales*, cuyo objeto es la recepción de los RSM recogidos por el servicio de aseo municipal, los cuales se suelen separar en biorresiduos, reciclables y no aprovechables (rechazo).

- *Área de proceso y almacenamiento de materiales*, que incluye el proceso de biorresiduos y de reciclables.
- *Área de disposición final*, por lo general, denominada microrrelleno, que se proyecta para recibir cantidades reducidas de residuos, esperando que sus características favorezcan la reducción significativa de subproductos como lixiviados y gases efecto invernadero (GEI).

3.2 Funcionamiento de las PMRS

3.2.1 Materias primas

Las PMRS pueden asimilarse a unidades productivas cuyas materias primas son los residuos sólidos que se procesan, por tanto, el conocimiento de las cantidades y características de estos residuos es uno de los elementos fundamentales para entender y orientar su funcionamiento. En la tabla 3 se presenta información sobre la producción per cápita (PPC) y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones objeto de estudio, observándose un predominio marcado de biorresiduos y de materiales como papel, cartón, plástico, vidrio y metales, que en su conjunto alcanzan proporciones entre 81,9 % y 88,2 %, lo que muestra que la generación de materiales aprovechables es significativa.

Tabla 2. Información general de las localidades del Valle del Cauca con PMRS

Localidad	Población urbana ¹	Principales actividades económicas ²	Año de construcción de la PMRS
Alcalá	9.106	Agricultura, ganadería y comercio	2007
Bolívar	3.621	Agricultura	2001
El Dovio	5.175	Agricultura	2006
La Victoria	9.625	Ganadería, agricultura	2005
Versalles	3.831	Agricultura, ganadería	1999

Fuente: ¹DANE (2008); ²Gobernación del Valle (2009)

Tabla 3. PPC y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones objeto de estudio

Localidad	PPC kg/(hab.día)	Material (% en peso)								
		Comida y jardín	Papel	Cartón	Vidrio	Higiénicos	Plástico	Metal	Textiles	Otros
Alcalá ¹	0,35	62,8	4,0	5,7	3,5	7,1	11,3	0,9	2,3	2,5
Bolívar ²	0,31	51,3	9,7	2,8	3,9	4,4	16,9	1,4	3,0	6,5
El Dovio ³	0,49	51,4	3,0	9,6	5,3	7,3	12,0	0,3	3,6	8,9
La Victoria ⁴	0,43	70,4	3,5	1,2	1,2	8,3	7,1	0,9	2,8	4,3
Versalles ⁵	0,25	65,5	3,2	1,4	2,0	9,0	8,7	1,1	3,2	5,9

Fuentes: ¹CVC y Suna Hisca (2006); ²CVC y Pacífico Verde (2008); ³CVC, Alcaldía de El Dovio y Suna Hisca, (2004); ⁴Amézquita y Bedoya (2009); ⁵Marmolejo *et al.* (2010).

Aunque el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento –RAS 2000– (Mindsarrollo, 2000) establece que la caracterización de los residuos debe llevarse a cabo al menos cada dos años, ninguno de los sistemas cumple con este requisito, lo cual coincide con lo planteado por Hristovski *et al.* (2007) y puede atribuirse a la complejidad de los métodos empleados y además a la limitación de recursos técnicos y financieros para la obtención de esta información.

De otro lado, teniendo en cuenta que el funcionamiento de las PMRS está orientado hacia el aprovechamiento, es necesario establecer o desagregar la clasificación de los materiales conforme a sus posibilidades de transformación y mercadeo. En el caso de los municipios de La Victoria y Versalles, las caracterizaciones desagregadas del papel y plástico permitieron determinar el predominio de las categorías de papel archivo y plegadiza, en el primer caso, y de los polietilenos de baja y alta densidad en el segundo; esta información fue básica para identificar opciones de manejo y de mercado (Marmolejo *et al.*, 2009). Así mismo, debido a que los residuos de comida representan la categoría generada en mayor

cantidad, también es necesaria su desagregación en subcategorías, como la de residuos de alimentos crudos y preparados; lo anterior debido a que su composición y variación del tiempo inciden en alto grado en el desarrollo y duración de procesos de transformación como el compostaje (Marmolejo, 2011), que es la alternativa de aprovechamiento más utilizada en las PMRS del país (SSPD, 2008b). De otro lado, aunque no se dispone de caracterizaciones desagregadas de los materiales peligrosos contenidos en los RSM, en las observaciones efectuadas se encontró que están constituidos más que todo por pilas usadas y desechos de la atención domiciliar de enfermos.

Las condiciones en que llegan las materias primas a las PMRS están relacionadas con prácticas del usuario, como la separación en la fuente y la presentación oportuna, y del prestador del servicio, como la recolección selectiva (Marmolejo *et al.*, 2010). Aunque durante la puesta en marcha de la PMRS, en todas las localidades se desarrollaron actividades de sensibilización para estimular la separación en la fuente, su aplicación sólo ha permanecido en El Dovio y Versalles, donde se ha dado continuidad y diversificación en estas actividades y donde las



organizaciones de base comunitaria han participado en forma activa (Marmolejo, 2011). De otro lado, los biorresiduos recogidos contienen cantidades significativas de plásticos (sobre todo los provenientes de la preparación de alimentos) y hay disparidad de criterios sobre el lugar para la separación de los residuos higiénicos y los de tipo peligroso.

Otro aspecto que incide en las características de los residuos para separar es la manipulación realizada por recuperadores informales directamente en el sitio de presentación, pues no sólo retiran parte de los materiales aprovechables, sino que suelen mezclar aun más los residuos y esparcen parte de éstos.

La recolección selectiva viene aplicándose en tiempos recientes en Alcalá, El Dovio y Versalles; en las dos primeras localidades se tienen jornadas diferentes para la recolección de los biorresiduos y de los reciclables y otros; esta opción tiene como limitantes el incremento en los costos de prestación de servicio y la presentación por parte de los usuarios de fracciones de residuos que no corresponden con las programadas. En Versalles el vehículo de recolección fue dividido en dos compartimientos (uno para biorresiduos y otro para los reciclables y otros); con la implantación de esta práctica se incrementó

el número de usuarios que presentan los residuos separados, se redujo en unas seis horas el tiempo de acondicionamiento de materias primas en la PMRS y se disminuyó el contenido de impropios de los sustratos del compostaje.

Conforme a lo expuesto, el mejoramiento de la calidad de las materias primas implica el establecimiento de estrategias de intervención que estimulen prácticas adecuadas de manejo de los RSM por parte de los usuarios y la puesta en marcha de la recolección selectiva, siendo además necesaria la estructuración de estrategias de muestreo y caracterización adaptables al contexto y que permitan la desagregación de las materias primas acorde con las necesidades del mercado.

3.2.2 Procesos

La tabla 4 presenta las tecnologías empleadas para la separación de residuos y el aprovechamiento de biorresiduos y de materiales reciclables en las PMRS objeto de estudio. La conformación de las PMRS estudiadas es muy similar a la planteada por la SSPD (2008b) para la mayoría de las PMRS del país.

La separación manual de residuos en el suelo, en mesas de separación y en rampas (plataformas)

Tabla 4. Tecnologías utilizadas para la separación de residuos, aprovechamiento de biorresiduos y de materiales reciclables en las PMRS

Localidad	Infraestructura/Lugar separación de materiales	Tecnologías de aprovechamiento			
		Biorresiduos		Reciclables	
		Trituración	Proceso	Papel	Plástico
Alcalá	R	Me	Co-LC	CM, E	CM, E
Bolívar	PC	Ma	Co	CM, E	CM, E
El Dovio	R	Me	Co	CM, E	CM, C, E
La Victoria	R	Me	Co	CM, E	CM, C, E
Versalles	R	Ma	Co	CM, E	CM, E

Convenciones: Rampa (R), Pisos y contenedores (PC), Mecánica (Me), Manual (Ma); Compostaje (Co), Lombricompostaje (LC); Clasificación manual (CM), Embalaje (E), Compactación (C).

aumenta el riesgo ergonómico para los operarios, facilita la acumulación y deterioro de la calidad de los materiales y resulta muy inefectiva. La SSPD (2008b) identificó que la mayor eficiencia en la separación de los RSM se encuentra en PMRS que emplean bandas transportadoras; sin embargo, presentan costos significativos de inversión, operación y mantenimiento. Las condiciones operativas en la recepción de los RSM y el alto grado de mezcla de estos residuos incrementan los tiempos de separación y clasificación de los materiales, incidiendo en el flujo de residuos dentro de la planta y, por consiguiente, afectando el funcionamiento de todo el sistema.

Respecto del aprovechamiento de biorresiduos, existen limitaciones para su trituración mecánica, debido a la variabilidad de sus características físicas (tamaño, forma, dureza) y mezcla con otros residuos, lo cual ha facilitado la falla y deterioro de los equipos de trituración. La constante con estos equipos ha sido el abandono por deterioro o la omisión de su uso por la carencia de servicio de energía eléctrica o por su costo.

En cuanto a los procesos de transformación, las opciones más aplicadas son el compostaje o lombricompostaje, sin que se observe claridad sobre los procesos de selección de la tecnología y de diseño de las opciones adoptadas. El compostaje fue proyectado con sistemas abiertos de pilas o hileras y con aireación pasiva. En las PMRS no se desarrollan actividades de control y seguimiento de variables como pH, temperatura, humedad y rendimiento del proceso y tampoco se tienen equipos para llevarlos a cabo, generando situaciones como la falta de volteo, el déficit o exceso de humedad y la estabilización incompleta de la materia orgánica; las cantidades producidas suelen ser del orden de 30 % a 40 % de los biorresiduos sometidos a proceso. Aspectos como el contenido significativo de impropios y la resistencia al uso del producto por parte de los agricultores (debido al origen de los sustratos) hacen que los porcentajes de comercialización oscilen entre 0 y 30 % del producto, utilizando el remanente dentro de las PMRS o enviándolo a disposición final.

El aprovechamiento de materiales reciclables se centra en el plástico, metales ferrosos y no ferrosos, papel y cartón, vidrio y metales, observándose una alta disparidad de criterios para la clasificación, lo que genera dificultades y pérdidas económicas en la comercialización. Sólo los materiales plásticos y el papel son objeto de algún tipo de procesamiento en las PMRS; en ambos tipos de material se presentan deficiencias en la compactación, lo que hace que los volúmenes de los materiales recuperados sean significativamente altos, lo cual influye en los costos de transporte.

Con respecto a las preferencias de los compradores por los materiales recuperados, en el caso del plástico se orienta hacia el PEBD (bolsas), PEAD y PET y materiales “soplados”, sin que existan posibilidades de comercialización para materiales como el poliestireno. Para el papel, mientras que el cartón, bond (archivo) y kraft tienen una alta demanda, la plegadiza, no la tiene. En el vidrio, la demanda, por lo general, se presenta según el tipo de botella. En el caso de los metales, los no ferrosos son los materiales reciclables con mayor demanda y precio de comercialización; la preferencia se centra en el cobre, el bronce y el aluminio en presentación de ollas y latas de refrescos o bebidas alcohólicas (Marmolejo, 2011).

Los ingresos por venta de productos en las PMRS están representados por la comercialización de materiales reciclables y constituyen entre el 10 % y 30 % de los costos de operación, haciendo necesario el soporte financiero vía tarifas.

Conforme a lo anterior, se evidencia que las obras de infraestructura o tecnologías utilizadas en las PMRS presentan dificultades para su operación y mantenimiento, con una eficiencia baja. Ello se refleja en la calidad de los productos y en las posibilidades de comercialización y llevan a generar serios cuestionamientos sobre su pertinencia y sostenibilidad, por parte de entidades gubernamentales (SSPD, 2008a, 2008b).



El panorama mostrado contrasta con el potencial económico, social y ambiental que ha tenido el aprovechamiento de residuos en regiones de países en desarrollo, como Dacca en Bangladesh, Dar es Salaam en Tanzania (Mbuligwe *et al.*, 2002), Yala en Tailandia (Mongkolnchaiarunya, 2005) y Turquía (Metin, Eröztürk y Neyim, 2003), en las cuales las prácticas de aprovechamiento como el compostaje o el reciclaje, además de los beneficios sanitarios y ambientales resultantes de la reducción en la cantidad de residuos para disponer, generan oportunidades de empleo e ingresos ante todo para los sectores con menor capacidad económica. De otro lado, la existencia de mercados potenciales para los productos y los costos evitados al no tener que enviar RSM a rellenos sanitarios regionales (ubicados a 30 km o más del área de estudio) son factores adicionales que muestran la conveniencia de optimizar e impulsar el aprovechamiento en la zona.

3.3 Elementos clave para impulsar el funcionamiento de las PMRS

La efectividad de las PMRS está relacionada tanto con las materias primas como con los procesos de transformación o acondicionamiento, los cuales a su vez requieren el compromiso del usuario y del prestador del servicio. El usuario debe interiorizar prácticas de almacenamiento y presentación que faciliten el aprovechamiento de los materiales, siendo necesario para ello que, además de tener una adecuada información sobre los beneficios del aprovechamiento, adopte hábitos adecuados para desarrollarlo (Timlet y Williams, 2008); al respecto, el desarrollo continuo de procesos de sensibilización adaptados al contexto ha mostrado una alta efectividad en El Dovia y Versailles. Especial atención merece el almacenamiento y presentación de los residuos peligrosos en el punto de generación, los cuales, exceptuando la separación de pilas realizada en Versailles, de ordinario son presentados en conjunto con los otros residuos.

El prestador del servicio debe garantizar la recolección selectiva y el procesamiento adecuado de los materiales. Bajo la condición actual, estos requisitos son difícilmente alcanzables, debido a las deficiencias de las tecnologías instaladas en las PMRS, situación que coincide con lo reportado para el país por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2008a) y para América Latina y el Caribe por la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005), comprobándose la necesidad de producir o adaptar desarrollos conceptuales y tecnológicos que tengan en cuenta la realidad de la región.

De otro lado, como lo indican estudios sobre la sostenibilidad de sistemas de gestión y aprovechamiento de residuos sólidos (Van de Klunder y Anschütz, 2001; Shekdar, 2009; Troschinetz y Mihelcic, 2009 y Schoot Uiterkamp, Azadi y Ho, 2011), una de las bases fundamentales para la efectividad del servicio de aseo es la solidez del ente prestador del servicio (estructura organizativa), lo que se traduce en el fortalecimiento de las funciones gerenciales (administración, comercialización, financiación, operación y mantenimiento, planeación y dirección e información) (MAVDT, 2005). El fortalecimiento institucional incide de manera favorable en aspectos como la capacitación y dotación de los operarios, la incorporación de normas de bioseguridad, la operación y mantenimiento de la infraestructura y la captación de recursos para la prestación del servicio.

El desarrollo o adaptación de las tecnologías a los contextos (desarrollo tecnológico local), la innovación en las actividades de sensibilización, de tal forma que se estimule o mantenga la participación de los usuarios, y el fortalecimiento continuo de la gestión empresarial son elementos clave para el funcionamiento de las PMRS y además para la gestión integral y sostenible de residuos sólidos (Van de Klunder y Anschütz, 2001), por ende, y tal como se propone en la figura 1, deben ser objeto central de la investigación y desarrollo locales. Esta situación muestra la pertinencia de continuar fortaleciendo el sistema nacional de innovación en el que se vinculen

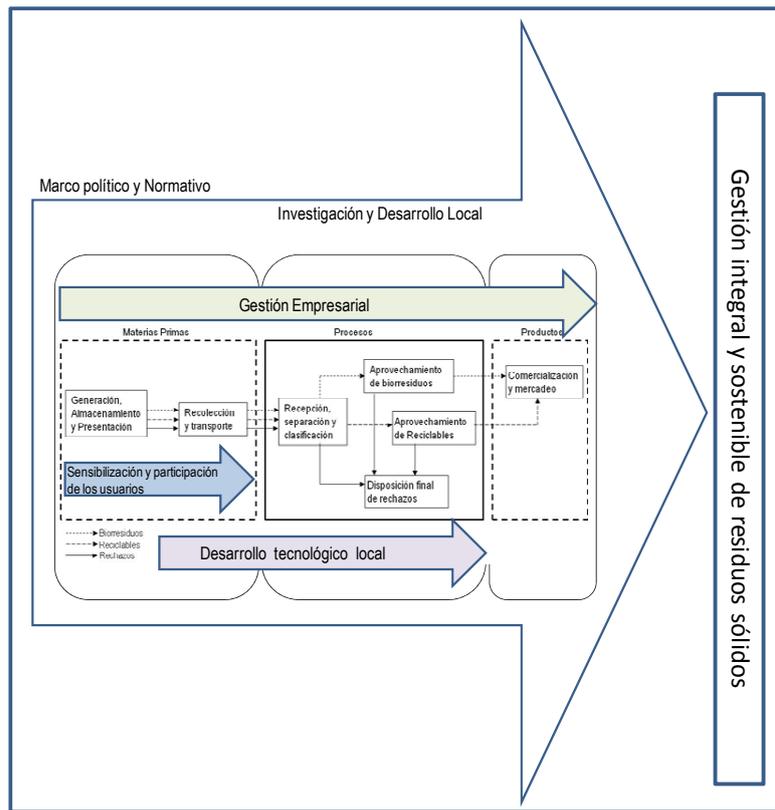


Figura 1. Elementos clave para direccionar el funcionamiento de las PMRS hacia la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos

los esfuerzos de investigación y desarrollo con los problemas prácticos del contexto, tal como lo propone Szirmai (2005), citado por Schoot Uiterkamp, Azadi y Ho (2011).

También es necesario que en el país se haga un análisis concienzudo del marco político y normativo de la gestión de residuos sólidos, debido a que instrumentos rectores como los planes nacionales de desarrollo de los dos últimos gobiernos (DNP, 2007; Congreso de la República, 2011) presentan una clara orientación hacia el estímulo de la disposición final en rellenos sanitarios regionales. Como lo indica Mindesarrollo (1998), resulta muy difícil hablar de sostenibilidad si el marco normativo e institucional no se adecúa para trabajar por ella, o si desde las políticas sectoriales no se promueve la sostenibilidad. Este es un elemento clave para la

sostenibilidad de las PMRS, por cuanto a partir de las políticas nacionales se marca el derrotero de aspectos como las transferencias, la investigación y el desarrollo tecnológico, la definición de tarifas, el otorgamiento de incentivos económicos y el marco normativo específico.

4. CONCLUSIONES

Acorde con la tendencia presentada en los pequeños municipios del país, el aprovechamiento de los RSM en PMRS ha ganado espacio en la región norte del Valle del Cauca. No obstante, la calidad objetable de los productos y las dificultades de la comercialización son indicadores de que las PMRS en el área de estudio no están cumpliendo el propósito para el que fueron proyectadas. Esta situación



tiene relación con deficiencias en la calidad de los materiales recibidos y en los procesos de transformación. Las deficiencias en la calidad de la materia prima están relacionadas con prácticas de manejo inadecuadas por parte de los usuarios, limitaciones en la recolección e ineficiencia en la separación en la planta. Por su parte, las fallas en los procesos de transformación se relacionan con la inadecuada selección de tecnología y con deficiencias en la operación y mantenimiento.

Las PMRS, a pesar de las observaciones expuestas, constituyen un activo valioso que debe continuar impulsándose, corrigiendo las situaciones críticas identificadas. Su funcionamiento, aparte de los beneficios ambientales atribuidos al aprovechamiento, se ha visto traducido en oportunidades para la generación de ingresos y empleo en la región y así mismo representa una opción de disminución del egreso familiar asociado al pago de la tarifa por el servicio de aseo. Por otro lado, la vocación agrícola y pecuaria de la zona, su ubicación y la infraestructura vial local y regional facilitan la comercialización de los productos obtenidos en las PMRS.

Para dinamizar el funcionamiento de las PMRS deben garantizarse las condiciones necesarias para estimular el compromiso de actores clave como son los usuarios y el prestador del servicio. En el caso de los usuarios, la interiorización de los beneficios del aprovechamiento, mediante la sensibilización continua, es un elemento clave que incide en la calidad de los materiales para recuperar. El prestador del servicio, además de tener una estructura organizativa sólida, debe soportarse con tecnologías que puedan ser operadas y mantenidas con los recursos locales.

La sensibilización de los usuarios, el desarrollo tecnológico con visión local y el fortalecimiento de la gestión administrativa, soportados con un marco normativo que estimule el aprovechamiento son elementos clave para dirigir el funcionamiento de las PMRS hacia la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos. Para tal efecto se requiere que en el país se sigan fortaleciendo la investigación y desarrollo con visión local.

REFERENCIAS

- Amézquita, Claudia y Bedoya, Diego. *Estimación del flujo de los residuos sólidos en la cabecera municipal de La Victoria, Valle del Cauca*. Proyecto de Pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, 2009. 60 p.
- Colombia. Congreso de la República. Ley 1450 de 2011 (16 de junio de 2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*. Bogotá, 2011. 90 p.
- Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). *Proyecciones de población 2005-2009*. Bogotá, 2008.
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación (DNP). *Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. Estado comunitario: Desarrollo para todos*. Bogotá: DNP, 2007. 440 p.
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). *Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia*. En: VI Congreso Internacional en Disposición Final de Residuos Sólidos y Perspectivas Ambientales. Pereira, 2006.
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). *Instrumentos de planificación y desarrollo del servicio público de aseo, una prospectiva hacia la gestión integral de residuos sólidos*. En: IX Congreso Internacional en Disposición Final de Residuos Sólidos y Perspectivas Ambientales. Armenia, 2009.
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República (MAVDT) y EPAM S.A. E.S.P. –Estudios y Proyectos Ambientales y Mecánicos–. *Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón. Manual 1: Generalidades*. Bogotá: MADVT, 2008. 69 p.
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y USAID. *Gestión empresarial: Municipios menores y zonas rurales*, vol. 1. Bogotá: MAVDT, 2005. 155 p.
- Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico (Mide desarrollo). *Servicios sostenibles de agua y saneamiento. Marco conceptual*. Bogotá: Litocamargo, 1998.
- Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico (Mide desarrollo). *Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico-RAS 2000. Título F-Sistemas de aseo urbano*, 2000.
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente (Minambiente). *Política para la gestión integral de residuos*. Bogotá: Minambiente, 1998. 47 p.
- Colombia. Procuraduría General de la Nación Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios. *Informe de seguimiento de gestión de los residuos sólidos en Colombia*. Bogotá, 2003.

- Colombia Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). *Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia*. 2008a, 83 p. [Consultado el 15 de diciembre de 2010] Disponible en: <http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=56000814-976f-41db-86fe-88858843224e&groupId=10122>
- Colombia. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). *Diagnóstico sectorial. Plantas de aprovechamiento de residuos sólidos: Marzo de 2008*. Colombia. 2008b.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Alcaldía de El Dovio y Suna Hisca. *Implementación del plan de manejo integral de residuos sólidos domiciliarios en el municipio de El Dovio, Valle del Cauca*. (Convenio 138 de 2004). 2004.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y Suna Hisca. *Elaboración de diseños de la planta de manejo integral de residuos sólidos domiciliarios del municipio de Alcalá*. (Convenio 028 de 2006). 2006.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y Pacífico Verde. *Elaboración de la estructura tarifaria y del diseño de ampliación de la PMIRS del municipio de Bolívar y diseño para la construcción de la PMIRS del municipio de Roldanillo*. (Convenio 061 de 2008). 2008.
- Gobernación del Valle. 2009. *Información de los municipios del Departamento del Valle del Cauca* [consultado el 15 de diciembre de 2010] Disponible en: <<http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=269>>
- Hristovski, Kiril; Olson, Larry; Hild, Nicholas; Peterson, Danny and Burge, Scott (2007). "The municipal solid waste system and solid waste characterization at the municipality of Veles, Macedonia". *Waste Management*, vol. 27, No. 11, pp. 1680-1689.
- Marmolejo, Luis Fernando (2011). *Marco conceptual para el aprovechamiento en plantas de manejo de residuos sólidos de poblaciones menores a 20.000 habitantes del Norte del Valle del Cauca, Colombia*. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, 2011. 190 p.
- Marmolejo, Luis F.; Díaz, Luis F.; Torres, Patricia; García, Mariela; Burbano, Mary H.; Blanco, Carolina; Erazo, Katherine and Pereira, Jairo F. (2010). "Influence of handling practices on material recovery from residential solid waste". *Sustainability*, vol. 2, No. 7 (July), pp. 2070-2083.
- Marmolejo, Luis Fernando; Torres, Patricia; Oviedo, Edgar Ricardo; Bedoya, Diego Fernando; Amézquita, Claudia Patricia; Klínger, Rafael; Albán, Fred y Díaz, Luis. (2009). "Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales". *Ingeniería y Competitividad*, vol. 11, No. 2 (julio-diciembre), pp. 79-93.
- Mbuligwe, Stephen; Kassenga, Gabriel; Kaseva, Meniseny E. and Chaggu, Esnati J. (2002). "Potential and constraints of composting domestic solid waste in developing countries: Findings from a pilot study in Dar es Salaam, Tanzania". *Resources Conservation and Recycling*, vol. 36, No. 1 (July), pp. 45-59.
- Metin, Erdogdu; Eröztürk, Alphan and Neyim, Cezmi. (2003) "Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey". *Waste Management*, vol. 23, No. 5, pp. 425-432.
- Mongkolnchaiarunya, Jitti. (2005). "Promoting a community-based solid-waste management initiative in local government: Yala municipality, Thailand". *Habitat International*, vol. 29, No. 1 (March), pp. 27-40.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). *Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Washington D.C., 2005.
- Palomo, Miguel A. (2000). "El proceso marketing-innovación como fuente de ideas creativas". *Ingenierías*, vol. 3, No. 8 (julio-septiembre), pp. 41-48.
- Schoot Uiterkamp, Bob Jan; Azadi, Hosein and Ho, Peter (2011) "Sustainable recycling model: A comparative analysis between India and Tanzania". *Resources Conservation and Recycling*, vol. 55, No. 3 (January), pp. 344-355.
- Shekdar, Ashok. V. (2009). "Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries". *Waste Management*, vol. 29, No. 4 (April), pp. 1438-1448.
- Szirmai, Adam. *The dynamics of socio-economic development: Technology and development*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 744 p.
- Timlett, Rose and Williams, Ian. (2008). "Public participation and recycling performance in England: A comparison of tools for behaviour change". *Resources Conservation and Recycling*, vol. 52, No. 4 (February), pp. 622-634.
- Troschinetz, Alexis M and Mihelcic, James (2009). "Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries". *Waste Management*, vol. 29, No. 2 (February), pp. 915-923.
- Van de Klundert, A. and Anschütz, J. *Integrated sustainable waste management: The concept*. The Netherlands: Waste Advisers on Urban Environment and Development, 2001.