

# BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

*Benefits economic, social and environmental in the recovery of Municipal Solid Waste.*

Cristian Fernando Hernández Núñez<sup>1\*</sup>

## Resumen

Los residuos sólidos urbanos representa una problemática para las administraciones municipales, el gobierno nacional a través de los Ministerios de Ambiente y Vivienda ha desarrollado metodologías para el manejo adecuado de éstos, en el año 2003 se dicta la resolución 1045 en la que se describe la metodología de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), entregando a los Municipios una herramienta eficiente para hacer frente a la problemática, pero la falta de interés por parte de las Administraciones hace que nuevamente se reformule la metodología de los PGIRS en la resolución 754 de 2014. En los pasos de la metodología se establece la creación de programas de aprovechamiento de los RSU, lo que permite la generación de ingresos económicos al ser comercializados; brindando oportunidades de empleo a poblaciones en estado de extrema pobreza y disminuye la disposición final de los residuos en el relleno sanitario, reduciendo los costos en la adquisición de terrenos, construcción y operación, así mismo se disminuye el pasivo ambiental lo cual previene la generación de impactos adversos al suelo, aire y agua.

**Palabras clave:** *Residuos Solidos Urbanos, Plan de gestión integral de residuos sólidos, Programas de Aprovechamiento de Residuos Solidos.*

© 2018 Hernández. Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

## Abstract

Municipal solid waste is a problem for local governments, the national government through the Ministries of Environment and Housing has developed methodologies for proper handling of these, in 2003 the resolution 1045 is issued in the methodology described Plans integrated solid waste management (PISWM), delivered to the municipalities an efficient tool to address the problem, but the lack of interest by the authorities makes again the methodology of PGIRS reformulate resolution 2014. 754 steps of the methodology creating programs use of RSU is established, enabling the generation of income to be marketed; providing employment opportunities to people in extreme poverty and decreases the disposal of waste in the landfill, reducing costs in land acquisition, construction and operation, also the environmental liability is reduced which prevents generation adverse impacts to soil, air and water.

**Key words:** *Municipal Solid Waste, Plans integrated solid waste management, Programs use of RSU.*

© 2018 Hernández. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC BY-NC-SA](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

**Recibido para publicación:** 13 de Junio, 2018 - **Aceptado para publicación:** 21 de Septiembre, 2018

## Introducción

El manejo de residuos sólidos urbanos (MRSU) representa un gran reto para las administraciones municipales en Colombia, frente a la falta de aprovechamiento de los residuos y la baja frecuencia en la prestación del servicio de aseo. En el año 2003 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) expidió la Resolución 1045 "Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones", proporcionando así una herramienta y una guía que da un horizonte a los Municipios en cuanto a lo que deben hacer con los Residuos sólidos que generan.

Según los antecedentes presentados en el proyecto de la resolución 754 de 2014 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en cuanto a los resultados de la Resolución 1045/03; de los 1099 Municipios, 837 la adoptaron, 214 formularon, 28 se encuentran en formulación y 20 sin información, en cuanto al cumplimiento de los plazos por parte de los adoptados el 47,4% cumplió y el 52,6% no cumplió, demostrando la falta de interés y compromiso por parte de las Administraciones Municipales, ésta es una de las razones por las cuales aún los RSU siguen disponiéndose en su totalidad en los Rellenos Sanitarios sin ningún tipo de aprovechamiento.

La problemática parte de la planeación por parte de las entidades del orden gubernamental, pero no sólo es un problema que se presenta en Colombia sino también en la mayoría de países de América Latina y el Caribe, no existe un sector formal de residuos sólidos ni tampoco se identifica con claridad la cabeza del sector. Las instituciones son débiles y a pesar de que el manejo de los residuos sólidos suscita con frecuencia noticias alarmantes y conflictivas de primera plana, ya sea por problemas sociales y laborales o por situaciones que afectan la salud humana y el ambiente, el sector avanza muy poco en sus objetivos de mejorar los servicios de aseo urbano, en reducir la generación de residuos o en el reciclaje del material recuperado. (Acudio, Rossin, Texeira, & Zepeda, 1997).

La implementación de los PGIRS brinda una herramienta eficiente de solución al MRSU, para su funcionamiento se requiere del compromiso pleno de la Administración Municipal quién es la responsable de

su formulación, elaboración, implementación y actualización, para ello debe establecer el sector con personal profesional y la integración de la comunidad; dando continuidad a los procesos de la metodología implementada en la Resolución 754 de 2014, realizar acompañamiento y asesoramiento continuo a fin de lograr los objetivos y metas que se formulan en los PGIRS.

En el contenido que deben tener los PEGIRS de acuerdo a la Resolución 754 de 2014 se establece el numeral 4 que determina los Programas y Proyectos para su implementación, específicamente el subcapítulo 4.7 "Programa de Aprovechamiento" el cual deberá considerar lo siguiente: a) Proyectos de sensibilización, educación y capacitación. b) Estudios de Factibilidad sobre aprovechamiento de residuos. c) Estrategia Técnica, Operativa y Administrativa. Logrando beneficios económicos, sociales y ambientales, es decir, obtener ingresos financieros por la comercialización de los residuos aprovechados, generación de empleos con estos recursos obtenidos; mejorando la calidad de vida en familias con situación de pobreza y disminución de la cantidad de residuos llevados al Relleno Sanitario reduciendo así el pasivo ambiental.

Los Municipios deben construir plantas para el MRSU con el fin de lograr su recuperación y aprovechamiento, al igual realizar investigaciones sobre el tema. 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 (Marmolejo, Torres, Oviedo, García, & Díaz, 2011).

En este artículo se presenta una proyección de los beneficios económicos, sociales y ambientales que tiene la implementación de los PGIRS en materia del programa de aprovechamiento, con el ánimo de incentivar a las Administraciones Municipales en su aplicación.

## Diseño Metodológico

El estudio se desarrolló con proyecciones basadas en la generación de RSU del Municipio de Florencia Departamento del Caquetá, ubicado en la región de la Amazonía Colombiana. La investigación incluyó las proyecciones estimadas del crecimiento de la población en 15 años, la cantidad de residuos clasificados por tipo, el valor comercial, la generación de empleos y la disminución del pasivo ambiental.

### Proyección del crecimiento Demográfico

En la realización de la proyección se tomaron cifras suministrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en área urbana, censo año 1993 con 82.708 habitantes, censo año 2005 con 120.403 habitantes y la estimación del año 2016 con 153.976 habitantes, y se utilizó el Método Exponencial para su cálculo, el cual es recomendado por el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) para los niveles de complejidad bajo, medio, y medio alto. La ecuación empleada por éste método es:

Ecuación 1

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})}$$

donde K es la tasa de crecimiento de la población, la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

Ecuación 2

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

donde:

Pcp = población del censo posterior.

Pca = población del censo anterior.

Tcp = año correspondiente al censo posterior.

Tca = año correspondiente al censo anterior.

Ln = logaritmo natural o neperiano.

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos, para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación en poblaciones que muestran un desarrollo apreciable y poseen abundantes áreas de expansión (Ministerio de Ambiente, 2003).

### Producción per cápita de Residuos Sólidos Urbanos.

La cifra tomada de producción per cápita en la producción de RSU está basada en el Diagnóstico de la situación del MRSU de América Latina y el Caribe diseñado por el Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, según el diagnóstico la generación de residuos sólidos domiciliarios en la Región varía de 0,3 a 0,8 kg/hab/día. Cuando a estos desechos domiciliarios se les agrega otros residuos como los de comercios, mercados, instituciones, pequeña industria, barrido y otros, esta cantidad se incrementa de 25 a 50%, o sea que la generación diaria es de 0,5 a 1,2 kg. por habitante, siendo el promedio regional de 0,92.

Se observa que en las áreas metropolitanas y ciudades de más de 2 millones de habitantes (muestra de 16 ciudades), el promedio es de 0,97 kg./hab/día; en otras 16 ciudades grandes de 500.000 y 2 millones de habitantes ese promedio llega a 0,74; y en una muestra de 24 ciudades intermedias y pequeñas de menos de 500.000 habitantes el promedio es de 0,55 kg./hab/día. Con la generación promedio de 0,92 kg./hab/día, se estima que la población urbana (360 millones) en América Latina y el Caribe está produciendo 330.000 toneladas diarias de residuos sólidos municipales (Acudio, Rossin, Texeira, & Zepeda, 1997).

Según el análisis del BID, el Municipio de Florencia se ubica entre las ciudades intermedias y pequeñas de menos de 500.000 habitantes, según la estimación del DANE para el año 2017 la zona urbana cuenta con 157.035 habitantes, determinando la PPC en 0,55 Kg/Hab/día.

Clasificación de RSU por tipo, porcentaje de producción y valor comercial.

En la clasificación de los residuos, su porcentaje de producción y el valor comercial en kilogramos se tomó de referencia el estudio realizado por docentes de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Valle en su artículo publicado "ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VALORIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES EN PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS".

En el estudio se tomaron de referencia tres municipios del norte del departamento del Valle del Cauca (Bolívar, la Victoria y Versalles) en la tabla 1 se detalla la clasificación de los residuos y su porcentaje

de producción, en la tabla 2 se muestra la producción en kilogramos y el valor comercial.

En referencia a la información consultada, se tomaron los porcentajes de producción de acuerdo a su composición física del Municipio de La Victoria el cual cuenta con una ppc = 0,43 Kg/hab/día que es cercana a la ppc establecida para el Municipio de Florencia. Se realizó la clasificación en seis tipos generalizados de los RSU (Orgánicos, Plástico, Papel y cartón, Vidrio, Metal e Inservibles) en la tabla 3 se detallan los porcentajes según su composición física.

Con base a estos porcentajes de producción, se realizaron las proyecciones en la generación de RSU en el Municipio de Florencia clasificándolos de acuerdo a su composición física. En cuanto al valor comercial se tomaron de referencia los precios utilizados en el Municipio de La Victoria, se calcularon los promedios de precios agrupándolos en los seis grupos de clasificación, se detallan en la tabla 4.

Cálculo del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente y prestaciones sociales.

Las ganancias generadas por la comercialización de los RSU son destinadas a la generación de empleos a familias que se encuentran en situación de extrema pobreza, según la ficha técnica del departamento de Caquetá generado por el departamento Nacional de Planeación, en el año 2012 el Municipio de Florencia registro un 8,4% de la población bajo condiciones de extrema pobreza (DNP, 2014), la vinculación laboral representa mano de obra no calificada, lo que brinda la oportunidad de acceder a esta población al empleo, cada empleado devenga un (1) SMMLV junto con las prestaciones sociales que exige la ley laboral en Colombia (ley 50/90). Los cálculos para el pago del salario integral se tomaron de la información suministrada por la página web de la revista ACCOUNTER, se detallan en la tabla 5.

Lo anterior indica un salario aproximado de \$1.270.206 COP mensual para cada empleado que devengue un salario mínimo, así mejorando las condiciones de vida de este grupo vulnerable

## Resultados y Discusión

Crecimiento demográfico estimado en 15 años.

La tasa crecimiento del par de censos del año 1993 y 2005 es del 3.13% y para los censos del año 2005 y 2017 es del 2.24%, obteniendo una tasa promedio del 2,68% anual. Las proyecciones se agruparon en tres quinquenios establecidos en los años 2022, 2027 y 2032. La población para el año 2022 es de 178.078 habitantes, para el 2027 de 201.940 habitantes y para el año 2032 es de 229.000 habitantes en la cabecera Municipal. Lo anterior refleja un crecimiento de la población aproximado del 68,5% en los 15 años proyectados.

Generación de RSU en el casco urbano del Municipio de Florencia.

La generación total de RSU estimada es de 86.369 kg/día referente a la población del año 2017, con una ppc de 0,55 kg/hab/día y 31.524 Ton/año.

El aumento de la población y los hábitos acelerados de consumo pueden aumentar las cifras estimadas, al continuar con esta generación de RSU y no aprovecharlos el Municipio de Florencia necesitará un terreno extenso para la ubicación del Relleno Sanitario para dar una disposición final adecuada. Las cifras calculadas para el año 2032 son de 45.972 Ton. Los cálculos para la disposición de los RSU en relación masa-volumen son: Residuos compactados en el relleno manual: 400 - 600 kg/m<sup>3</sup>. Residuos compactados mediante maquinaria: 600 - 810 kg/m<sup>3</sup>. Al proyectarse construir un nuevo relleno sanitario manual; la altura del cuerpo de los residuos será de 3 m (Rôben, Rellenos Sanitarios Municipales). En el caso de los Rellenos Mecanizados la altura varía entre los 8 m y 12 m.

En el caso particular de la construcción de un relleno sanitario para el Municipio de Florencia; se tomaron las dos opciones: Manual con una altura de 3 m y una capacidad de 600 kg/m<sup>3</sup> con una vida útil de 15 años, para el año 2032 se habrán producido aproximadamente 1.088.684 Ton de RSU, lo cual equivaldría a 604.000 m<sup>2</sup> o 60,48 Ha de terreno para enterrar los RSU generados en 15 años, para el caso del relleno mecanizado con 810 kg/m<sup>3</sup> y una altura de 10 m; se requieren 134.405 m<sup>2</sup> o 13,4 Ha. Es reco-

mendable la operación de un relleno sanitario mecanizado para la cantidad de residuos manejados en el Municipio, se incrementan los costos por la operación de los equipos de compactación y el combustible que estos requieren; pero el ahorro del terreno y la construcción es mayor que la operación de uno manual.

Generación de RSU por composición física y su valor comercial.

Los porcentajes de aprovechamiento de los RSU reciclables incluidos los orgánicos para la elaboración de abono son: Orgánicos 35%, Plástico 90%, Papel y Cartón 80%, Vidrio 95% y Metal 90%, en el caso de los orgánicos el aprovechamiento es bajo debido a que poseen una gran cantidad de agua que en el proceso de descomposición se evapora. En la tabla 6 se detallan las cantidades aprovechadas y los recursos financiero obtenidos.



Figura 1. Número de habitantes en la cabecera de Florencia por quinquenio.

La comparación entre aprovechar los RSU y disponerlos totalmente en el relleno sanitario, representa una reducción del 77,46% del área a utilizar en la construcción en la operación mecanizada. En la figura 3 se representan las Hectáreas reducidas al implementar el programa de aprovechamiento.

La reducción en el número de Hectáreas ocupados para disposición final es significativa, los costos ahorrados por la compra de terrenos y el costo de la construcción son altos, permitiendo de esta manera la optimización de los recursos económicos por parte de la administración municipal al igual que la disminución

en el pasivo ambiental; al dejar de enterrar cerca de 482.174 Toneladas de RSU en 15 años.

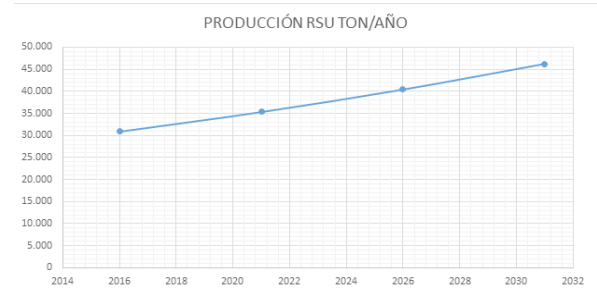


Figura 2. Generación de RSU proyectados a 15 años.

### Generación de empleo

Las ganancias obtenidas en el año 2017 equivalentes a \$2.403.881.934 COP generan aproximadamente 157 puestos de trabajo al año, lo que significa el mejoramiento de la calidad de vida de 157 familias, al tomar el índice de 8,2% de la población en condición de pobreza extrema para el año 2017 ésta es de 13.191 habitantes, la densidad de la población en la cabecera municipal es de 4.4 Hab/Vivienda, lo que significa que 691 Habitantes cambiarían su estado en situación de pobreza extrema, pasando el índice a 7,88% una reducción de 0,52 puntos porcentuales sólo en una año.

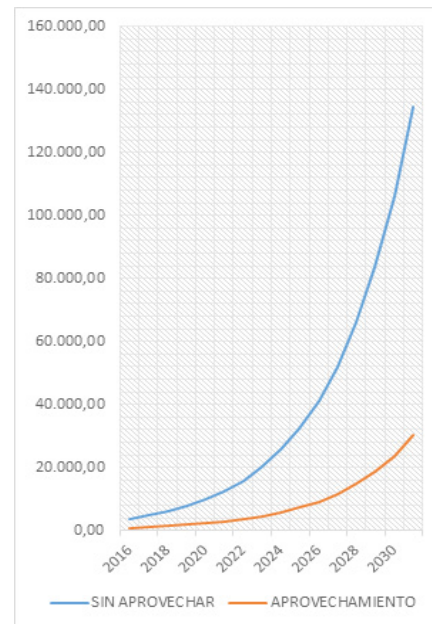


Figura 3. Proyección de las Hectáreas utilizadas para la construcción del relleno sanitario.

TIPO DE RESIDUO	% PROD.	CANT. KG	% APROVE.	CANT. KG	VR. KG	VR. TOTAL	TON/AÑO RELLENO SANITARIO
Orgánicos	67,70%	21.342.274	35%	7.469.796	\$ 200	\$ 1.493.959.146	0
Plástico	7,20%	2.269.784	90%	2.042.806	\$ 273	\$ 557.685.902	227
Papel y cartón	4,32%	1.361.870	80%	1.089.496	\$ 244	\$ 265.837.089	272
Vidrio	1,15%	362.535	95%	344.408	\$ 57	\$ 19.631.266	18
Metal	1,01%	318.400	90%	286.560	\$ 233	\$ 66.768.530	32
Inservibles	16,62%	5.239.418	0%	0	\$ -	\$ -	5.239
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 2.403.881.934</b>	<b>5.789</b>

Tabla 6. Cálculos año 2017

## Conclusiones

Los PGIRS formulados e implementados de acuerdo a la resolución 754 de 2014 permiten a las Administraciones Municipales dar un manejo adecuado a los RSU, lo cual brinda integración de las empresas prestadoras del servicio de aseo y la comunidad; aportando experiencias que ayudan a la construcción de programas de aprovechamiento, partiendo así en la sensibilización de la separación en la fuente.

La implementación de programas de aprovechamiento genera fuentes de ingresos económicos, los cuales pueden ser implementados en la generación de empleos; dando prioridad a la población en situación de pobreza extrema, lo que permite mejorar las condiciones y calidad de vida siendo favorable para la gestión de la administración municipal.

La disminución de los costos por construcción del rellenosanitario y su operación, representa otra de las ventajas favorables que permite la utilización de estos recursos en otros sectores como la educación, la salud y vivienda.

El pasivo ambiental se reduciría significativamente al dejar de enterrar miles de toneladas de residuos, adquiriendo de esta manera un compromiso por la conservación y cuidado del ambiente, al igual se disminuiría el riesgo por contaminación del suelo, agua y aire; lo cual generaría impactos sobre la salud humana.

## Bibliografía

Acudio, G., Rossin, A., Texeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). *DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*. Washington D.C: Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana.

Marmolejo, L. F., Torres, P., Oviedo, R., García, M., & Díaz, L. F. (2011). *ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA*. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Escuela de Ingeniería de Antioquia, 163-174.

Ministerio de Ambiente, V. y. (2003). *Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua*. Bogotá D.C: Guía RAS 001.

Róben, E. (Rellenos Sanitarios Municipales). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de*. Loja, Ecuador: Ilustre Municipalidad de Loja.

Victoria Calambas, F., Marmolejo Rebellón, L., & Torres Lozada, P. (2012). *ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VALORIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES EN PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS*. CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA, VOL 22-1, PP 59 - 73, 68-69.