

ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE PARA EL MUNICIPIO DE
SEGOVIA A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

MARÍA FERNANDA VERA BECERRA
GIOVANNY ANDREDY JARAMILLO GOMEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SISTEMA DE FORMACIÓN AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL PARA EL CONTROL Y
PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

MEDELLÍN

2017

ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE PARA EL MUNICIPIO DE
SEGOVIA A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

MARÍA FERNANDA VERA BECERRA
GIOVANNY ANDREDY JARAMILLO GOMEZ

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería Ambiental para el
Control y la Preservación del Medio Ambiente.

Asesor
CARLOS FERNANDO CADAVID
Ingeniero Químico, Master en Planeación Ambiental

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MEDELLÍN
2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

SEPTIEMBRE DEL 2017

MARÍA FERNANDA VERA BECERRA Y GIOVANNY ANDREDY JARAMILLO GOMEZ

“Declaramos que este trabajo de grado no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art. 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.

Maria Fernanda Vera B

Firma

Giovanny A Jaramillo

Firma

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos a nuestras familias y docentes, quienes nos han apoyado incondicionalmente.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
1. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS ORGANICOS EN SEGOVIA.....	4
1.1. Sistema Actual de Gestión y Manejo de Residuos Orgánicos.....	4
1.2. Análisis del flujo de materia y energía de sistema actual.	7
1.3. Calculo de Huella de Carbono por Disposición:	9
1.4. Análisis de la Huella Ecológica Sistema Actual.....	10
2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO SOSTENIBLE A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGANICOS GENERADOS EN SEGOVIA	10
2.1. Propuesta de aprovechamiento de Residuos Orgánicos en el Municipio de Segovia.....	10
2.2. Análisis de flujo de energía del sistema propuesto.	13
2.3. Análisis de la Huella Ecológica del Sistema Propuesto.....	16
CONCLUSIONES.....	17
RECOMENDACIONES.....	18
GLOSARIO.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	21

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Flujograma del Sistema Actual de Manejo de Residuos Orgánicos en el Municipio de Segovia, Antioquia	7
Imagen 2. Análisis de entradas y salidas al sistema actual de manejo de residuos orgánicos en el municipio de Segovia, Antioquia	8
Imagen 3. Flujograma del Sistema Propuesto de Manejo de Residuos Orgánicos en el Municipio de Segovia, Antioquia	12
Imagen 4. Diagrama del Sistema Propuesto de Aprovechamiento de residuos orgánicos en el municipio de Segovia, Antioquia	14

RESUMEN

Para nuestra generación que se desborda cada vez más en patrones de consumo desmedidos el manejo adecuado de residuos sólidos supone un reto ante la responsabilidad de conservación del medio ambiente, en el municipio de Segovia ubicado en el nordeste antioqueño a 200 kilómetros de la ciudad de Medellín no se han planteado actividades de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, por ser un municipio tradicionalmente dedicado a la minería en la que no se realizan prácticas agrícolas de cultivo de alimentos, este municipio de 40.174 habitantes en el que se generan en promedio 1116, 62 toneladas de residuos mensuales, de la cuales el 62 % son residuos orgánicos que son enterrados en el relleno sanitario, ocupando volumen del mismo y terminando su vida útil, emitiendo gases de efecto de invernadero contribuyendo al calentamiento global

El municipio cuenta con un sistema lineal de gestión de residuos en el que, una vez los recursos disponibles han sido utilizados son inmediatamente desechados al relleno sanitario, sin contar con proceso de separación. La mayoría de estos recursos provienen de la ciudad de Medellín ya que el municipio de Segovia no cuenta con huertas propias. Esto conlleva a un aumento en la huella ecológica generada por el transporte de estos alimentos. En este trabajo se presenta un alternativa con el fin de reducir los factores que directamente aumenta la huella, optando por la propuesta de separar los residuos orgánicos generados con el fin de crear sistema de aprovechamiento el cual consiste en la instalación de biodigestores, quienes permitirán la transformación de los residuos en recursos, la creación de compost que permitan la creación de invernaderos con el objeto cosechar los principales alimentos, aguas residuales para riego y biogás para la cocción de los alimentos.

Palabras claves: *Residuos Orgánicos, Aprovechamiento, Digestor Anaerobio, Biogás, Compost.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la sociedad se ha fijado pretenciosos objetivos con el fin de obtener un desarrollo económico y social de su población dejando de lado las implicaciones ambientales que generan en su entorno. Este desarrollo se ha construido a partir de diferentes procesos y actividades las cuales producen grandes cantidades de residuos, que en su mayoría son de origen doméstico. La generación de estos residuos también se ve afectada por el incremento de la población, a diario vemos como el número de habitantes por región se intensifica, y con ellos el valor de suplir sus necesidades y mejorar las condiciones de vida.

La gestión de estos residuos sólidos se ha convertido en un gran problema social y medioambiental, debido a que no se les da un adecuado manejo, descartando actividades como la separación en la fuente y un aprovechamiento en lugar de disponerlos.

Es necesario transformar la utilidad de estos residuos generados, vinculándolos a procesos ambientales y ciclos en los cuales se valoricen y brinden beneficios al ambiente y a la región. Aquí nace la importancia de desarrollar estrategias que permitan convertir estos residuos en recursos, con el fin de minimizar el impacto causado al ambiente en base a la extracción de las materias primas, ya que, mediante la reutilización y reciclaje de los desechos, se pretende conservar y optimizar el uso de los recursos naturales, promoviendo así un desarrollo sostenible.

Tanto la reducción como el reciclaje son elementos fundamentales, sin embargo, deben ser acompañadas de la concientización por parte de la población y del apoyo del gobierno mediante los cuales se fomente un consumo responsable de los recursos naturales, y de esta manera lograr una disminución en la generación de residuos sólidos; esto a partir de educación y cultura ambiental.

La puesta en marcha de estrategias en el área de gestión de residuos, ha evolucionado en estos últimos años, a pesar de esto no ha sido suficiente, ya que la percepción de la población aún no es afine con la gran problemática a la que día a día se expone el medio ambiente ante prácticas comunes y parciales, a las cuales los sistemas actuales están trabajando. Una gestión sostenible debe enfocarse en proyectos y alternativas que ofrezcan beneficios de interrelaciones entre los residuos y recursos naturales.

Con el propósito de generar una cultura ambiental y un desarrollo sostenible de recursos, a partir del aprovechamiento de los recursos orgánicos que diariamente son desperdiciados por la población del municipio de Segovia, mediante este trabajo se propone la implementación de biodigestores, los cuales funcionarían como generadores de Biogás y material para la agricultura, a partir de la transformación de los residuos sólidos orgánicos provenientes de los desechos de los hogares y desperdicios. Para el correcto funcionamiento de estos, es necesario que la población adopte diferentes hábitos en cuanto a la forma en la que diariamente consumen, generan y manejan los residuos orgánicos. Es necesario crear una cultura ambiental interrelacionando el consumo hasta el aprovechamiento, con el fin de minimizar generación de residuos y optimizar los recursos naturales, creando así un desarrollo sostenible en el municipio; así mismo reducir el impacto ambiental que todo esto conlleva, a través de la evaluación de la huella ecológica.

1. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS ORGANICOS EN SEGOVIA

1.1. Sistema Actual de Gestión y Manejo de Residuos Orgánicos.

El problema del manejo de residuos es de carácter internacional, nacional y local, las altas tasas de crecimiento poblacional y a su vez los altos índices de consumo de la población, han llevado a que se sobre-exploten los recursos naturales y a que se aumente indiscriminadamente la generación de residuos, este constante incremento genera graves problemáticas ambientales como la generación de gases, vertimientos de lixiviados, afectaciones a los recursos naturales agua, aire y suelo, de acuerdo a *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, informe del Banco Mundial, *“La producción de residuos aumentará desde los 3,5 millones de toneladas diarias en 2010 a cerca de 6 millones en 2025”* (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Colombia no es ajena a esta problemática, existe una indiferencia respecto al manejo adecuado de residuos para prevenir el agotamiento de recursos naturales en el país, las principales ciudades generan grandes cantidades de residuos y pronto se verán ante el escenario de no tener donde disponer estos residuos. Según el informe del estado del medio ambiente y de los recursos renovables 2015, aproximadamente cerca de 9 488 204 ton de residuos son generados al año en Colombia (IDEAM, INEVEMAR, SINCHI, IIAP, & IAvH, 2017), a pesar de ser una cantidad suficientemente significativa, solo se logra aprovechar cerca de un 17%. Adicional a esto, los colombianos no separan en la fuente y no cuentan con la recolección selectiva de sus desechos, ciudades como Bucaramanga, Armenia, Manizales y Neiva, se encuentran dentro de aquellas cuyos sitios de disposición final se les agotará su capacidad para recibir residuos; sin obviar el caso de Bogotá cuyo relleno sanitario solo cuenta con una vida útil de 7 años.

El municipio de Segovia no es distante frente a estos patrones de consumo y generación excesivos, al igual que en la mayoría de municipios en Colombia, los residuos se manejan desde un modelo lineal en el que simplemente se descartan los bienes que ya no son útiles para el propósito para el cual fueron adquiridos sin pensar en el beneficio ambiental que podría traer su reciclaje, este municipio que cuenta con una población aproximada de 40.174 habitantes, que según el PGIRS municipal, generaron en el año 2015 catorce mil toneladas (14000ton) de residuos,

aproximadamente 38,4 Ton/día, de los cuales solo se aprovecha un porcentaje mínimo por parte de personas de muy bajos recursos económicos y en condiciones precarias de salubridad en el sitio de disposición final.

En el municipio de Segovia la recolección de los residuos sólidos ordinarios urbanos se hace en forma separada de los residuos especiales; el actual PGIRS del municipio dentro de los programas de aprovechamiento, no plantea la realización de rutas de recolección selectiva, por lo que al relleno sanitario llegan gran cantidad de residuos con posibilidad de aprovechamiento.

La frecuencia de recolección en el municipio es de lunes a sábado y los domingos se realiza recolección de residuos especiales cuando son solicitados por los usuarios. Según información suministrada por la empresa de aseo Segovia Aseo S.A. E.S.P. Este transporte es realizado por 3 camiones compactadores cuya capacidad promedio es de 8 Ton los cuales una vez finalizada la recolección transporta los residuos hacia el sitio de disposición final denominado parque Ambiental Vera, ubicado a 4,5km del casco urbano del municipio.

La empresa de servicios públicos del municipio de Segovia, planteó la construcción de un nuevo relleno sanitario, el cual dispone de una capacidad total de 92379m³, en los cuales se podrá disponer cerca de 69 millones de toneladas de residuos sólidos.

En el municipio no existe una organización de recicladores legalmente constituida hay un grupo de aproximadamente 20 recicladores que realizan actividades de reciclaje de forma permanente y un cierto número fluctuante de personas que se dedican a esta actividad en las instalaciones del relleno sanitario administrado por la empresa de servicio público de aseo del municipio, estos recicladores, son personas de bajos recursos económicos, que al realizar esta labor se ven expuestos a riesgos de tipo físico, químico y microbiológico, puesto que realizan estas actividades sin ningún tipo de protección personal.

Desde que inició actividades el actual relleno sanitario se viene realizando actividades de reciclaje dentro del mismo, incumpliendo así lo que establece el decreto 838 de 2005 sobre disposición final de residuos sólidos que establece en su artículo 10 que la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, deberá garantizar, que no se realicen actividades de reciclaje en los frentes de trabajo de los rellenos sanitarios.

En el municipio de Segovia, la población no ha sido capacitada en temas de separación en la fuente, por lo que los residuos se presentan de forma conjunta, aprovechables y no aprovechables en recipientes que van directamente al relleno sanitario, en los últimos meses algunas personas ante las dificultades económicas que enfrentan han optado por realizar labores de reciclaje en las calles del municipio lo cual no era muy común en el municipio, es importante resaltar la labor que estas personas vienen realizando, estos recuperadores informales que extraen gran cantidad de materiales, que comercializan y devuelven a la cadena productiva, prolongando así la vida útil del relleno sanitario, por lo que es necesario buscar alternativas, que les permitan a estas personas seguir realizando esta importante labor de forma más digna y segura garantizándoles su derecho al trabajo.

Los recuperadores almacenan los residuos en inmediaciones del relleno sanitario contiguo a la quebrada Vera, donde han construido estructuras improvisadas para la protección del material extraído. Cada 15 o 20 días llegan compradores del casco urbano y compran el material o cada vez que tengan una cantidad considerable para comercializar. A la fecha el cartón no se está comercializando por su bajo valor en el mercado.

El municipio de Segovia cuenta con tres bodegas de reciclaje las cuales no cumplen las normas técnicas y legales para la realización de esta labor, estas bodegas están ubicadas en la zona urbana del municipio y acumulan residuos para su posterior clasificación y venta en la ciudad de Medellín, el almacenamiento de estos residuos se hace a la intemperie dando lugar a la proliferación de vectores, estos residuos se acumulan durante varios hasta alcanzar la cantidad requerida para poder comercializarse, en estas tres bodegas con base en la información suministrada por los propietarios, se puede establecer que los principales materiales recuperados son plástico del cual obtienes aproximadamente 15 toneladas, chatarra 80 toneladas, cartón 15 toneladas, archivo 3 toneladas y botas de caucho 4 toneladas.

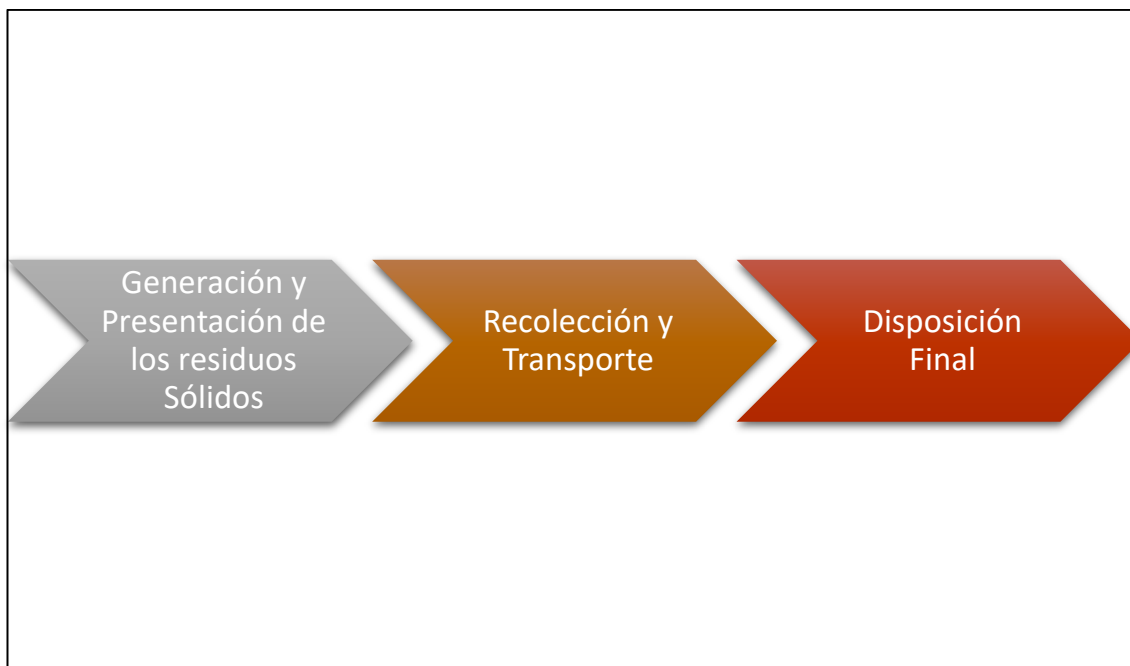


Imagen 1. Flujograma del Sistema Actual de Manejo de Residuos Orgánicos en el Municipio de Segovia, Antioquia.

1.2. Análisis del flujo de materia y energía de sistema actual.

Los datos implementados en el cálculo de la entrada y salida de flujos de energía del sistema actual, fueron tomados del PGIRS del municipio de Segovia, teniendo como referencia la tabla 7. “Generación de Residuos Sólidos – Línea de base establecida mediante Resolución 0754 de 2014 – Datos de la Cantidad de Residuos por Actividad del Servicio Público De Aseo teniendo en cuenta la generación anual por área urbana”. El promedio de estos datos es de 1166.62 Ton/mes residuos que son dispuestos en el Relleno Sanitario, de los cuales el 62% corresponde a residuos orgánicos, siendo así el valor de la disposición en el relleno sanitario de 723.30 Ton/mes.

Teniendo en cuenta las cifras del departamento nacional de planeación en el país se desperdicia el 34% de la comida disponible en el país, del cual, el 22% corresponde a pérdidas en las etapas de producción agropecuaria, post-cosecha y almacenamiento y el 12% restante corresponde a desperdicios en las etapas de distribución y consumo por parte de la población. (Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas, 2016)

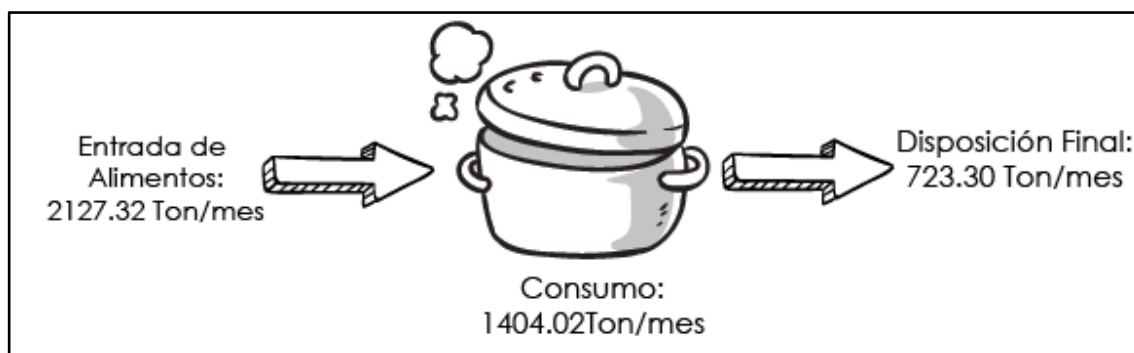


Imagen 2. Análisis de entradas y salidas al sistema actual de manejo de residuos orgánicos en el municipio de Segovia, Antioquia.

Las entradas al sistema provienen de una base natural, sin embargo, el transporte de esta carga ecológica genera impactos ambientales. Considerando que cerca del 96% de los alimentos que consumen en Segovia son procedentes de Medellín, implica un mayor efecto en la generación de emisiones a causa del transporte de estos alimentos. Segovia se caracteriza por ser un municipio dedicado a la minería, en especial a la extracción del oro, haciendo de esto su principal actividad ya que trae consigo buenos beneficios económicos; por tal motivo sus habitantes eludieron cualquier otra actividad que requiriera del trabajo del campo.

La cabecera municipal del municipio de Segovia se encuentra ubicado a tan solo 200 km de la ciudad de Medellín, de acuerdo al tipo de vehículo Tracto-camión de la marca International y a la tabla de rendimiento de combustible (Puentes), un camión que transporta alimentos de la ciudad al municipio por cada 7.6 km gasta 1 galón.

$$\frac{\text{Distancia de recorrido} * \text{Combustible necesario} * \text{Cantidad de alimentos transportado}}{\text{Cant. de alimento transportado}} = \text{Combustible Empleado}$$

Aplicando los valores:

$$\frac{200 \text{ km}}{\text{viaje}} * \frac{1 \text{ galón}}{7.6 \text{ km}} * \frac{1 \text{ viaje}}{8 \text{ Ton}} = 3.2834 \frac{\text{gal}}{\text{Ton}}$$

Teniendo en cuenta el consumo aproximado de 2127.32 Ton/mes, la cantidad de combustible utilizada al mes es de:

$$\frac{\text{Combustible Empleado}}{\text{cant. alimento transportado}} * \text{Consumo de alimento al mes} = \text{Combustible Empleado al mes}$$

Reemplazando los valores:

$$3.2834 \frac{gal}{Ton} * 2127.7 \frac{Ton}{mes} = 6997.7 \frac{gal}{mes}$$

Con el fin de determinar la Huella Ecológica generada por el transporte de estos alimentos, es necesario conocer el factor de emisión para el combustible, en este caso Diésel; como referencia el valor de 10.39 kgCO₂ e/Gal (Carrasco Leal, 2014), dato extraído del Cuadro 3 “Factores de Emisión para los Combustibles Colombianos”.

$$10.39 \frac{KgCO_2}{gal} \text{ equivalen a } 1.039 \frac{Ton CO_2}{gal}$$

Entonces:

$$6997.7 \frac{gal}{mes} * 1.039 \frac{Ton CO_2}{gal} = 7270.61 \frac{Ton CO_2}{mes}$$

$$\frac{7270.61 \frac{Ton CO_2}{mes} * 12 \frac{meses}{año}}{40 \frac{Ton CO_2}{Ha/año}}$$

Obteniendo un valor:

$$HE_{transp} = 2181.183 Ha$$

1.3. Cálculo de Huella de Carbono por Disposición:

El Landfill Methane Outreach Program de la EPA (Colmenares Mayanga & Santos Bonilla, 2007), establece algunos métodos para determinar la generación de biogás en los rellenos sanitarios:

Teniendo en cuenta el Método A: Aproximación simple, para el cálculo del metano generado en el relleno sanitario donde:

$$\text{Generación mensual biogas: } 0.10 \frac{pies^3}{lb} * 2000 \frac{lb}{Ton} * \text{cantidad basura depositada}$$

$$0.10 \frac{pies^3}{lb} * 2000 \frac{lb}{Ton} * 723.30 \frac{Ton}{mes} = 144660 \frac{pies^3}{mes}$$

La mayor proporción que compone al biogás comprende al metano y al dióxido de carbono, los cuales presentan una relación de 1.2:1; de acuerdo a la tabla de rango de composición de biogás generado en rellenos sanitarios el porcentaje de composición del metano estaría alrededor del 40% de composición (Camargo Caicedo & Vélez Pereira, 2009). Teniendo en cuenta este valor, el CH₄ generado en el relleno sanitario de Segovia corresponde a 57864 pies³/mes; 1638,526 m³/mes.

$$CO_2 \text{ Equiv metano} = 1638,526 \frac{m^3}{mes} * 0,656 \frac{Kg}{m^3} * 23 = 22572,33$$

1.4. Análisis de la Huella Ecológica Sistema Actual

La estimación de la huella ecológica no solo se podrá cuantificar con los valores del CO₂ generados; además de esto hay que analizar los aspectos cualitativos, ya que con el sistema actual el municipio de Segovia, deja a un lado los beneficios propios que tiene actualmente, al no utilizar los recursos naturales con los que cuenta, en su lugar trabaja como una máquina que almacena los desechos generados; por tal razón es necesario cambiar esta perspectiva y crear alternativas que permitan el desarrollo productivo de la región, así mismo obtener un mayor rendimiento de sus tierras.

2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO SOSTENIBLE A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGANICOS GENERADOS EN SEGOVIA

2.1. Propuesta de aprovechamiento de Residuos Orgánicos en el Municipio de Segovia.

En vista del sistema de gestión de residuos actual, y teniendo en cuenta que los residuos domésticos generados en el municipio de Segovia representan cerca del 70% del volumen total de desechos, estos son destinados al relleno sanitario, es inevitable crear alternativas para el aprovechamiento de estos, además de crear estrategias que permitan a la región obtener nuevas fuentes de desarrollo cultural y económico.

La transformación de estos residuos en recursos, es la alternativa más sostenible, algunos países de Europa se han visto en la necesidad de desarrollar prácticas que permitan el aprovechamiento de los residuos orgánicos, con el fin de eliminar la disposición tradicional de “enterrarlos”; esto ha permitido no solo el desarrollo social, sino económico y tecnológico.

Segovia es un municipio que no cuenta con producción de alimentos, debido a que la población se ha dedicado a la extracción de oro y a la práctica de actividades mineras, por ello depende netamente de los productos alimenticios abastecidos desde la capital antioqueña. Sin embargo, todos los residuos generados quedan depositados en el municipio, el propósito de esta propuesta es la de transformar estos residuos en recursos para la población, por medio de biodigestores que a su vez producirán subproductos como biogás y compost; de esta manera estimular a la población acerca del desarrollo de diversas actividades en torno a la agricultura para concebir sus propios alimentos.

Lo trascendental del tema de la producción de estos alimentos radica en la seguridad alimentaria, “se da cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias...” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017). Para ello es importante gestionar y desarrollar sistemas que favorezcan el desarrollo de estas actividades en la región.

Para la implementación de esta estrategia se desarrollara un proceso, el cual está dividido en cuatro etapas; la primera etapa de este consiste en la separación de residuos, el principal objetivo de esta práctica es obtener residuos con una mejor calidad optimizando su aprovechamiento (ICONTEC, 2009). Para que esta etapa funcione, es esencial concientizar a la población sobre su importancia, concepto y puesta en marcha. A nivel nacional existen normas que estipulan la forma de separar, entre ellas se encuentra la GTC 24 de la Norma Técnica Colombiana, Gestión de Residuos, dentro de la cual dispone una guía para la separación en la fuente. Los residuos son clasificados según su tipo en aprovechables, no aprovechables y orgánicos biodegradables.

Una clasificación generalizada, de acuerdo a su naturaleza y características físicas, de los residuos orgánicos corresponde a residuos de alimentos, estiércol, restos vegetales, cuero, papel y cartón y plásticos; sin embargo, estos tres últimos no serán

objeto de estudio en este trabajo, ya que su aprovechamiento pasa por un sistema más costoso y diferente. La característica fundamental de estos residuos es la capacidad de ser transformados en gases y sólidos inertes. (Jaramillo Henao & Zapata Márquez, 2008)

La segunda etapa corresponde a la recolección mediante una ruta selectiva, la cual facilita el transporte de estos residuos hacia el sistema biodigestor, en donde a partir de la fermentación anaeróbica, también conocido como digestión anaeróbica se transforma la materia orgánica en metano (CH_4), entre otros gases y una fracción de lodo; "es posible obtener 0,5 m³ de gas por Kg de masa, con un 70% de Metano". (González Salcedo & Olaya Arboleda, 2009).

En la tercera etapa del proceso general, la técnica de descomposición se desarrolla en tres fases, hidrólisis, acidificación y metanización; durante estas fases la materia orgánica por medio de las bacterias se convierte en ácidos orgánicos solubles, luego en acetatos, dihidrógenos y carbodióxidos y finalmente todos los compuestos formados en las fases anteriores se transforman en metano, bióxido de carbono y amoníaco. (González Salcedo & Olaya Arboleda, 2009).

Gracias a su gran contenido de metano, el gas generado, podrá ser aprovechado como fuente de energía en las viviendas, mientras que el biolodo rico en elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, apreciados en la agricultura podrán destinarse al cultivo de legumbres como lechugas en invernaderos.

Al saber que la región se caracteriza por su actividad principal de minería, será importante gestionar y educar a la población sobre agricultura con el objetivo de explotar los subproductos de la metodología planteada; de esta manera formar la región y desarrollar otras vías de economía para su propio sustento.

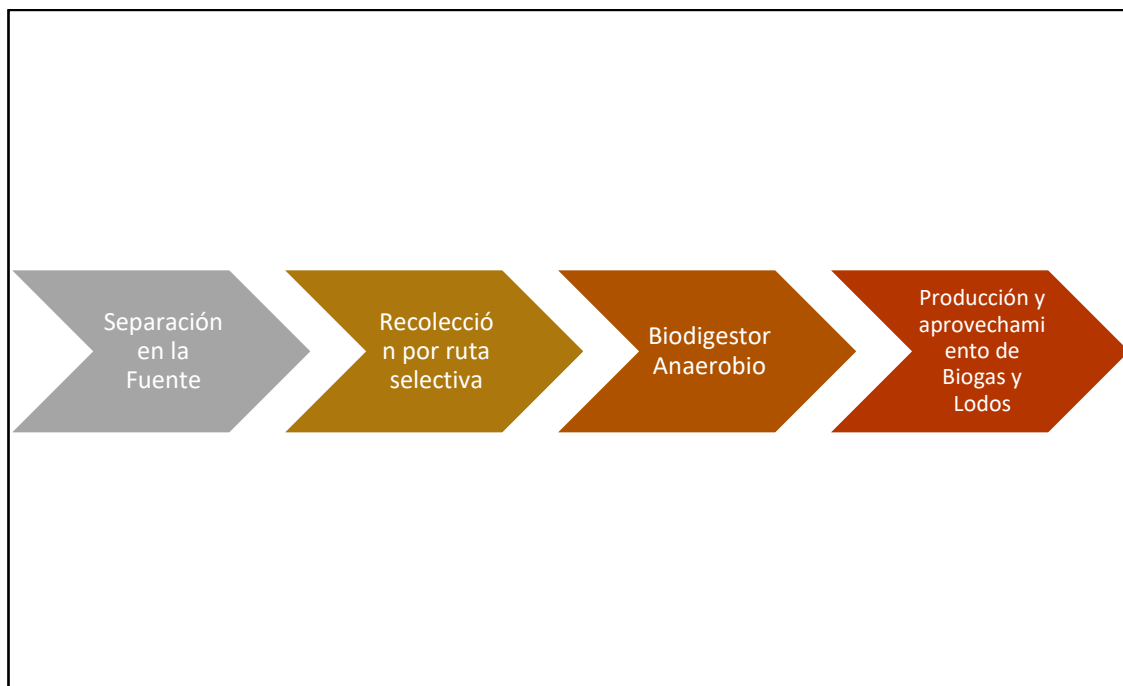


Imagen 3. Flujograma del Sistema Propuesto de Manejo de Residuos Orgánicos en el Municipio de Segovia, Antioquia.

2.2. Análisis de flujo de energía del sistema propuesto.

Mediante el sistema propuesto se pretende crear un sistema autosuficiente, en el cual cada recurso convertido en residuo sea aprovechado y de esta forma crear un ciclo sostenible.

En base a los datos obtenidos en el sistema actual, donde se genera aproximadamente 723,30 Ton/mes de residuos, los cuales ingresan al Digestor Anaerobio, cantidad que se convierte en 50% biogás y 50% en biolodo.

Una vez obtenidos los subproductos son destinados a los lugares de aprovechamiento, para el caso del biogás, la población de bajos recursos podrá acceder a este combustible doméstico mediante el cual podrán cocinar sus alimentos.

El 50% de biolodo, correspondiente a 361,65 Ton/mes, se someterá a un proceso de deshidratación, mediante el cual se extraera la parte líquida (cerca de un 70%) y la parte sólida (aprox. 30%) de este.

Con la parte sólida se obtendrá compost, debido a que la gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. Por contener elementos fertilizantes para las plantas y nutrientes. La importancia radica en que este material es descompuesto en el suelo mediante microorganismos, quienes cambian la forma orgánica a inorgánica,

haciendolos fluir en el suelo para luego ser aprovechados por las plantas y organismos.

Como su definición lo dice, el compostaje permite la “transformación de los residuos organicos en insumos para la producción agricola” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013, pág. 36) El contenido de nutrientes presentes en el compost tiene una gran diferencia, ya que dependen de los materiales de origen, sin embargo, tendremos en cuenta el promedio de los valores suministrados en la tabla 9 del Manual de Compostaje del Agricultor, en el cual se indica que dentro de 3 a 15 kg N pueden estar contenidos en 1 kg de compost.

Para la inquietud sobre la cantidad de compost a aplicar, la cauntía dependerá del contenido de nitrogeno, con el fin de evitar una contaminación por nitratos. De acuerdo a lo establecido por la EPA se establece una dosis de 170 kg N/ha-año. Teniendo en cuenta lo anterior y el estimado del contenido del nutriente en el compost generado en Segovia de 9 kg de N/ kg de compost. La cantidad producida tendrá un aproximado de 885798 kg de N aproxiamdamente.

Con ello y a partir de la dosis establecida por el EPA, se estimarían 5211 ha-año, cantidad de N contenido en el compost generado.

Compost que servirá para el cultivo que en este caso serán hotalizas, específicamente la lechuga, la cual para su desarrollo requiere un suelo rico en nutrientes y con buen drenaje. En base a la cantidad de biomasa generada en las hojas, tallos y raiz de la planta, dependerá la dosis de nutrientes que absorberá la lechuga. “Para una producción de 35 t/ha la extracción de nutrientes por lechuga viene a ser de 80 – 100 kg/ha de N...” (Cajamar, 2013).

Con esto se pretende estimular a los habitantes, para la creación de huertas las cuales permitan la producción de alimentos, y la explotación de sus tierras a partir de los residuos generados; dando un sentido más amplio a los recursos con los que cuentan.

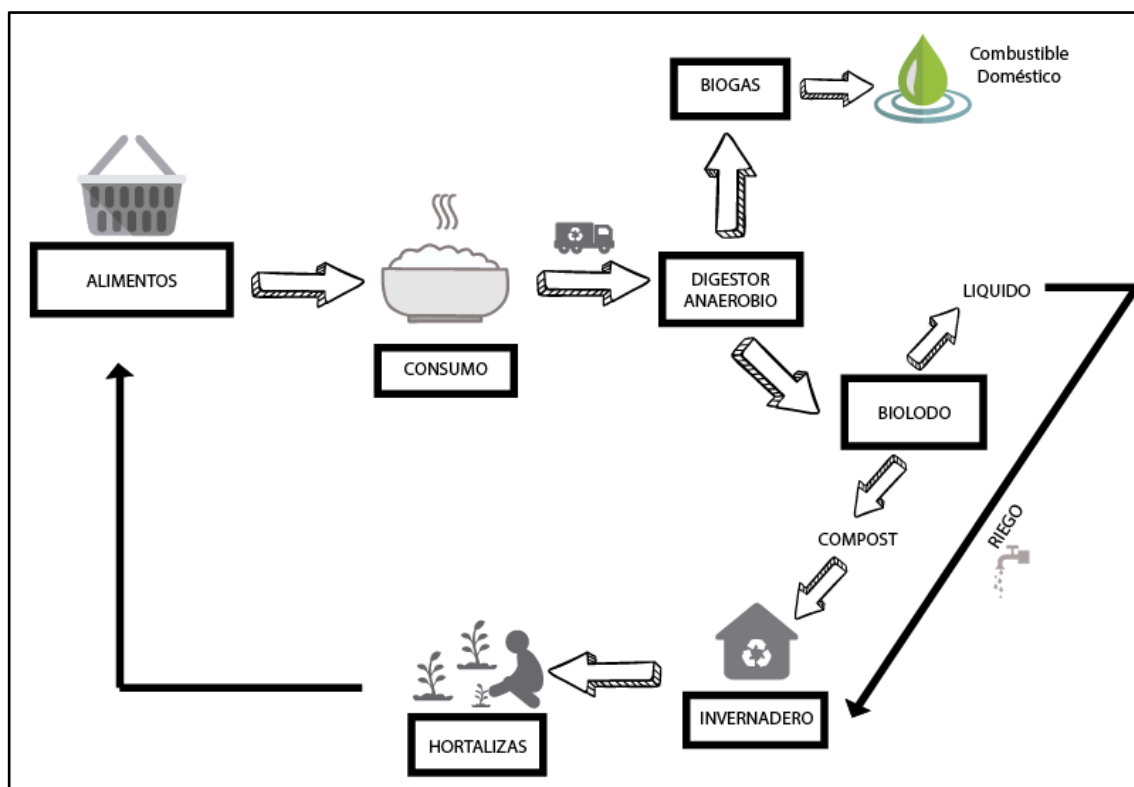


Imagen 4. Diagrama del Sistema Propuesto de Aprovechamiento de residuos orgánicos en el municipio de Segovia, Antioquia.

Para el cálculo de la huella ecológica intervienen tres factores importantes:

1. El conocimiento de los recursos que consume la población y la cantidad de residuos generados.
2. Que los flujos de salidas de residuos se conviertan en flujos de entrada en área biológicamente productiva de tierras.
3. Que las hectareas de disposición puedan ser expresadas en áreas de producción de cultivos.

Los efectos adversos al medio ambiente son producto de la mala administración de los recursos por parte de los seres humanos, ya que desde el inicio de los tiempos no fueron conscientes de una correcta gestión; sin embargo, actualmente vivimos en préstamo con el planeta, ya que el hombre agotó las reservas que la tierra provee para todo el año. Este consumo sin control produce las grandes cantidades de residuos sólidos, ya bien sean orgánicos o inorgánicos, el volumen que estos llegan a ocupar generan impactos graves al planeta y a todos los seres vivos que habitan en ella.

La generación de residuos sólidos sin control y la mala gestión han ocasionado la infertilidad de los suelos, contaminación al agua y al aire. En vista de esta gran problemática, para la cual el municipio de Segovia, Antioquia no es ajena, nace la necesidad de crear alternativas que mitiguen estos impactos que por años se han incrementado.

2.3. Análisis de la Huella Ecológica del Sistema Propuesto

Al aprovechar los residuos orgánicos del municipio, se disminuyen los impactos ambientales asociados a la disposición final en el relleno sanitario como lo son los lixiviados, la generación de gases efecto invernadero entre otros, contrario a lo que ocurriría al desarrollo sostenible de la región ya que los beneficios tanto a corto como a largo plazo no solo involucra al sector del medio ambiente, sino a la economía, cultura y lo social. Así mismo, desarrollar programas que permitan la explotación de las tierras y mejorar las condiciones alimentarias de sus habitantes.

Después de analizar los resultados de las huellas ecológicas generadas en cada sistema, es notorio ver la diferencia, ya que con el sistema propuesto, se eliminaría por completo el impacto asociado al transporte de estos alimentos, a su vez del impacto emitido desde el relleno sanitario; por su parte el nuevo sistema sería un ciclo cerrado en el cual lo que entra al sistema, pasará por un proceso en el cuál se busca incrementar su valor útil y sin causar impactos negativos al ambiente.

De igual manera, se crea un estímulo por la implementación y conocimiento en temas de agricultura en los habitantes, con el fin de vincular esta alternativa ambiental, con la parte social, cultural y económica. Acercandolos al vinculo que originariamente existe entre el hombre y el planeta, co-viviendo y apoyandose mutuamente.

CONCLUSIONES

- La gestión de residuos orgánicos en el municipio de Segovia se realiza bajo un modelo tradicional en el cual todos los residuos sólidos generados son llevados a un relleno sanitario, lo cual ha causado impactos negativos al medio ambiente como la generación de lixiviados, gases de efecto invernadero, entre otros; así mismo el municipio depende de la ciudad de Medellín en cuanto al abastecimiento de alimentos ya que no desarrollan actividades de agricultura, la región es netamente minera. Problemáticas que incrementan el valor de la huella ecológica producida.
- Teniendo en cuenta el indicador de sostenibilidad analizado en este trabajo, como lo fue la huella ecológica, las actividades relacionadas con la generación de residuos sólidos orgánicos que mayor impacto y valor traen a este indicador, son dos, el transporte de los alimentos a través de los 200 km que separan al municipio de Segovia con la ciudad de Medellín y a la generación de gases de efecto invernadero producidos por la acumulación de basuras en el relleno sanitario.
- La implementación de alternativas para el desarrollo sostenible a partir de los residuos orgánicos en el municipio de Segovia, en este caso la puesta en marcha de un digestor anaerobio, mediante el cual los residuos generados son transformados en recurso traen consigo numerosos beneficios que impulsan el desarrollo ambiental, económico, cultural y social de la región.

RECOMENDACIONES

- Concientización a la población sobre el verdadero significado de los residuos sólidos orgánicos, ya que en sus hogares no se genera “basura”, sino un material que, de ser agregado al proceso adecuado, se convierte en una alternativa de desarrollo para la región, aportando no solo beneficios económicos, sociales y ambientales.
- Implementar programas de desarrollo agroindustrial que despierten interés en los habitantes hacia otros ingresos sin causar grandes impactos negativos al medio ambiente.
- Inquirir el apoyo de entes gubernamentales y educativos que permitan el desarrollo tecnológico de herramientas aportando materiales y la profundización de conocimiento sobre el desarrollo sostenible de la región.

GLOSARIO

Aprovechamiento de los residuos: Actividades encaminadas a recuperar el valor de los residuos mediante la reutilización y reciclaje de estos.

Biodegradable: Producto que puede descomponerse mediante la acción de agentes biológicos tales como el agua, el sol, bacterias, plantas o animales.

Biodigestor: Contenedor hermético, dentro del cual se deposita materia orgánica (residuos de vegetales y frutas, excremento de rumiantes o humanos) los cuales son diluidos en agua mediante fermentación anaerobia por la acción de microorganismos, obteniendo como producto gas metano (biogás) y un subproducto líquido (biol), el cual puede ser utilizado como fertilizante ya que es rico en nitrógeno, fósforo y potasio.

Biogás: Gas generado a causa de reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores en un ambiente anaeróbico.

Consumo: Acción y efecto de consumir o gastar, bienes, productos o servicios.

Compost: Producto resultante del proceso de compostaje.

Compostaje: Proceso de descomposición de materia orgánica mediante el cual se produce abono natural (compost).

Desarrollo Sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad y manejo racional de los recursos naturales.

Disposición Final: Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Eutrofización: Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en lago, laguna, embalse a causa de proliferación de ciertas algas.

Generación: La acción de producir residuos sólidos por medio de procesos productivos o de consumo.

Metano: Componente del biogás, este gas es obtenido por la descomposición de la materia orgánica.

Ruta Selectiva: Recolección de determinados residuos separados.

Relleno Sanitario: Sistema diseñado para la disposición final de los residuos generados por la población, el cual consiste en depositar en el suelo estos residuos.

Residuos Orgánicos: Correspondientes a los restos biodegradables de plantas y animales, tales como restos de frutas, verduras y los resultantes de la poda de plantas.

Ruta selectiva: Recorrido necesario para recoger los residuos potencialmente aprovechables, separados en la fuente.

Separación en la fuente: segregación de residuos en el punto de generación con el objetivo de incrementar su valor de aprovechamiento.

Servicio Público de Aseo: El servicio de recolección municipal de residuos principalmente sólidos.

Valorización: Acción de aumentar el valor de un residuo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco Leal, J. B. (2014). *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbon corporativa*. Obtenido de http://www.mvccolombia.co/images/pdfs/Factores_de_Emisi%C3%B3n_Huella_de_Carbono_Corporativa_V3.pdf
- Colmenares Mayanga, W., & Santos Bonilla, K. (20 de Mayo de 2007). *Generación y manejo de Gases en sitios de disposición Final - Ingeniería Química*. Obtenido de http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario
- González Salcedo, L. O., & Olaya Arboleda, Y. (2009). *Fundamentos para el Diseño de Biodigestores*. Palmira.
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington: World Bank. Obtenido de http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf
- ICONTEC, I. C. (2009). Norma Técnica Colombiana GTC 24. Bogotá.
- IDEAM, INEVEMAR, SINCHI, IIAP, & IAvH. (2017). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales 2015*. Bogotá, D.C.: Documento Síntesis. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022651/InformeTomo3.pdf>
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. (2008). *Arovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*. Medellín.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Obtenido de <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>
- Públicas, G. d. (28 de Marzo de 2016). *Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>
- Puentes, C. y. (s.f.). *Tabla de Rendimientos*. Obtenido de http://www.capufe.gob.mx/site/normateca/normas/77_Bases_para_la_Administracion_del_Parque_de_Maquinaria_a_cargo_de_CAPUFE_dic_05/Anexo05.pdf