

Evaluación de la Generación de Residuos Sólidos Domésticos en el Área Urbana del Municipio de Roldanillo Valle del Cauca.

Evaluation of the Domestic Solid Waste Generation in the Urban Area of the Municipality of Roldanillo Valle del Cauca.

Gustavo Adolfo Ramírez Urdinola¹, Henry Reyes Pineda²

¹Ingeniero Ambiental. Candidato Magister en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Línea Biosistemas Integrados. Teléfono: 3163196069
gustavoru74@hotmail.com

²Henry Reyes Pineda. PhD. Docente Asesor. Universidad de Manizales, Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
hreyes@umanizales.edu.co

RESUMEN

La historia nos permite identificar que los residuos sólidos siempre han tenido un lugar importante en el desarrollo evolutivo del hombre y la posición actual es pensar en el futuro y supervivencia del planeta, no es suficiente lo que se ha realizado para el manejo de los residuos generados ya que en el proceso los cambios alimenticios y la búsqueda de mejores condiciones de vida, han integrado a la cotidianidad una gran variedad de materiales de rápido envejecimiento y muy difícil o duradera descomposición. El manejo integral de los residuos sólidos en esencia es la metodología que permitiría disminuir los impactos generados con nuestra producción de residuos, pero se requiere de tecnología, inversión, capacidad y entendimiento de las características y propiedades de los diferentes y muy variados residuos que se generan, un recurso humano con ética y valores ambientales y desde luego investigación permanente para seguir buscando como reducir, reutilizar y reciclar los residuos sólidos que generamos en las actividades diarias. La caracterización y cuantificación de la generación de residuos sólidos generados en el municipio de Roldanillo valle del Cauca se convierte en la mejor estrategia para reconocer y establecer la base de producción en las diferentes categorías físicas y por medio de

la sensibilización ambiental llegar a la separación, reducción y manejo integral de los residuos sólidos.

Palabras claves: Residuos Sólidos, Caracterización, Producción Percapita, Educación Ambiental, Composición.

SUMMARY

History allows us to identify that solid waste has always had an important place in the evolutionary development of man and the current position is to think about the future and survival of the planet, it is not enough what has been done to manage the waste generated since in the process the alimentary changes and the search of better conditions of life, have integrated to the daily life a great variety of materials of fast aging and very difficult or lasting decomposition. The integral management of solid waste in essence is the methodology that would reduce the impacts generated with our production of waste, but requires technology, investment, capacity and understanding of the characteristics and properties of the different and very varied waste generated , a human resource with ethics and environmental values and of course permanent research to continue looking for how to reduce, reuse and recycle the solid waste that we generate in daily activities. The characterization and quantification of the generation of solid waste generated in the municipality of Roldanillo Valle del Cauca becomes the best strategy to recognize and establish the production base in the different physical categories and through environmental awareness to reach separation, reduction and integral management of solid residues.

Key words: characterization, solid waste, production capita, environmenta education, composition.

Introducción

Investigar sobre residuos sólidos no es nuevo, ya que han estado presentes y acompañando la evolución de la humanidad, incluso haciéndose participes primordiales de ella. Los conocimiento sobre los residuos sólidos se han vuelto más complejos pues ya no hablamos solo

de donde llevar los residuos sino que configuramos todo un sistema de gestión de integral de residuos sólidos que ha permitido organizar, categorizar y priorizar las estrategias, programas y proyectos para enfrentar dicha problemática, la apuesta durante muchos años fue la tecnificación y mejoramiento de los sitios de disposición final de residuos y la preocupación estaba orientada a asegurar que la interacción con el agua, suelo, aire, paisaje, fauna y flora no tuvieran repercusiones e impactos ambientales significativos, pero la realidad hoy es que esto no ha sido eficiente y cada vez son más y de diferentes composiciones los residuos generados por lo que la mirada se direcciona a hacia otros eslabones de la gestión integral de residuos.

Un medio en permanente cambio y un desarrollo impulsado por el consumo excesivo de bienes de rápido envejecimiento, hacen que la investigación se centre en la evaluación de los residuos sólidos generados en área urbana del municipio de Roldanillo valle, permitiendo identificar las características de la composición física y la cuantificación real de los residuos sólidos, de esta manera construir la base fundamental para la consolidación de programas encaminados al reciclaje vistos desde la sostenibilidad que proporcionara la cantidad y calidad de residuos, además el fortalecimiento de la educación ambiental bajo la mirada de reducir la cantidad de residuos producidos.

La ejecución del proyecto se basó en la metodología del conocimiento del muestreo aleatorio simple que permitió tener una muestra de usuarios y realizarles un seguimiento a la producción de residuos, esto es, se caracterizaba y se recolectaba la información de la composición de residuos generados durante un periodo de tiempo, sin que los residuos fueran entregados a recuperadores, recicladores o la frecuencia de recolección, de esta manera se garantiza que la generación de residuos por usuario (vivienda) fuera segura y representara la verdadera producción de residuos sólidos.

La presente investigación tiene como ámbito de seguimiento el área urbana del municipio de Roldanillo, de forma aleatoria y sin distinción de estratos socioeconómicos para determinar la generación percapita y los diferentes grupos de residuos producidos, de esta manera contribuir a la identificación de la línea base de residuos sólidos y que permita en un futuro el establecimiento de proyectos con información fidedigna y sostenible.

Marco Teórico

Hoy conocemos la importancia de la gestión de residuos sólidos que permite incorporar estrategias en cada eslabón de la cadena de producción de residuos sólidos. El camino es claro, el desarrollo nos pone un reto mayor, mejorar los procesos tecnológicos en cada uno de los puntos de la cadena de gestión de residuos como el tratamiento, la recolección y disposición de residuos, pero además reconocer que hay un campo muy importante de acción y es en la generación y composición de residuos sólidos, y precisamente, “Este conocimiento es crítico para la planificación y la implementación de programas eficaces de reducción en orígenes, de programas de separación en origen y reciclaje, del diseño de sistemas de recogida para los residuos no seleccionados y seleccionados en origen, instalaciones de procesamiento y transformación, instalaciones de transferencia y equipo de transporte, e instalaciones de evacuación final” (Tchobanoglous, 1995).

De esta manera conociendo las características de composición de los residuos y las cantidades generadas en el municipio de Roldanillo, se podrá proyectar y justificar no solo ambientalmente si no, con una visión de sostenibilidad económica el desarrollo de proyectos tecnológicos para la gestión de residuos sólidos.

Hoy conocemos por lo menos 6 elementos fundamentales en la gestión de residuos sólidos, teniendo como punto de partida el conocimiento de la generación (cantidad y composición). Se consideran una estructura primordial y la interacción entre ellos es muy importante para el buen manejo de los residuos, de allí que el primer elemento sea de trascendencia, la base para que los otros puedan tener el impacto positivo que se espera en la gestión integral de los residuos sólidos.

“Conocer las cantidades y características de los residuos generados, dado que esta información es básica para la definición de las etapas clave para la gestión de residuos como son la recolección y transporte, el aprovechamiento, el tratamiento y la disposición final y de esta forma, lograr la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos”. (Klinger, Olaya, Marmolejo & Madera, 2009.). En esta medida el estudio implementara la composición que permita abarcar la macro aproximación de los siguientes constituyentes: Papel, cartón, plástico,

metales, vidrio, materia orgánica, otros. Con estas categorías, la investigación busca caracterizar y cuantificar los residuos producidos en los hogares del municipio de Roldanillo, para así contribuir a las futuras decisiones en el manejo integral de los residuos sólidos.

Resultados y Discusión

Cuantificación de los Residuos Sólidos en el Área Urbana.

La implementación del modelo probabilístico estableció que la muestra piloto para el estudio fuera de 23 usuarios seleccionados al azar para que se realizaran los seguimientos bajo la consideración de muestrearlos dos veces por semana y antes de que la ruta pasara por los residuos generados en cada unidad de análisis, lo que implicó ajustarse a los días que cada sector o barrio tienen como frecuencia de recolección, esto es, que la complejidad del estudio es importante para poder responder a la captura de la información que cada usuario representaba por la generación semanal de residuos y no se podía dejar perder dicha información, una vez se tiene la información semanal se reduce a la expresión básica determinada en día.

El primer contacto permitió establecer que el número de habitantes que residen en cada unidad de análisis eran 4 en promedio, esta información cobra importancia en las proyecciones que se establecen de generación de residuos del municipio.

Producción de Residuos

La generación y los tipos de residuos producidos por usuarios durante el seguimiento, se consignaron en tablas de registros individuales por usuarios, teniendo en cuenta las tres semanas de seguimiento y los dos muestreos semanales, además de asegurar los promedios registrados por cada usuario. Es importante resaltar que los residuos nunca salieron de los hogares generadores, por tal motivo se garantizaba que los usuarios que realizaban reciclaje, reutilización, alimentación de sobras de comida a animales o venta de residuos sólidos, nunca compitieron con la investigación y asegurábamos que la evaluación de la generación de residuos

fuera lo más confiable posible y que no se tuvieran fugas o pérdidas de información referente a la producción de residuos.

Como cada tabla de registro permite identificar la producción de residuos semanales en dos muestras de acuerdo con la frecuencia de recolección que se tiene y a su vez son tres semanas de seguimiento, se integra la información en la estimación de producción de residuos, como se observa en la tabla 1 donde se identifica un promedio de dichas semanas por usuario que representan los valores medios de generación de residuos sólidos semanales por cada usuario y finalmente con la información preliminar del número de habitantes en cada unidad de análisis se llega a consolidar la producción en kilogramos per cápita de cada habitante diariamente.

Tabla 1: Estimaciones de producción de residuos sólidos

Se identifica la consolidación de las generaciones por usuarios y se pondera los valores consolidados.

Usuarios	Promedios Generación de Residuos Semana/Usuario	Promedio Generación Dia/Usuario	Número de Habitantes	Producción per cápita en kg/hab-día
1	16,17	2,31	3	0,770
2	10,17	1,45	2	0,726
3	12,75	1,82	4	0,455
4	12,13	1,73	4	0,433
5	5,88	0,84	3	0,280
6	12,10	1,73	4	0,432
7	6,70	0,96	5	0,191
8	8,44	1,21	3	0,402
9	14,10	2,01	5	0,403
10	8,74	1,25	4	0,312
11	6,71	0,96	3	0,320
12	17,86	2,55	2	1,276
13	4,29	0,61	2	0,307
14	8,83	1,26	3	0,420
15	6,57	0,94	4	0,235
16	16,57	2,37	4	0,592
17	13,27	1,90	4	0,474
18	5,60	0,80	4	0,200
19	11,03	1,58	1	1,576
20	12,87	1,84	6	0,307
21	5,68	0,81	2	0,406
22	8,78	1,25	6	0,209
23	5,09	0,73	5	0,146
Mediana		1.26	4	0,402

*fuente Propia

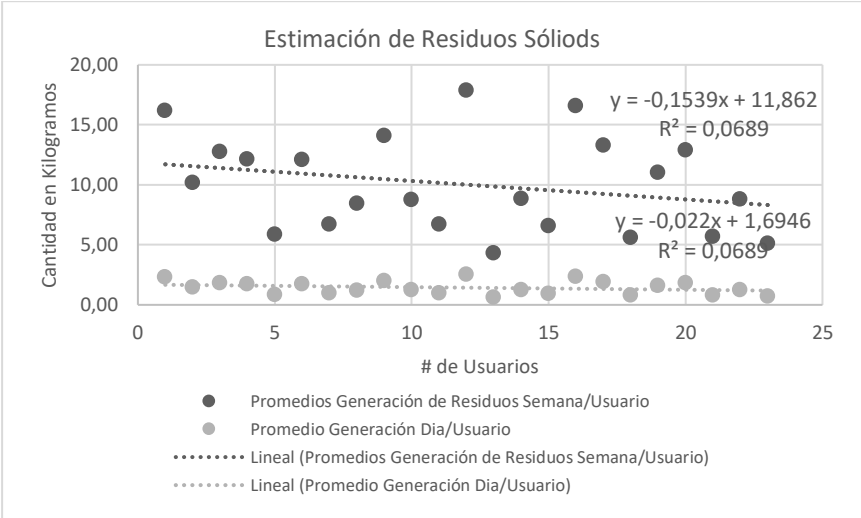
Las características de la generación de residuos sólidos por cada usuario es de 1.26 kg/usuario-día teniendo presente que no se tiene discriminación por sectores o por estratos sociales.

De igual manera se estima que son 4 habitantes en promedio que residen en cada unidad de análisis en el área urbana y que cada uno de estos generan una producción per cápita representada en 0.402 kg/hab-día, ambos valores son consecuentes unos con otros, sin embargo cada uno de ellos tiene aplicabilidades diferentes de acuerdo a el proyecto que se quiera desarrollar.

La figura 1 muestra la dispersión de cada uno de los valores se representa en los promedios de generación de residuos por usuario semana y día, en la que se establece la ecuación lineal que permite proyectar valores de producción de residuos y ajustar, actualizar los datos de acuerdo a las circunstancias que se encuentren en campo.

Figura 1. Promedios de generación de residuos por usuario semana y día.

Se muestran los valores promedios que cada usuario tuvo y se identifica la dinámica diferencial entre ellos, permitiendo encontrar un valor medio que se proyecta a una comunidad.



La Figura representa la uniformidad resultante de los promedios de generación de residuos al día por usuario (1.26 kg/usuario-día), provenientes de las características tan diversas que se muestran los usuarios en la generación de residuos sólidos en la semana y lo cual conduce a que la unidad más estable y confiable para realizar proyecciones y estimaciones es la generación de residuos por kg/usuario-día, en la que la formula lineal se expresa de la siguiente forma:

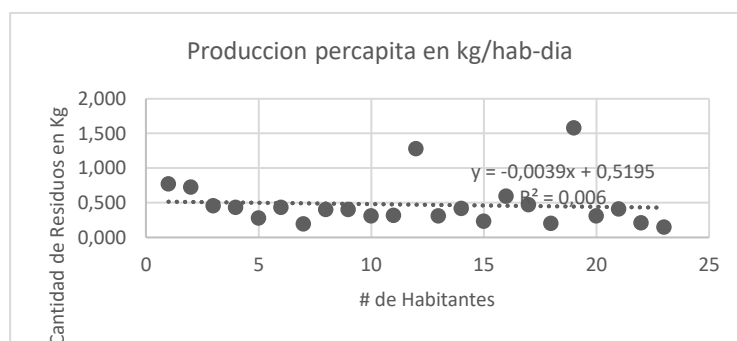
$$y = -0,0205 \times +1,682 \text{ Ecuación (2)}$$

y = Cantidad de Kilogramos Generados en Residuos Sólidos

x = Número de Usuarios

Figura 2. Producción per cápita que tienen los habitantes por día.

El rango sobre el comportamiento per cápita permite trazar una línea de producción de residuos sólidos con particularidades para el área urbana del municipio de Roldanillo.



Es muy importante poder llegar a establecer el comportamiento individual en la producción de residuos sólidos, ya que permite sensibilizar en la actuación y responsabilidad que se tiene en las problemáticas asociados a los residuos sólidos. La figura demuestra que somos responsables por la producción de 0.402 kg/día de residuos sólidos de diferentes composiciones y que a medida que la población en el municipio está aumentando lo hace exponencialmente los residuos.

Composición Física de Residuos Sólidos

Establecer grupos de composición de residuos en los usuarios escogidos como pilotos para el estudio genera conocimientos alrededor de los hábitos culturales, de consumo y hasta de rutinas y formas de vida, ya que de estos depende directamente el tipo de desechos que se generan en cada unidad de análisis (Usuarios). Para facilitar la comprensión de los datos con los usuarios se generan el grupo de residuos orgánicos en los que se incluyen todos los que tienen procesos de descomposición fácil, lo cual se muestra en la tabla 2 y que podrían incorporarse en un futuro

a procesos de transformación como es el compostaje, durante el análisis de las muestras se encuentran los siguientes.

Tabla 2: Composición de los residuos orgánicos encontrados

Se identifica los residuos que pertenecen al grupo de residuos orgánicos y que en general son fácilmente degradables

Residuos Orgánicos	
Usuario	Detalle
1 al 23	Sobras de comida, residuos de verduras, semillas y cascaras de frutas, cascaras de tubérculos, huesos, residuos de comida no cosida o preparada, residuos de alimentos quemados, plumas, piel de pollo, menudencia y viseras.

*Fuente Propia

La tabla 3 muestra el segundo grupo relevante del estudio que hace referencia a los residuos inorgánicos y que representan una porción importante en la gestión integral de residuos porque pueden ser sujetos a procesos de recuperación para fines de reciclaje o reúso.

Tabla 3 Composición de residuos Inorgánicos.

De los aspectos más relevantes es la generación de plástico, papel y cartón como aspecto general en todos los usuarios evaluados.

Residuos Inorgánicos								
Usuario	Papel	Cartón	Vidrio	Plástico	Metales	Madera	Textiles	Otros
	Detalle							
1 al 23	impresión, periódico, cuaderno	Cartón liso y corrugado	Proveniente de vasos, ventanas y botellas	De diferentes densidades como: Tereftalato de Polietileno (PET) básicamente de gaseosas y jugos, Cloruro de Polivinilo (PVC) representadas en	Ferrosos y no ferrosos (latas de comida, gaseosas, cervezas, puntillas, estructuras.	Listones de carteleras, palos de paletas.	Prendas pequeñas y en retazos.	Papel higiénico, baterías, suciedad, Tetrapak, porcelana

				envases de detergentes				
--	--	--	--	---------------------------	--	--	--	--

La jornada de muestreo pasa por la entrega de todos los residuos sólidos que el usuario genera, la primera semana se observó que la totalidad de desechos están contenidos en una sola bolsa, como se puede reflejar en la Figura 3 y que se requiere vaciar en su totalidad para empezar a realizar la separación por los grupos de residuos indicados y el pesaje.

Figura 3. Clasificación por grupos

Metodología para la evaluación de las muestras de generación de residuos en los diferentes usuarios, garantizando que no se presenten pérdidas de información.



*Fuente Propia

La composición de los residuos es importante ya que permite identificar tipos de residuos que llegarían a tener un gran potencial en proyectos de recuperación, transformación y reciclaje, una composición por grupos de residuos e identificar con claridad los tipos de residuos que se generan en mayor cantidad.

Figura 4. Composición porcentual de residuos generados

La figura hace referencia a la Composición física de los residuos generados en el área urbana del municipio de Roldanillo Valle del Cauca, información resultante de los diferentes promedios analizados de por usuarios y que en conjunto representan los porcentajes estimados de la producción de cada componente de los residuos sólidos.



*Fuente Propia

Lo más relevante es que la figura permite aclarar que dentro de la composición hay un 30% de residuos que en el mercado tiene un potencial grandísimo de reciclaje, esto es el Plástico, cartón, papel y metales generan una expectativa frente al trabajo futuro en la planeación para que esto no sigan llegando a los rellenos sanitarios y que sin duda el 61% de material orgánico llegaría a convertirse en un programa de transformación.

Proyecciones simples permiten dimensionar la problemática de la generación actual y desordenada de residuos sólidos, pero también las grandes oportunidades mostradas en la tabla 4 y 5 que con buenos procesos de organización, planeación y mejoramiento de la cultura de separación en la fuente, clasificación y potencialidades en la transformación. Algunas de los valores estimativos actuales que refleja el estudio son:

Tabla 4: Proyecciones de Producción de Residuos Sólidos

Lo que refleja la tabla es la posibilidad de ver grandes cantidades de residuos generados en el área urbana, bajo una visión de potencialidad.

Producción per cápita en Kg/usuario-día	Número de Usuarios	Generación Día Kg	Generación Semana Kg	Generación Mes Kg	Generación Año Kg
1,26	6777	8539,02	59773,14	1793194,2	21518330,4

Tabla 5: Proyección de Tipos de Residuos Generados

Los datos generan expectativas y optimismo si se decide desarrollar programas de planeación y organización del sistema de gestión de residuos sólidos.

Generación de Residuos Sólidos	Papel 6,75%	Cartón 7,2%	Plástico 11%	Metales 5,4%	M.O 60,8%
59773,14 Kg/semana	4034,4	4279,6	6548,3	3214,1	36354,4
1793194,2 Kg/mes	121032,8	128388,1	196447,6	96423,9	1090632,7
21518330,4 Kg/año	1452393,3	1540656,8	2357370,6	1157086,5	13087592,5

Sensibilización Ambiental

Los procesos donde están involucrados cambios culturales o hábitos de comportamiento y que normalmente generan resistencia, se hace necesario el componente de educación y sensibilización ambiental que permitió durante todo el estudio montar una estrategia para que los usuarios trascendieran de un comportamiento plano donde solo les importaba comprar, utilizar y desechar. Para inducir el cambio se realizó una encuesta con el fin de identificar el grado de conocimiento y posibilidad de compromiso frente al mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos, como la encuesta es una herramienta de adquirir información que se facilita en zonas urbanas y permite un acercamiento con la comunidad sin tomarles mucho tiempo de sus ocupaciones normales, se realizaron 60 encuestas a diferentes usuarios e incluyendo a los de la muestra piloto, esto nos permitió tener una información más amplia sobre la posibilidad de usuarios que les interesa el tema de residuos sólidos y que les gustaría participar en mecanismos de mejoramiento dentro de la educación ambiental.

Figura 5. Recolección de Información Encuesta



*Fuente Propia

Como respuesta a la expectativa que se identificó con la encuesta y a la disponibilidad de la comunidad a mejorar el proceso se realiza una sensibilización frente al proceso, como se muestra en la figura 6, se elabora la cartilla que responda a las necesidades sentidas y que les permitan sensibilizarse y convertirse en multiplicadores de conocimiento.

Figura 6. Capacitación Cartilla



*Fuente Propia

Las cartillas como estrategia de educación permitieron convertirse en una guía de consulta permanente, donde los diferentes usuarios estén consultando. Se realizaron las capacitaciones en los diferentes unidades de análisis para un total de 23 usuarios capacitados en la guía práctica para la separación de los residuos sólidos, mostrando los diferentes contenidos ilustrando como separar en los hogares y los colores que se deben utilizar, la estrategia que llevara a la vanguardia mundial como es la reducción, información sobre la producción de residuos y la ciudades que más generan, así como datos reales sobre la investigación que se realizó y como se encuentra Roldanillo frente a esta problemática de producción de residuos sólidos urbanos.

Conclusiones

La construcción de la línea base frente a la producción per cápita de 1,26 kg/usuario-día y 0,402 Kg/habitante-día, permite desplegar todos los análisis para la eficiencia en el PGRS ya que todos los elementos del sistema guardan relación directa con la investigación realizada, de esta forma

se ha generado el punto de partida para rediseñar las rutas de recolección y sus eficiencias, identificar la sostenibilidad de proyectos encaminados al manejo adecuado de residuos sólidos.

La investigación permitió conocer la composición actual de los residuos que se generan en el área urbana del municipio, teniendo claridad sobre la cantidad y porcentaje de cada grupo de residuos producidos, esto para proyectar la viabilidad de procesos futuros como las plantas de tratamiento, transformación y reciclaje de residuos, de esta manera el aporte de la investigación trasciende frente a la ceguera en la que se disponen recursos sin tener claridad económica, con la investigación se puede afirmar que cerca del 25 % de los residuos generados en el área urbana son sujetos a programas de reciclaje y que un 61 % es sujeto a procesos de como el compostaje.

Se identifico a una comunidad con algún conocimiento sobre el tema de residuos sólidos y los problemas ambientales originados por el mal manejo, pero sobre todo en espera de la orientación frente a las actividades que generen cambios en el sistema de gestión de residuos, en la actividad de sensibilización ambiental con la cartilla la respuesta fue inmediata y muy positiva, adoptando conceptos y estrategias de separación en la fuente.

BIBLIOGRAFIA.

Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F. & Francisco, Z. (1998). Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos municipales en américa latina y el caribe.

Alcaldía de Roldanillo. (2005). Plan de gestión integral de residuos sólidos.

Alonso, et al. (2003). Manual para la gestión de los residuos urbanos. Madrid, España. Ecoiuris.

Bernal, C. A. (2015). Manejo integral de residuos sólidos urbanos domiciliarios en Colombia: Mitos y realidades. Universidad militar nueva granada, Bogotá, Colombia

Carguaytongo, L. Pazmiño J. (2017). Economía circular un recurso para lograr el desarrollo sostenible. Universidad estatal de milagro, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3676>

Collazos, H. (2008). Diseño y operación de rellenos sanitarios. Bogotá, Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.

- Hoornweg, D. y Bhada-Tata, P. (2012). What a waste. A Global Review of Solid Waste Management. Washington: World Bank. Recuperado de http://www.prepare-net.com/sites/default/files/what_a_waste2012_final.pdf
- Klinger, R., Olaya, J., Marmolejo, L. & Madera, C. (2009). Plan de muestreo para la cuantificación de residuos sólidos residenciales generados en las zonas urbanas de ciudades de tamaño intermedio. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Lund, H. F. (1996). Manual McGraw-Hill de reciclaje. Madrid, España: McGraw-Hill
- Martínez, C. (2012). Estadística y muestreo. Bogota, Colombia: Ecoc Ediciones.
- Ministerio del medio ambiente de Colombia. Organización panamericana de la salud. (1996). Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/analisis/colombia/colombia>.
- Ministerio del medio ambiente de Colombia. Decreto 2981. (2013). Por la cual se organiza el servicio de aseo. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co//images/normativa/app/leyes/6c-decreto_2981_2013.pdf
- Pineda, S.I. (1998). Manejo y disposición de residuos sólidos urbanos. Bogotá, Colombia: Acodal.
- Ramírez, E., Galán, L. (2012). El eco-diseño como herramienta básica de gestión industrial. Universidad de Sevilla, España. Recuperado de <http://www.ingegraf.es/XVIII/PDF/Comunicacion17007.pdf>
- Sampieri et al. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
- Salazar, M. (2012). Diagnóstico de la composición y caracterización de los residuos sólidos en la vereda san juan de carolina municipio de Salento Quindío. Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. A. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. Madrid, España: McGraw-Hill