



“ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS GENERADOS EN LA CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA”

ANDRES FELIPE ALVAREZ SALAZAR

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES FACULTAD
DE INGENIERÍA Y AQUitectura INGENIERIA

AMBIENTAL

MANIZALES-CALDAS

DICIEMBRE 09 2021



“APROVECHAMIENTOS DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN
CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA

ANDRES FELIPE ALVAREZ SALAZAR

TUTOR:

JAVIER MAURICIO NARANJO VASCO

Ingeniero Químico, Magíster En Ingeniería Química y Doctor En Ingeniería

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA INGENIERIA AMBIENTAL
MANIZALES-
CALDAS
DICIEMBRE 09
2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Descripción del problema	10
1.2. Contexto de gestión de residuos sólidos a nivel global y nacional	11
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo General	16
3.2. Objetivos Específicos	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1. Situación de los residuos sólidos a global nivel regional	17
4.2. Contexto de Gestión de Residuos Sólidos a nivel Nacional	19
4.3. Análisis de impactos ambientales en rellenos sanitarios.....	22
4.4. Definición de gestión integral de residuos sólidos.....	23
4.5. Estrategia nacional economía circular	24
4.6. Tecnologías de tratamiento de orgánicos.....	25
4.6.1. Compostaje.....	25
Materiales compostables	26
Materiales de rápida descomposición	26
Materiales de descomposición lenta	26
Descomposición muy lenta	27
Proceso de compostaje	27
Fase de latencia y crecimiento	27
Fase termófila	28
Parámetros del proceso de compostaje	29
Humedad	30
Aireación	30
Beneficios del Compostaje.....	31
5.3.2. Biometanización o Digestión anaerobia	32
5. METODOLOGÍA	34
6. RESULTADOS	35
6.1. Análisis de línea base de la generación y gestión de los residuos sólidos	35
6.1.1. Generalidades del Valle de Aburrá	35

Localización	36
Área	37
División política	37
Límites Geográficos	37
Población.....	38
Generación de residuos sólidos (Valle de Aburrá)	38
Aprovechamiento y Disposición final (Valle de Aburrá)	40
6.1.2. Gestión de Residuos Sólidos en la Central Mayorista de Antioquia	41
Generalidades de la CMA	41
Ubicación	43
Generación de Residuos Sólidos (CMA)	43
Sistema de Aseo Interno.....	45
Tabla de Parámetros	48
Árbol de Problemas.....	49
6.2. Alternativas de tratamiento biológico propuestos para los residuos orgánicos de la central Mayorista de Antioquia	51
6.2.1. Alternativa # 1: Vericompostaje o Lombricultura	53
Factores a tener en cuenta en la plantación de lombriz roja californiana	54
Área requerida para la planta de Vermicompostaje	56
Esquema del proceso.....	58
Valorización del Vermicompost	59
6.2.2. Alternativa #2: Sistema de Aireación Mixta Earth Green	59
Condiciones del Proceso	61
Área requerida.....	62
Esquema del proceso operativo.....	63
Valorización del Compost.....	63
Ventajas de la alternativa	64
6.3. Comparativa de viabilidad técnica y operativa, beneficios ambientales y comercialización	64
6.3.1. Viabilidad Técnica y operativa	65
6.3.2. Beneficios ambientales.....	66
6.3.3. Comercialización.....	67
7. CONCLUSIONES	68

8. RECOMENDACIONES.....	69
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de Gestión Integral de Residuos Sólidos	24
Ilustración 2: Ciclo del aprovechamiento de residuos orgánicos	25
Ilustración 3: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP).....	25
Ilustración 4 : Esquema de planta de tratamiento biológico de los residuos (biometanización)	32
Ilustración 5: Esquema simplificado de las bases de la digestión anaerobia	33
Ilustración 6: Localización del Área Metropolitana del Valle de Aburra en el Contexto Nacional y Departamental.....	36
Ilustración 7: Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	39
Ilustración 8: Fotografía CMA, año 1925	42
Ilustración 9: Central Mayorista de Antioquia	43
Ilustración 10: Ubicación de la CMA en el Valle de Aburrá	43
Ilustración 11: Canecas, y vehículo de recolección de residuos sólidos internos de la CMA	46
Ilustración 12: Lugar de almacenamiento de residuos sólidos, Central Mayorista de Antioquia.....	47
Ilustración 13: Árbol de Problemas, Línea base	50
Ilustración 14: Etapas del Proceso de Vermicompostaje.....	54
Ilustración 15: Esquema del proceso del Vermicompostaje	58
Ilustración 16: Planta de compostaje, municipio Andes (15 Ton/día)	62
Ilustración 17: Pila de compostaje Earthgreen, municipio de Urrao.....	62
Ilustración 18: Módulos de compostaje Earthgreen.....	63
Ilustración 19: Diagrama de flujo operativo del proceso de compostaje con aireación mixta Earthgreen	63

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Tasa de Aprovechamiento de Residuos en Colombia	13
Gráfica 2: Generación de residuos sólidos en el mundo a nivel regional.....	17
Gráfica 3: Composición porcentual de los residuos sólidos en el mundo	18

Gráfica 4: Porcentaje de reciclaje en países europeos para los años 2012 y 2014	19
Gráfica 5: Proyección de generación y gestión de residuos en las zonas urbanas y rurales en el país para el año 2030.....	21
Gráfica 6: Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.. ¡Error! Marcador no definido.	
Gráfica 7: Composición física porcentual no residencial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	40
Gráfica 8: Distribución de la gestión de los residuos en el Valle de Aburrá, Año 2015	41
Gráfica 9: Composición porcentual de los residuos sólidos de la CMA	44
Gráfica 10: Costo neto por tonelada de diferentes técnicas Instalaciones con capacidad de 30.000 toneladas por mes.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Identificación de aspectos e impactos ambientales generados por los rellenos sanitarios	23
Tabla 2: Tabla de parámetros de la gestión integral de residuos sólidos de la Central Mayorista de Antioquia.....	49
Tabla 3: Cumplimiento del Decreto 2891 de 13 en el sistema de aseo interno de la CMA	51
Tabla 4: Especificaciones técnicas de sistema de compostaje Earthgreen de 300Toneladas/mes.....	61

RESUMEN

Una de las principales problemáticas ambientales que requieren de la atención a nivel global y demanda acciones colectivas para su control es la generación desmesurada de los residuos sólidos, su mal manejo y disposición final inadecuada. La mala gestión de los residuos sólidos es una de las principales causas de la contaminación ambiental y el deterioro de la calidad de los recursos naturales renovables: agua, suelo, aire. Por tal motivo, la sociedad hoy demanda de realizar acciones que prevengan, mitiguen y compensen los impactos ambientales ocasionados por esa mala gestión.

La pérdida de alimentos a lo largo de la cadena de suministro se ha convertido en un tema de gran interés en el mundo, debido a que afecta la seguridad alimentaria de la sociedad. Uno de estos eslabones de la cadena de distribución de alimentos son las centrales de abasto local, donde diariamente se pierden importantes cantidades de alimentos especialmente por carencia de protocolos de poscosecha, (Vargas-Pineda et al., 2019). Esta pérdida de alimentos es causante de la generación de residuos sólidos orgánicos a gran escala gracias a la pérdida su valor comercial por presentar abolladuras y deformaciones físicas en los procesos de cargue, transporte, descargue y distribución de los mismos.

Basados en lo anteriormente mencionado, en el Valle de Aburrá se identifica a la Central Mayorista de Antioquia (CMA) como un gran generador de residuos sólidos orgánicos que son perfectamente aprovechables, por tal motivo y bajo el marco de economía circular y gestión integral de los residuos sólidos, en este documento se plantearon dos escenarios de tratamiento biológico de esos residuos sólidos con el fin de aprovechar y valorizar su producto final.

Palabras clave: Residuos sólidos orgánicos, economía circular, central mayorista generación de residuos, Medellín, aprovechamiento de residuos.

ABSTRACT

One of the main environmental problems that require attention at a global level and demand collective actions for its control is the excessive generation of solid waste, its poor management and inadequate final disposal. Poor solid waste management is one of the main causes of environmental pollution and deterioration of the quality of renewable natural resources: water, soil, air. For this reason, society today demands actions to prevent, mitigate and compensate the environmental impacts caused by such mismanagement.

The loss of food along the supply chain has become a topic of great interest in the world, because it affects the food security of society. One of these links in the food distribution chain are the local supply centers, where significant amounts of food are lost daily especially due to lack of post-harvest protocols, (Vargas-Pineda et al., 2019). This food loss causes the generation of organic solid waste on a large scale due to the loss of its commercial value because of dents and physical deformations in the loading, transportation, unloading and distribution processes.

Based on the above, in the Aburrá Valley the Central Mayorista de Antioquia (CMA) is identified as a large generator of organic solid waste that is perfectly usable, for this reason and under the framework of circular economy and integrated management of solid waste, in this document two scenarios of biological treatment of these solid wastes were proposed in order to take advantage and value their final product.

Key words: Solid organic waste, circular economy, central wholesale waste generation, Medellin, waste utilization.

1. INTRODUCCIÓN

Según reportes de la FAO (2011), anualmente se desperdician 1.300 billones de toneladas de alimentos en el mundo, lo que representa el 33% de la oferta de alimentos disponible para consumo humano, de los cuales el 50% son productos hortofrutícolas, 30% cereales y 20% productos pecuarios (Marmolejo et al., 2010; Caicedo y Ibarra, 2016), por tal motivo es importante reincorpora estos alimentos desperdiciados a las cadenas productivas de alimentos, para trabajar así por la seguridad alimentaria y aprovechamiento de dichos alimentos desperdiciados.

La central Mayorista de Antioquia (CMA) como centro de abastecimiento de alimentos de nivel regional, no es ajena a esta problemática de perdida de alimentos y alta generación de residuos sólidos orgánicos.

En los últimos años, ha crecido notablemente el interés y la preocupación por prevenir y controlar la generación desmesurada e impactos ambientales ocasionados por los residuos sólidos, entre estos, los provenientes de los alimentos. “En muchos países de la región se utilizan los vertederos y/o botaderos a cielo abierto sin las debidas especificaciones técnicas; se continúa con la práctica de recolección sin clasificación y/o separación de los desechos desde el origen” (Sáez & Urdaneta, 2014, p. 122).

Según el banco mundial en su informe What a Waste 2.0 (Los desechos 2.0): *un*

panorama global de la gestión de residuos sólidos hasta 2050, en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales. Los países de ingreso mediano alto y los de ingreso alto proveen servicios casi universales de recolección de residuos, y más de la tercera parte de los desechos de los países de ingreso alto se recuperan a través del reciclado y el compostaje.

Según el PGIRS del Valle de Aburrá, dentro de su área metropolitana se estima una generación de 1.463 Toneladas/día de residuos sólidos orgánicos, de las cuales, la mayor proporción, representada por el 70%, ósea 1024.1 Toneladas/día se genera en la ciudad de Medellín donde se identifican 13 plazas de mercado, dentro de ella la Central Mayorista de Antioquia que genera diariamente una gran cantidad de residuos sólidos orgánicos de las cuales no se tiene claridad sobre su porcentaje de tratamiento y/o aprovechamiento.

1.1. Descripción del problema

El desperdicio de alimentos se refiere a la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores, (FAO, 2019)

El denominado "Índice de desperdicios de alimentos 2021" expone una cifra casi aterradora: en el año 2019, hubo 931 millones de toneladas de alimentos desperdiciados. Esto sugiere que el 17% de la producción total de alimentos en el mundo fue a parar a la basura, (BBC, 2021)

De acuerdo con la ONU, se estima que entre el 8 y el 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero están asociadas con comida que no se consume.

Las anteriores cifras permiten deducir que la comida desperdiciada principalmente en las centrales de abastecimiento y que termina dispuesta en rellenos sanitarios o el medio ambiente gracias a su mala gestión, es una de las causas importantes del calentamiento global por tal motivo es presenta importante entender sobre la gestión de los residuos sólidos en el mundo.

La central Mayorista de Antioquia no es ajena a la problemática anteriormente mencionada. Diariamente se producen aproximadamente 40 Toneladas de residuos sólidos orgánicos compuestos por frutas y verdura que demanda de una gestión integral de dichos residuos para aprovechar su potencial de transformación y reciclaje a las cadenas productivas.

1.2.Contexto de gestión de residuos sólidos a nivel global y nacional

Partiendo de que según el banco mundial en su informe *What a Waste 2.0* (Los desechos 2.0): *un panorama global de la gestión de residuos sólidos hasta 2050*, en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales. Los países de ingreso mediano alto y los de ingreso alto proveen servicios casi universales de recolección de residuos, y más de la tercera parte de los desechos de los países de ingreso alto se recuperan a través del reciclado y el compostaje. En los países de ingreso bajo se recoge alrededor del 48 % de los desechos en las ciudades, pero sólo el 26 %, en las zonas rurales, y se recicla tan sólo el 4 % a nivel nacional.

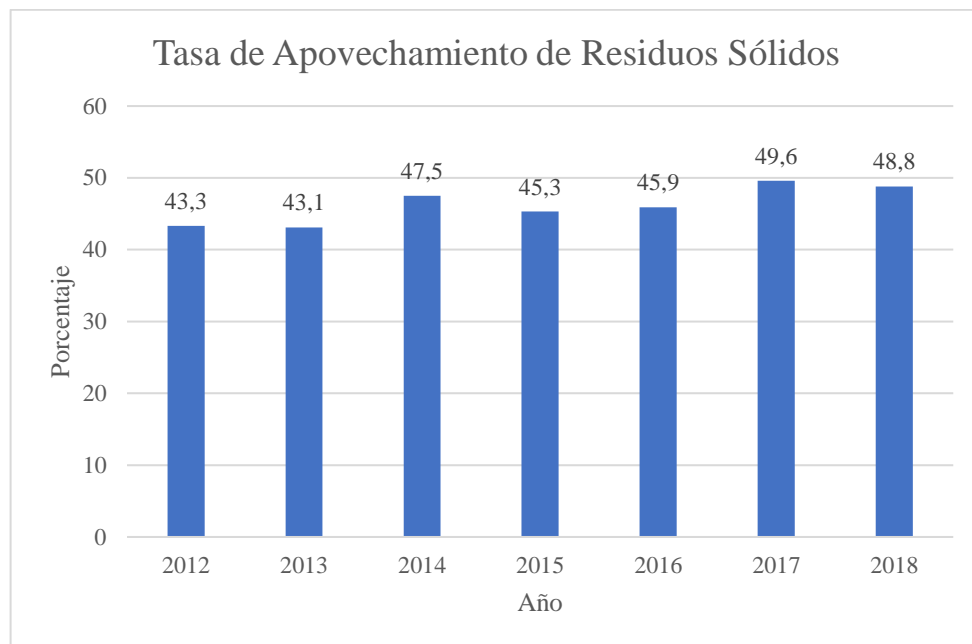
Debido a que las tasas de aprovechamiento de residuos sólidos son bastante bajas en comparación con las tasas de fabricación primaria, en el país actualmente se realizan múltiples esfuerzos por aumentar los índices de aprovechamiento de todo tipo de residuo

sólidos

En la actualidad Colombia cuenta con un estimado de 50.374.000 habitantes según los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). Y según el CONPES 3874 de 2016, Colombia presenta una generación aproximada de residuos sólidos de 13,8 millones de toneladas/año y una producción per cápita de 321 kilogramos/Hab-año. Dentro de las cuales solo se está reciclando el 17% y el 83% ingresa a los rellenos sanitarios.

En cuanto a generación de residuo sólidos de alimentos, con una oferta nacional disponible de alimentos de 28,5 millones de toneladas, en Colombia se pierden y se desperdician un total de 9,76 millones de toneladas, lo cual equivale al 34 % del total. En otras palabras, por cada 3 toneladas de producción se pierde o se desperdicia una tonelada (DNP, 2016).

Por otro lado, la siguiente grafica del Boletín Técnico, Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales – residuos sólidos (DANE) nos permite analizar los indicadores de residuos sólidos aprovechados de los residuos sólidos en el país en los años anteriores al 2018 hasta el 2012.



Gráfica 1: Tasa de Aprovechamiento de Residuos en Colombia

Fuente: Boletín Técnico, Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales – residuos sólidos (DANE)

De los 48,8% de residuos sólidos ofertados en el año de estudio, la tasa de reciclaje y nueva utilización fue de a 11,1% del total de residuos sólidos y productos residuales generados. Durante los 7 años inmediatamente anteriores al 2018 se presentó un promedio de 9,5% de residuos destinados a reciclaje y nueva reutilización.

En Colombia, Tomando como punto de partida la reglamentación de los esquemas de aprovechamiento (Decreto 596 de 2016), el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio apoyará la implementación de los esquemas operativos de aprovechamiento apuntándole a un incremento en la separación en la fuente y de la tasa de aprovechamiento a 2030. La meta de aprovechamiento propuesta es que 30% de los residuos generados sean efectivamente aprovechados por personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento (25% por organizaciones de recicladores formalizadas), (Compes 3874 de 2016).

2. JUSTIFICACIÓN

En coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (ONU) como lo son el ODS 6: Asegurar que todas las comunidades gocen de acceso a los servicios de agua y saneamiento, ODS 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, recipientes y sostenibles y ODS 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, el país se ha comprometido a establecer metodologías por medio de normas y políticas a nivel nacional que permitan la adopción de acciones que permitan el logro de cada uno de estos objetivos.

Este proyecto es de suma importancia ya que se pretenden implementar alternativas capaces de disminuir los impactos ambientales a través de tecnologías, entre ellas la elaboración de compostaje con los residuos que a diario se generan en **La Central Mayorista de Antioquia**, este tipo de soluciones le convendría a **La Central Mayorista** porque se disminuirían los costos de operación, generaríamos alternativas amigables con el medio ambiente, optimizando los residuos en unos subproductos que generen un valor agregado y pueda llegar a ser un modelo de negocio, muy lucrativo.

Creando alternativas de nuevos empleos en la elaboración bien sea de bioinsumos o comida para animales u otras actividades que pueden ser muy útiles no solo a la plaza de mercado sino también a los mismos agricultores obteniendo un abono 100% orgánico a muy bajos costos aportándole al suelo nutrientes únicos que quizás con los abonos químicos no pueda obtener. Cabe resaltar que jugaría un papel muy importante que el relleno sanitario La Pradera dejaría de recibir un valor aproximado de 40 toneladas de residuos diarios.

Luego de un seguimiento a los manejos de los residuos orgánicos que produce **La Central Mayorista de Antioquia**, se identificó que la misma presenta bastantes problemáticas ambientales por sus actividades económicas que se vienen realizando a diario en sus 970 locales comerciales, estas actividades traen consigo una producción de 40 toneladas de residuos orgánicos de la distribución de frutas, verduras entre otros enceres de la canasta familiar.

En la central Mayorista de Antioquia por hacer una disposición final de dichos residuos en el **relleno sanitario La Pradera**, asume unos costos bastante elevados que sobrepasan los 100 millones de pesos mensuales por disponer estos residuos en el relleno sanitario sin hacer un aprovechamiento de los mismos haciendo que la vida útil del relleno sanitario cada vez sea menor.

Lo que se pretende es plantear una planta de aprovechamiento de los residuos orgánicos de la **Central Mayorista de Antioquia** con fines de aprovechar en su totalidad sus residuos orgánicos, y transfórmalos en abonos 100% orgánicos que puedan ser distribuidos entre los mismos campesinos que producen los alimentos a muy bajos costo y así poder disminuir las cargas orgánicas de residuos que ingresan al **relleno sanitario La Pradera** a diario. Y así poder apuntarle a unas mejoras tanto en la plaza de mercado como en aportes positivos al planeta y a los cambios que nuestro planeta viene presentando por las actividades económicas que realizamos a diario.

El aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental. Por tal motivo, lo que se pretende es

implementar un modelo de negocio con alternativas ambientales capaces de disminuir los impactos negativos generados en **La Central Mayorista de Antioquia** en sus actividades económicas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Plantear un modelo de tratamiento- aprovechamiento de residuos orgánicos generados en La Central Mayoristas Antioquia.

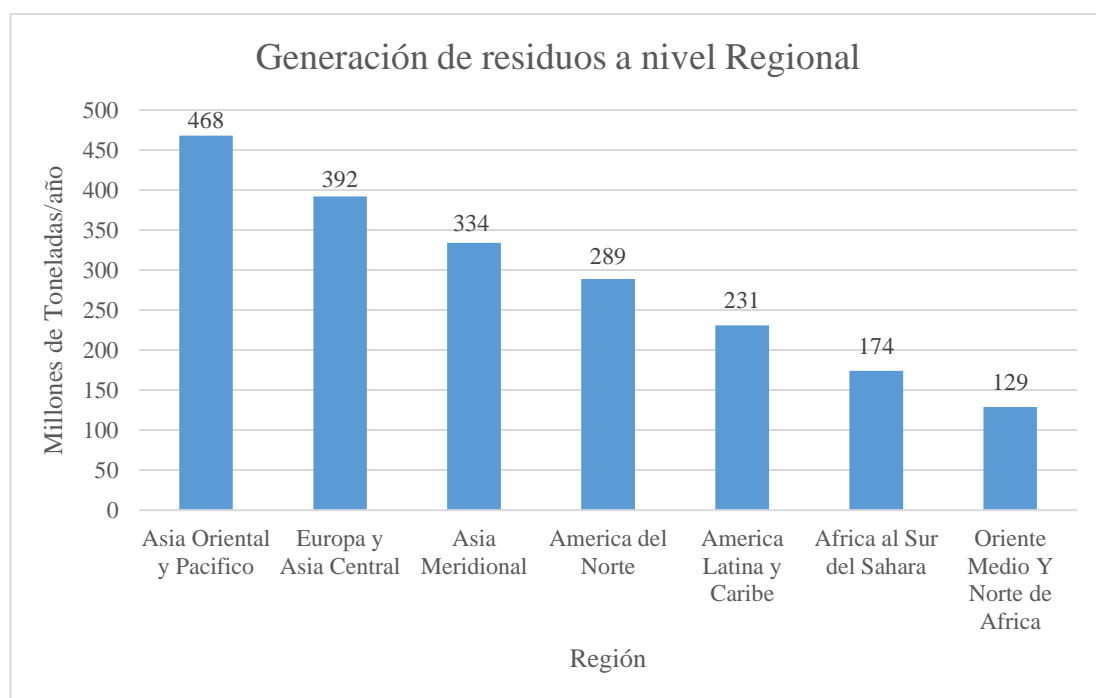
3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Analizar la línea base de la generación y gestión de residuos en la central mayorista de Antioquia.
- ✓ Plantear dos alternativas de tratamiento - aprovechamiento de los residuos orgánicos de La Central de Mayoristas de Antioquia.
- ✓ Hacer una comparativa de viabilidad técnica y operativa, beneficios ambientales y comercialización del material aprovechable para los dos escenarios de tratamiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Situación de los residuos sólidos a global nivel regional

La generación de los residuos sólidos en las diferentes regiones del mundo presenta el siguiente comportamiento.

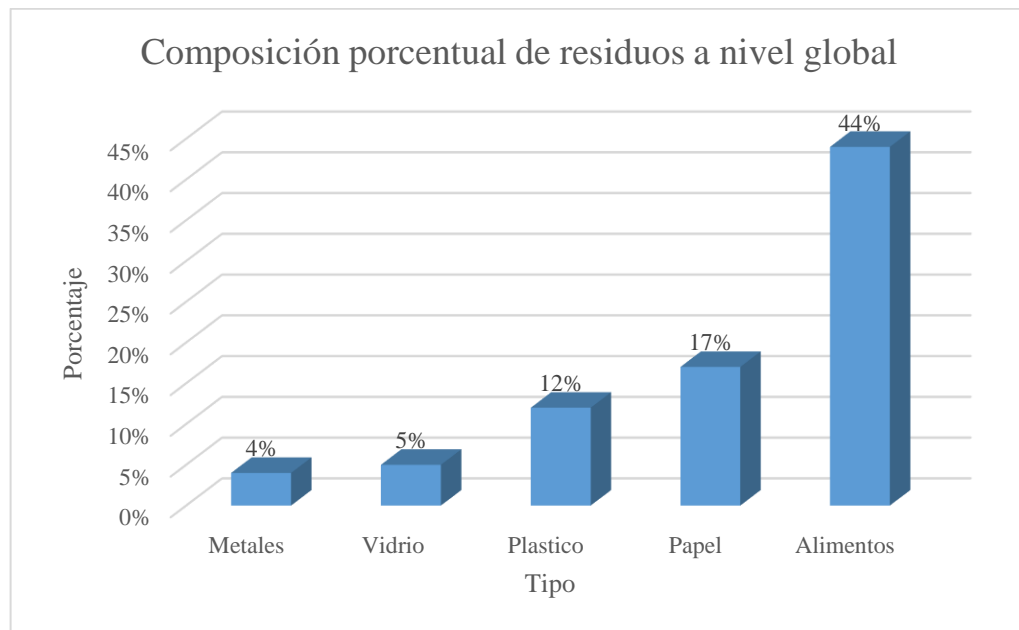


Gráfica 2: Generación de residuos sólidos en el mundo a nivel regional

Fuente: Elaboración Propia a partir de del informe del banco mundial What a Waste 2.0

La gráfica anterior, nos muestra el modelo de generación de los residuos sólidos en el mundo a nivel regional, destacándose Asia Oriental y Pacífico además de Europa y Asia Central como los mayores generadores de residuos sólidos a nivel global. Por otro lado, se observa a África como el menor generador de residuos sólidos, esto evidencia que los mayores valores de generación están relacionados con el desarrollo económico de la región y su número de habitantes.

Del mismo informe del Banco mundial, referente a la gestión de los residuos sólidos, se obtuvieron los siguientes datos de la composición porcentual de los residuos sólidos generados a nivel mundial, en donde los alimentos representan los posibles residuos sólidos compostables ya que no todos son óptimos para esta actividad.

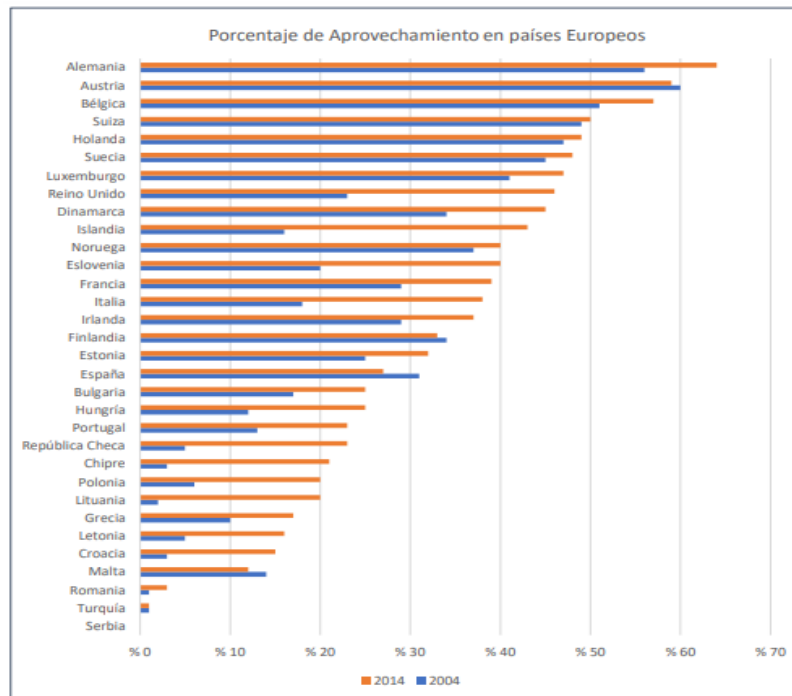


Gráfica 3: Composición porcentual de los residuos sólidos en el mundo
Fuente: Elaboración Propia a partir de del informe del banco mundial What a Waste 2.0

En lugares como Europa, donde se observan las mayores tasas de aprovechamiento de los residuos sólidos, uno de los éxitos de la política ambiental de es el incremento de la misma tasa de aprovechamiento de residuos sólidos municipales. Los países europeos lograron aprovechar un 33% de sus residuos orgánicos y reciclables en el 2014, comparado con el 23% en el 2004 (European Environment Agency, 2016a)

Durante los últimos 20 años, los distintos países del mundo han descubierto el valor del aprovechamiento como una parte integral de sus sistemas de gestión de residuos

sólidos, y han invertido en infraestructuras físicas para aprovechar sus residuos orgánicos y reciclables, además han destinado recursos en estrategias de comunicación para aumentar las tasas de aprovechamiento. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Acodal, 2017)



Gráfica 4: Porcentaje de reciclaje en países europeos para los años 2012 y 2014
Fuente: (European Environment Agency, 2016a).

Hablando de aprovechamiento en general, el 13,5 % de los desechos a nivel mundial se recicla y el 5,5 % se composta.

4.2. Contexto de Gestión de Residuos Sólidos a nivel Nacional

América Latina es la región que menos desperdicio de alimentos tiene, pero al mismo tiempo muestra el principal porcentaje de pérdidas en la fase de cultivo y cosecha. De hecho,

las cuestiones ambientales y técnicas podrían estar relacionadas con esta pérdida. En lo que respecta a la FAO (2013), en las fases de crecimiento y consumo, el desperdicio de alimentos se acerca al 28%. Las pérdidas en postcosecha se caracterizan por 22%, venta 16% y procesamiento 6%; en Colombia, en 2012 se desperdiciaron 1,4 millones de toneladas de frutas y verduras, (Martínez Z et al., 2014)

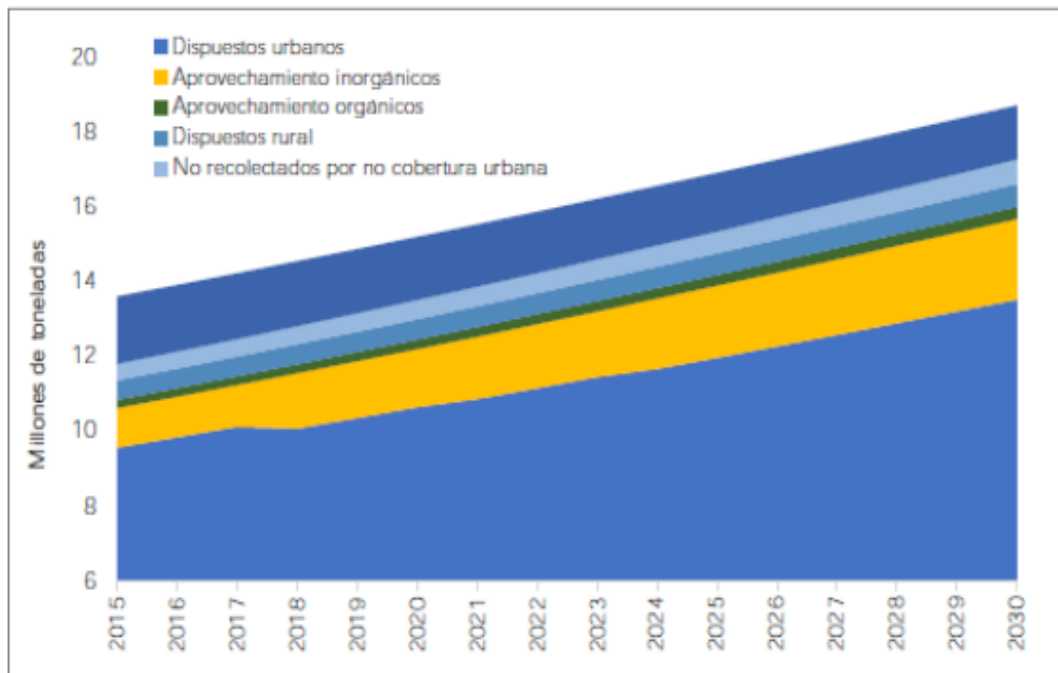
Tradicionalmente, en países en desarrollo ha predominado la disposición final de los biorresiduos, (Noguera, K. y Olivero, J, 2010), prácticas poco sostenibles y amigable con el medio ambiente debidos al generación de importantes impactos ambientales como la generación de gases de efecto invernadero, que es uno de los grandes responsables del cambio climático y la producción de lixiviados que al ser mal manejados, causan graves afectaciones negativas al medio deteriorando los recursos naturales.

A nivel nacional, Colombia ha adoptado las medidas propuestas internacionalmente que se relacionan con la toma de acciones para brindar un ambiente sano a la sociedad y velar por la sostenibilidad global, partiendo desde las acciones nacionales y regionales. De esta manera el país por medio de mecanismos legislativos como la Resolución 754 de 2014 que dicta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los planes de gestión integral de residuo sólidos que debe ser adoptada por todas las municipalidades y entidades territoriales.

Adicionalmente, el CONPES 3847 de 2016 o llamada Política Nacional Para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, como política nacional, busca el paso de la economía lineal practicada anterior y mayoritariamente en el país a un modelo económico circular y sostenible, en donde realice una mejor gestión integral de los residuos sólidos

generados en todo el territorio nacional, permitiendo así la inclusión las actividades de separación en la fuente, aprovechamiento, tratamiento y reciclaje de los residuos sólidos, aumentando así la vida útil de los materiales que pueden servir como materias primas para la fabricación de otros o como insumos agrícolas en el caso de los orgánicos tratados, para disminuir así los valores de residuos sólidos dispuestos en botaderos y rellenos sanitarios.

El siguiente gráfico realizado por la Dirección Nacional de Planeación & Banco Mundial nos muestra las proyecciones de la generación de los residuos sólidos y su aprovechamiento, disposición final y los no recolectados en a nivel nacional hasta el año 2030.



Gráfica 5: Proyección de generación y gestión de residuos en las zonas urbanas y rurales en el país para el año 2030

Fuente: (Dirección Nacional de Planeación & Banco Mundial, 2014)

4.3. Análisis de impactos ambientales en rellenos sanitarios

Un relleno sanitario es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final (Decreto 1713 de 2002).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos técnicos para realizar una disposición final controlada de los residuos sólidos, la operación de estos rellenos sanitarios provoca una serie de aspectos e impactos ambientales negativos que afectan el medio ambiente.

Esta técnica empleada para la eliminación de los residuos sólidos en Colombia, logra mitigar y prevenir algunos impactos ambientales, pero hablando en términos de gestión responsable de los residuos sólidos y tomando como ejemplo países europeos como Holanda que logra más del 90% de aprovechamiento de sus residuos sólidos, en la actualidad existen muchas tecnologías que permiten una mejor gestión integral de los residuos en donde el uso de los rellenos sanitarios se reduzca de manera significativa.

A continuación se presentan algunos de los aspectos e impactos ambientales más significativos producidos por las actividades llevadas a cabo en los rellenos sanitarios.

Actividad	Descripción	Aspecto	Impacto
Operación	Transporte de residuos sólidos	Generación de gases de efecto invernadero	Deterioro de la calidad del aire
Operación	Disposición final de residuos sólidos	Generación de lixiviados	Deterioro de la calidad del aire, suelo y aguas.

Operación	Vertido y compactación de los residuos sólidos	Sobrepresión al suelo	Alteración de la geomorfología del suelo.
Operación	Operación cotidiana y descomposición de los residuos sólidos dispuestos	Generación de gases de efecto invernadero	Deterioro de la calidad del aire
Operación	Operación cotidiana y descomposición de los residuos sólidos dispuestos	Generación de olores ofensivos	Deterioro de la calidad del aire
Tratamiento de lixiviados	Tratamiento de los lixiviados en PTAR	Vertimiento	Alteración de la calidad del agua
Actividades administrativas y de oficinas	Actividades cotidianas	Consumo del recurso agua	Agotamiento del recurso
Actividades administrativas y de oficinas	Actividades cotidianas	Consumo de la energía	Agotamiento del recurso
Actividades administrativas y de oficinas	Actividades cotidianas	Generación de residuos sólidos	Generación de residuos sólidos
Actividades administrativas y de oficinas	Actividades cotidianas	Generación de vertimientos	Alteración de la calidad el agua

Tabla 1: Identificación de aspectos e impactos ambientales generados por los rellenos sanitarios
Fuente: Propia

4.4. Definición de gestión integral de residuos sólidos

La gestión integral de los residuos sólidos es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el

tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables. (Decreto 2981 de 2013, artículo 2°).



Ilustración 1: Esquema de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Fuente: <https://noti.fla.com.co/uncategorized/programa-de-manejo-integral-de-residuos-solidos/>

4.5. Estrategia nacional economía circular

O CONPES 3874 de 2016 es la estrategia nacional para dar paso del modelo económico lineal, que está compuesto por el consumo de la materia prima, la generación de los residuos sólidos y posterior disposición final de los mismos.

Como respuesta a las grandes iniciativas internacionales como los objetivos de desarrollo sostenible y el ingreso de Colombia a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en el año 2016, el país en su compromiso con aportar al desarrollo sostenible del planeta, adopta las medidas impulsadas internacionalmente para realizar una gestión de los residuos sólidos bajo el marco de sostenibilidad, creando de esta manera el CONPES 3874 de 2016 o también llamada política nacional de la economía circular, en

donde se adoptan medidas que garanticen el desarrollo económico nacional, enfocándose en una gestión integral de los residuo sólidos que comprende su generación, separación en la fuente, recolección, transferencia y transporte, aprovechamiento, tratamiento y por ultimo su disposición final

4.6. Tecnologías de tratamiento de orgánicos

4.6.1. Compostaje

Proceso aerobio de degradación de materia orgánica, con aumento de temperatura de forma controlada; se realiza por acción de microorganismos en presencia de aire para generar el abono orgánico llamado compost, (UAESP,sf)



Ilustración 2: Ciclo del aprovechamiento de residuos orgánicos
Fuente: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)

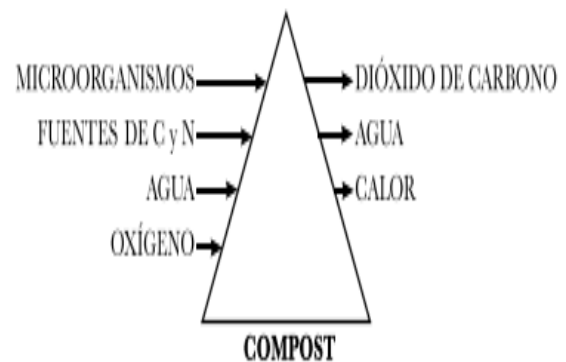


Ilustración 3: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)
Fuente: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)

Materiales compostables

Para obtener un buen compost lo mejor es utilizar una gran variedad de materiales. Cuanto más triturados estén, más rápido obtendremos el compost. Toda la materia introducida debe ser orgánica. Es recomendable mezclar materiales de rápida descomposición con los de lenta. (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino de España, 2016). Los materiales susceptibles de ser compostados son:

Materiales de rápida descomposición

- Hojas frescas
- Restos de la siega de césped
- Estiércol de animales de corral
- Malezas jóvenes

Materiales de descomposición lenta

- Pedazos de fruta y verdura
- Bolsas de infusiones y posos de café
- Paja y heno viejo
- Restos de plantas
- Estiércoles pajizos (caballos, burros y vacas)
- Flores viejas y plantas de macetas
- Desbroces de estos jóvenes
- Malezas perennes

- Lechos de hámster, conejos y otros animales domésticos (herbívoros)

Descomposición muy lenta

- Hojas de otoño
- Desbroces de setos duros
- Ramas podadas
- Serrín y virutas de madera no tratada
- Cáscaras de huevo
- Cáscaras de frutos secos
- Lanas e hilos naturales
- Pelos y plumas
- Huesos de frutos (melocotón, aguacate, aceitunas, etc.)

Proceso de compostaje

El proceso de compostaje consiste en la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos.

El proceso de descomposición natural de la materia orgánica de aproximadamente 6 u 8 meses y dentro de este proceso se distingue las siguientes fases.

Fase de latencia y crecimiento

Se trata del período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y colonización de los residuos. Esta fase viene durando de dos a cuatro

días y, se inicia con la degradación por parte de las bacterias de los elementos más biodegradables. Como consecuencia de la acción de estas primeras bacterias mesófilas (Actúan a temperaturas medias, aproximadamente hasta 50° C) se comienza a calentar la pila de residuo y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la materia vegetal.

Fase termófila

Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno o dos meses en sistemas de fermentación lenta.

Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos). Estos organismos actúan a temperaturas mayores (entre 60 y 70° C), produciendo una rápida degradación de la materia. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

Fase de maduración

Es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 3 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del

residuo.

Parámetros del proceso de compostaje

Considerando que, en el proceso de compostaje, los responsables o agentes de la transformación son seres vivos, todos aquellos factores que puedan limitar su vida y desarrollo, limitarán también al propio proceso.

Los factores que intervienen son complejos, pero se pueden señalar como importantes la temperatura, la humedad y la aireación.

Temperatura

Como se comentó anteriormente, en cada fase del proceso intervienen una serie de microorganismos, cada uno de ellos con un rango de temperatura diferente. o Fase de latencia y crecimiento: 15-45° C o Fase termófila: 45-70° C o Fase de maduración: inferior a los 40° C.



Gráfica 6: Fases térmicas del proceso de compostaje

Fuente: Manual del Compostaje del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España

Humedad

Este factor es indispensable para los microorganismos, ya que el agua es el medio en el que viven, se desplazan y se alimentan.

En la práctica del compostaje, siempre se ha de evitar una humedad elevada porque desplazaría al oxígeno y, en consecuencia, el proceso pararía a ser anaeróbico (ausencia de aire) o, lo que es lo mismo, una putrefacción.

Por otra parte, si la cantidad de humedad de la pila de residuo es baja, se produce la disminución de la actividad de los microorganismos y en consecuencia el proceso se retrasa. Hemos de tener en cuenta, que el propio calor generado en el proceso provoca la disminución de la humedad.

Consideramos como niveles óptimos, humedades del 40 al 60%, dependiendo de la mezcla de materiales más o menos fibrosos del contenido de la pila.

Aireación

El oxígeno es fundamental para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Por ello, el aporte de aire en todo momento debe ser idóneo para mantener la actividad microbiana, sin que aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de olores y a un producto de inferior calidad.

Para que no se inicie el proceso anaeróbico, debe superarse un mínimo del 10% de aireación. Por ello es importante controlar los materiales introducidos en la pila, ya que,

muchos de los restos vegetales, en especial el césped, tienden a apelmazarse y provocar putrefacciones (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, sf).

Beneficios del Compostaje

- Realizado a partir de residuos sólidos orgánicos como materia prima, por lo cual, se garantiza una oferta continua de esta.
- Disminuye los impactos ambientales ocasionados por la mala gestión de los residuos sólidos evitando la disposición final de una gran parte de estos.
- Valorización del producto final, para la realización de proyectos agrícolas debido al uso de compost como fertilizante del suelo 100% orgánico.
- Ayuda a la recuperación de los suelos degradados.
- Bajo uso y coste de energía eléctrica para su operación.
- El compost mejora propiedades del suelo como su estructura, capacidad hídrica y de drenaje, además de incrementar su contenido de materia orgánica y poblaciones de microorganismos. El compost mejora propiedades del suelo como su estructura, capacidad hídrica y de drenaje, además de incrementar su contenido de materia orgánica y poblaciones de microorganismos (Antil & Raj, 2012; Insam, Franke-Whittle, & Goberna, 2009; Termorshuizen, Moolenaar, Veeken, & Blok, 2004; Xu et al., 2012)
- El compost, además incrementa la calidad y productividad de plantas porque incrementa la resistencia contra microorganismos patógenos.
- Es una tecnología que requiere de costos de inversión bajos al compararse con otras tecnologías de tratamiento y disposición final.

5.3.2. Biometanización o Digestión Anaerobia

La biometanización o digestión anaerobia es un proceso biológico que, en ausencia de oxígeno y a lo largo de varias etapas en las que intervienen una población heterogénea de microorganismos, permite transformar la fracción más degradable de la materia orgánica en biogás, una mezcla de gases formada principalmente por metano y dióxido de carbono y por otros gases en menor proporción (vapor de agua, CO, N₂, H₂, H₂S,...), (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2013).

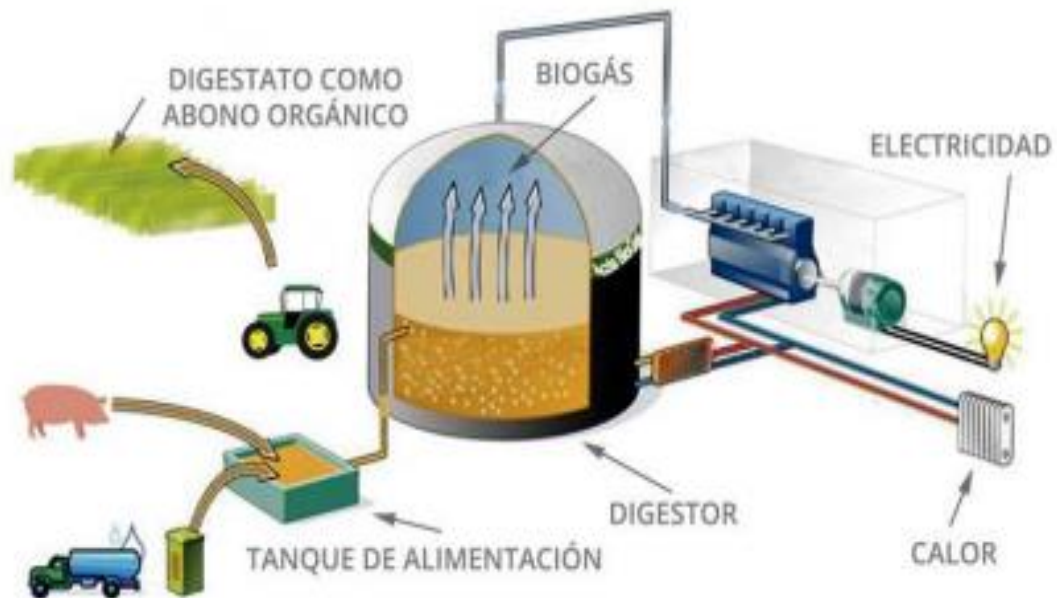


Ilustración 4 : Esquema de planta de tratamiento biológico de los residuos (biometanización)

Fuente: www.gruposanchiz.es

En la digestión anaerobia se desarrollan múltiples etapas en las que intervienen especies microbianas especializadas, anaerobias estrictas y facultativas, que se caracterizan por presentar cinéticas y exigencias muy distintas que precisan de un estricto control para evitar el colapso del proceso, (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2013).

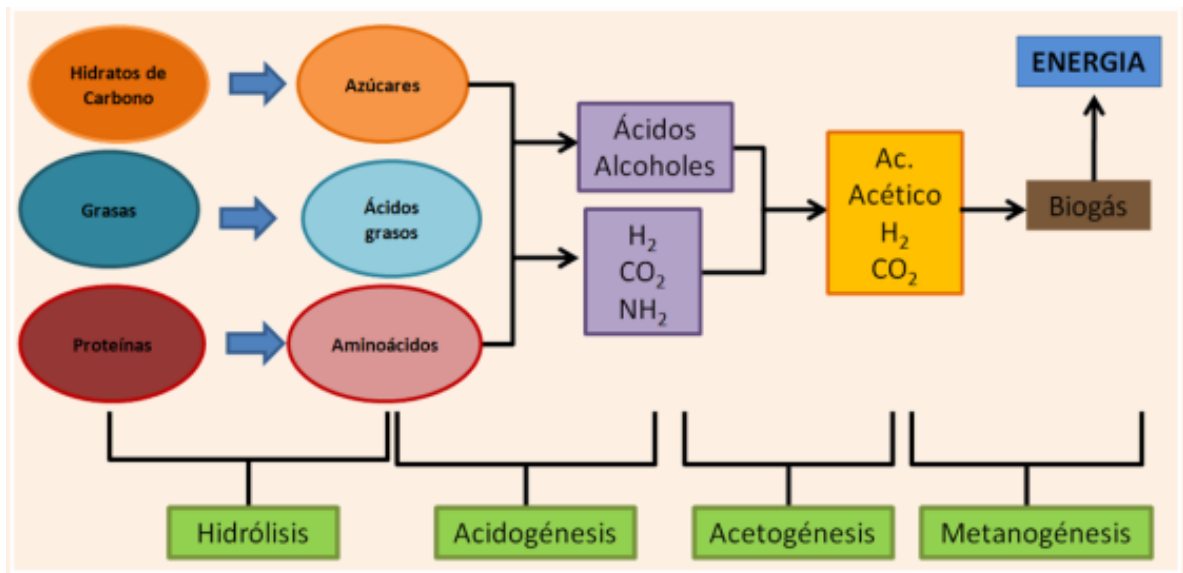


Ilustración 5: Esquema simplificado de las bases de la digestión anaerobia
Fuente: Soliva 2011.

En la digestión, debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión, se acostumbra a preferir el sistema de reactores de tanque agitados, aunque también existen instalaciones con reactores que utilizan el sistema de flujo-pistón. En los diagramas de flujo de las plantas de biometanización de los residuos de competencia municipal (Figura 36 y Figura 37) se encuentran fundamentalmente las etapas de:

Selección, más o menos compleja según el origen de los residuos de competencia municipal y el tipo de recogida establecido, y que coincide con la realizada en las instalaciones de compostaje.

- **Acondicionamiento** del material para su digestión (reducción de su granulometría, ajuste del contenido en sólidos totales, mezcla con efluente recirculado, etc.).
- **Digestión** anaerobia.
- **Deshidratación**, separación de fases líquida/sólida.
- **Tratamiento de la fracción líquida** del digerido y de otras aguas residuales

generadas.

- **Estabilización** aerobia de la fracción sólida del digerido.
- **Recogida y aprovechamiento del biogás** producido que puede ser utilizado para la cogeneración de calor y electricidad, además de poderse purificar e inyectar en la red de distribución de gas o ser utilizado en vehículos, (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2013).

La digestión anaerobia, en condiciones óptimas, tiene un balance energético más favorable que el compostaje, pero es más costosa.

5. METODOLOGÍA

El desarrollo de los objetivos del proyecto, se realizan partiendo de la revisión bibliográfica de la resolución 754 de 2014, de donde se tomaran los aspectos aplicables para realizar el Análisis de línea base de la generación y gestión de residuos en la central mayorista de Antioquia, obteniendo así una pequeña adaptación de una tabla de parámetros que resume y determine de forma sencilla los aspectos más importantes sobre la gestión de los residuos sólidos de la CMA además de la formulación un de un árbol de problemas que identifique la problemática enfrentada por la plaza de mercado en relación con esa generación de orgánicos.

Por otro lado, sobre la gestión de los residuos sólidos, se evaluará si se realiza bajo el marco de desarrollo sostenible y gestión integral de los mismos, por medio de visitas técnicas y levantamiento de información en campo en donde se evalúa como es la gestión

de los residuos conformada con las 9 actividades de la prestación del servicio público de ase, si estos cumplen con las obligaciones según la norma como generadores y el cumplimiento de lo aplicable en el decreto 2891 de 2013.

Para plantear los dos escenarios de tratamiento - aprovechamiento de los residuos orgánicos de La Central de Mayoristas de Antioquia (CMA), se tienen en cuenta los estudios de costo beneficio realizado para la mejor opción elegida, de manera que la realización de estas actividades genere una valorización para el producto final obtenido, teniendo en cuenta además la facilidad operativa de la planta de tratamiento-aprovechamiento planteada.

Para realizar la comparación técnica, económica, ambiental y social de la línea base con el tipo de aprovechamiento elegido, se realiza una tabla comparativa que determine de manera puntal que sistema de tratamiento biológico se adapta mejor a las necesidades de la Central Mayorista de Antioquia.

6. RESULTADOS

6.1. Análisis de línea base de la generación y gestión de los residuos sólidos

6.1.1. Generalidades del Valle de Aburrá

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una entidad administrativa de derecho público que asocia a los 10 municipios que conforman el Valle de Aburrá: Medellín es la ciudad núcleo, alrededor de la cual están conurbados los municipios de Barbosa, Girardota,

Copacabana, Bello, Itagüí, Sabaneta, Envigado, La Estrella y Caldas; vinculados entre sí por dinámicas e interrelaciones territoriales, ambientales, económicas, sociales, demográficas, culturales y tecnológicas que para la programación y coordinación de su desarrollo sustentable, desarrollo humano, ordenamiento territorial y racional prestación de servicios públicos requieren un ente coordinador, (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, sf).

Localización

El Valle de Aburra se encuentra enmarcada geográficamente dentro de un polígono cuyas coordenadas oscilan verticalmente entre los 5° 58' 30,0" y los 6° 30' 46,8" de Latitud Norte, y horizontalmente entre los 75° 43' 15,6" y los 75° 13' 15,7" de Longitud Oeste, (PGIRS-R, 2017)

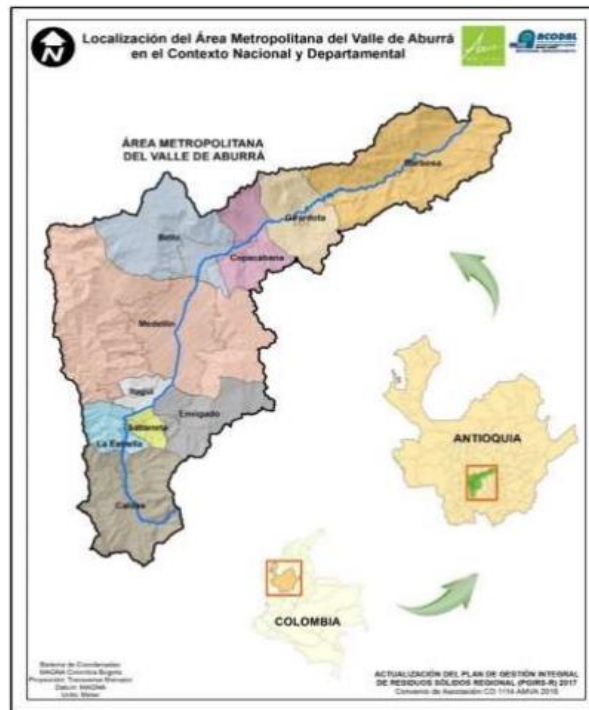


Ilustración 6: Localización del Área Metropolitana del Valle de Aburra en el Contexto Nacional y Departamental

Fuente: PGIRS-R 2017 del Valle de Aburrá

Área

Ubicada en la Cordillera Central, el valle de Aburrá cuenta con una extensión de 1.165,5 km² con una longitud aproximada de 60 kilómetros y una amplitud variable.

División política

El Área metropolitana, está conformada por los siguientes 10 municipios del departamento de Antioquia:

- Medellín
- Barbosa
- Bello
- Caldas
- Copacabana
- Envigado
- Girardota
- Itagüí
- La Estrella
- Sabaneta

Límites Geográficos

Limita por el Norte con los municipios de San Jerónimo, San Pedro de los Milagros y Don

Matías, al Oriente con Concepción, Guarne, San Vicente, Rio Negro y El Retiro, al Sur con Fredonia, Santa Bárbara y Montebello y por último al Occidente con Amagá, Angeopolis, Heliconia y Ebenjico.

Población

Según las proyecciones poblacionales del Departamento Administrativo de Estadísticas (DANE) el Área Metropolitana actualmente tiene aproximadamente 4.367.015 habitantes.

Generación de residuos sólidos (Valle de Aburrá)

Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional PGIRS-R 2017-2030 del Valle de Aburrá, para el año 2015 se generaban 101.767 Toneladas mensuales de residuos

El PGIRS del Valle de Aburrá dentro de la caracterización de los residuos sólidos, determina que la composición física porcentual del sector residencial es la siguiente.

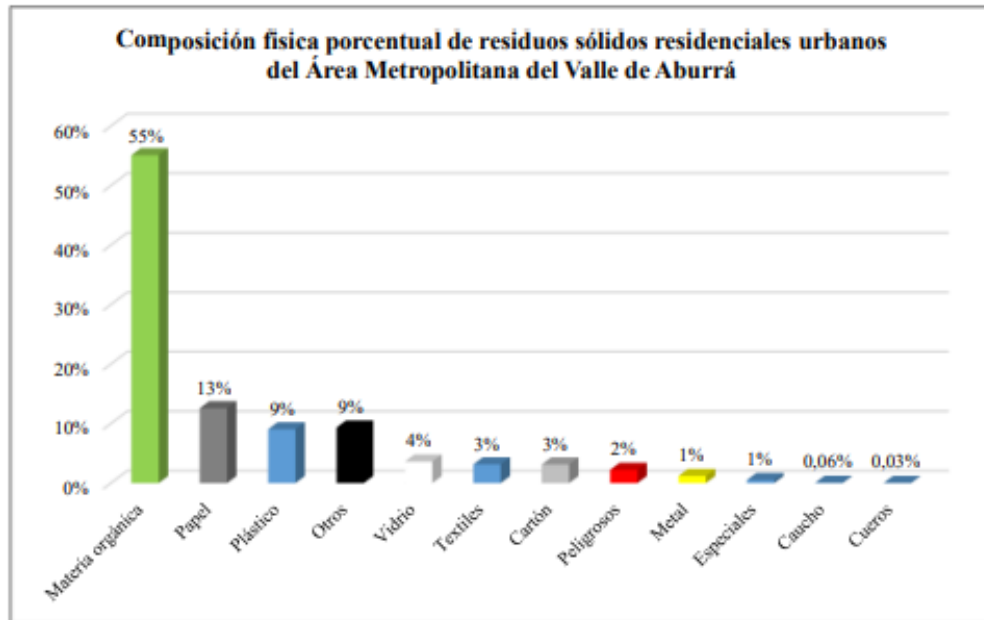
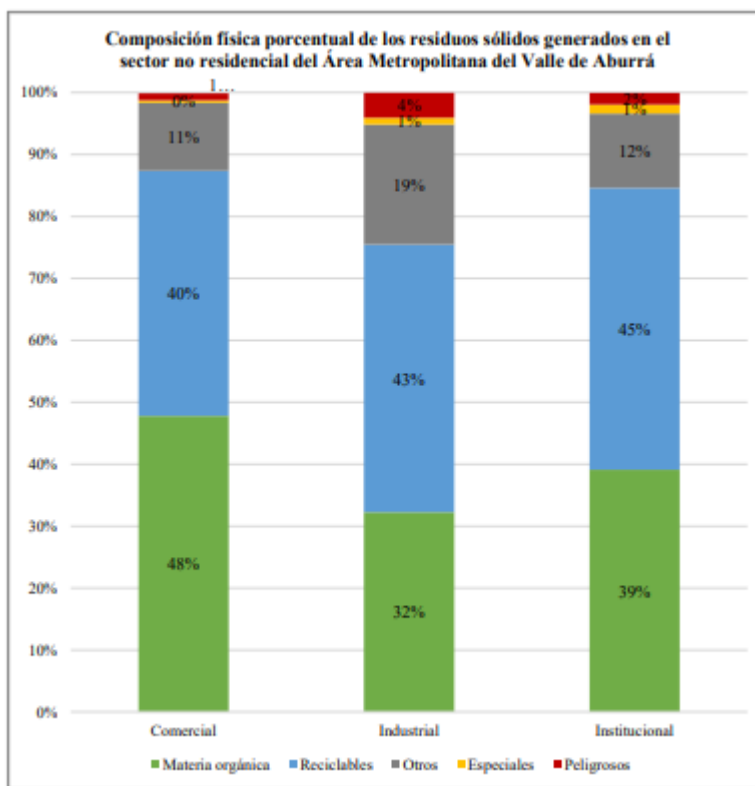


Ilustración 7: Composición física porcentual del sector residencial urbano de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente: (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

El PGIRS del Valle de Aburrá dentro de la caracterización de los residuos sólidos, determina que la composición física porcentual de los sectores no residenciales, conformados por el sector industrial, institucional y comercial es la siguiente expuesta en la gráfica N° 6.



Gráfica 7: Composición física porcentual no residencial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente: PGIRS (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017-2030).

Aprovechamiento y Disposición final (Valle de Aburrá)

Según el PGIRS-R 2017-2030 del Valle de Aburrá para el año 2015, de las 3.356 Toneladas diarias que se generaban, 1.463 Toneladas/día correspondían a los orgánicos que equivalían al 44% de la generación total, sin embargo, se aprovechaban 216 Toneladas/día de residuos orgánicos, equivalentes al 6% de la generación total, por otro lado, se estimaba una generación de residuos reciclables de 987 Toneladas/día equivalente al 29% de la generación total pero según los reportes encontrados, se aprovechaban solamente 496 Toneladas/día, equivalentes al 15% de la generación total de residuos.

Las demás 2.643 Toneladas de residuos sólidos que equivalían al 79% del total generado

en el Valle de Aburrá, donde cabe resaltar que muchas de estas tenían potencial de aprovechamiento son llevadas a disposición final en el relleno sanitario La Pradera.



Gráfica 8: Distribución de la gestión de los residuos en el Valle de Aburrá, Año 2015
Fuente: Equipo técnico PGIRS-R 2017-2030

6.1.2. Gestión de Residuos Sólidos en la Central Mayorista de Antioquia

Generalidades de la CMA

La Central Mayorista de Antioquia comienza desde 1969, como respuesta de la administración municipal al problema urbanístico y social que se generó en el sector de Guayaquil, con los tradicionales negocios de la zona. Es así como este centro de comercio inicia sus operaciones en abril de 1971 con 180 locales, ubicados en 3 bloques (Central Mayorista de Antioquia, 2010). En la imagen número 2, se puede observar una fotografía de la primera central.



Ilustración 8: Fotografía CMA, año 1925
Fuente: Pagina web de la Central Mayorista de Antioquia

Según la información de la página web de la Central Mayorista de Antioquia, está actualmente, es el centro de abastecimiento agroalimentario más importante del noroccidente colombiano, con un área total de 288.000m², Brindando sus servicios a más de 60 mil personas diarias, quienes durante más de 44 años ha sido beneficiarios de los alimentos comercializados en la plaza de mercado.

Aproximadamente, 15 mil personas trabajan en la Mayorista, 1.500 comerciantes (distribuidos en 29 bloques construidos), todos ellos unidos a empleados, trabajadores de carga, dependientes, entre otros, (Central Mayorista de Antioquia, sf).

9 mil toneladas de alimentos se ofrecen diariamente con la frescura inigualable del campo, lo que ha hecho que este centro de abasto tenga una oferta comercial completa en productos y en servicios complementarios, (Central Mayorista de Antioquia, sf).



Ilustración 9: Central Mayorista de Antioquia
Fuente: Pagina web, Central Mayorista de Antioquia

Ubicación

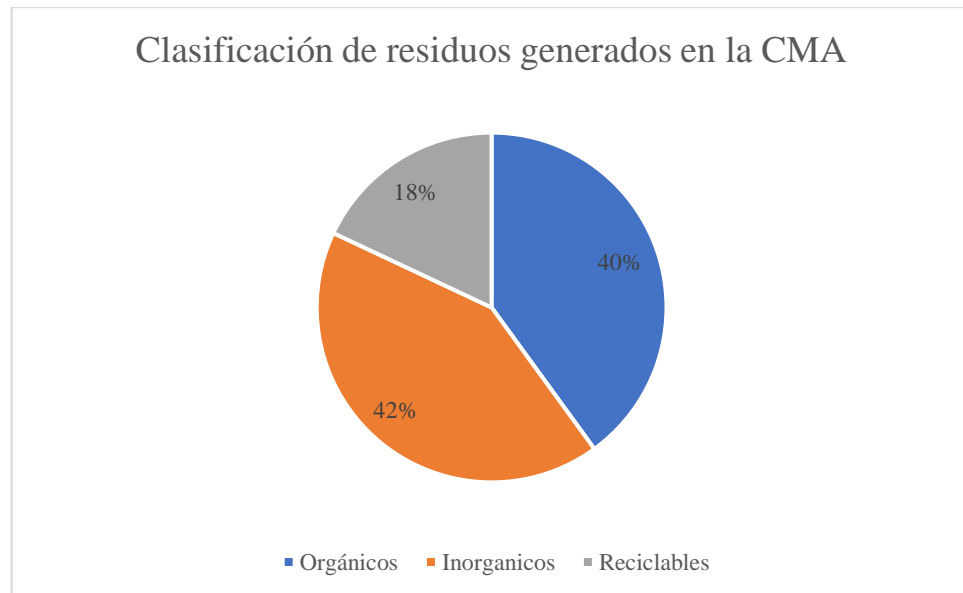
La central mayorista de Antioquia, se encuentra ubicada sobre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, exactamente en el municipio de Itagüí en la Calle 85 #48 - 01



Ilustración 10: Ubicación de la CMA en el Valle de Aburrá
Fuente: Google Maps

Generación de Residuos Sólidos (CMA)

Según el Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos de la central Mayorista de Antioquia (CMA), clasificada como un generador o productor, para el año 2018, la plaza de mercado presentaba una generación de residuos sólidos de aproximadamente 82m³/días divididos de la siguiente manera.



Gráfica 9: Composición porcentual de los residuos sólidos de la CMA
Fuente: Elaboración propia

Esta información que se logra recaudar nos muestra claramente que el 40% de los residuos son orgánicos y un 60% son inorgánico, del cual son aprovechables un 30% de los inorgánicos el otro 30% son puestos a disposición final en rellenos sanitarios botaderos a cielo abierto entre otros.

Según Julián Augusto Salazar, supervisor de la Central Mayorista de Antioquia, en esta actualmente se generan aproximadamente 40 toneladas diarias de residuos orgánicos compuestos solo de restos de frutas y verduras.

Sistema de Aseo Interno

Realizado por la cooperativa Cootrama, el sistema de aseo interno de la plaza de mercado, está conformado por las actividades de:

- Barrido y limpieza
- Recolección y transporte
- Almacenamiento de los residuos
- Lavado de Bloques y canecas
- Separación de residuos
- Mantenimiento de jardines y poda césped

La recolección y transporte de los residuos sólidos es realizada con frecuencia diaria en un horario de 6:00am a 8:30pm por parte de los operarios de Cootrama, haciendo uso de un tractor como mecanismo de tracción de dos vagones que cuentan con las especificaciones técnicas aplicables del Artículo 37 del Decreto 2891 de 2013. Además, se realiza haciendo uso de canecas que también cumplen la normativa ya expuesta.



Ilustración 11: Canecas, y vehículo de recolección de residuos sólidos internos de la CMA

Fuente: Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos, Central Mayorista de Antioquia

El lugar de almacenamiento, también llamado estación ambiental, hacia donde son llevados los residuos recolectados internamente de todos los bloques de la plaza de mercado CMA, cuenta con sus respectivas características técnicas requeridas de cerramiento para evitar la presencia de roedores y vectores de enfermedades, pisos lisos entre otros. Aquí se almacenan los residuos en canecas hasta el momento de entrega a la empresa del servicio público de aseo Enviaseo que se encarga de la recolección diaria y transporte de los residuos hasta el relleno sanitario para su disposición final.



Ilustración 12: Lugar de almacenamiento de residuos sólidos, Central Mayorista de Antioquia
Fuente: Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos

Por otro lado, algunos estos residuos son entregados a terceros que realizan actividades de tratamiento biológico a los orgánicos o aprovechamiento para los reciclables.

Según la información recolectada de la central Mayorista de Antioquia otorgada por el señor Julián Augusto Salazar Muños coordinador de seguridad de **La Central Mayorista** nos indica que la plaza desde su fundación en el año 1971 siempre ha pagado cantidades de dinero muy elevados por hacer una disposición final de estos residuos.

Sin haber proyectos propios que apunten a hacer un tratamiento biológico de los mismos, La Central Mayorista de Antioquia se ha encargado pagar aproximadamente entre 100 y 110 millones de pesos mensuales a la empresa prestadora del servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos Enviaseo.

Actualmente, en la Central Mayorista de Antioquia se generan aproximadamente 40 Toneladas diarias de residuos sólidos orgánicos compuestos por restos de frutas y verduras que son perfectamente aptos para el sometimiento a cualquier tratamiento

biológico. Cabe resaltar, que en las instalaciones de la plaza de mercado, se realiza la actividad de separación en la fuente de manera previa a la entrega de los residuos s Enviaseo.

Es importante resaltar que desde las directivas de la plaza de mercado, no se tiene claridad sobre la gestión externa de los residuos sólidos entregados a Enviaseo, pero por medio de averiguaciones se pudo determinar que la empresa medellinense Gestión y Desarrollo Ambiental (GDA), realiza la actividad de tratamiento biológico (Compostaje) a algunos de los residuos generados en la CMA. Así se evidencia una pérdida de la oportunidad de tratamiento de los residuos orgánicos para su valorización y aprovechamiento en actividades de agricultura que están estrechamente relacionadas con las actividades económicas de la central Mayorista.

En coherencia con el Plan de Manejo Integral de Residuos sólidos de la Central Mayorista de Antioquia y su propuesta de acciones de aprovechamiento a futuro en donde se destacan el Compostaje y la Lumbricultura, se hace necesario evaluar qué sistema de tratamiento biológico, se adapta mejor a las necesidades de la plaza de mercado teniendo en cuenta además, el alto flujo de residuos sólidos de la misma.

Tabla de Parámetros

Al realizar el análisis de la resolución 754 de 2014, de donde se realizó la adaptación de una pequeña tabla de parámetros que ayudara a un fácil entendimiento de la situación o diagnóstico sobre los residuos sólidos orgánicos de la Centra Mayorista de Antioquia, se obtuvieron los siguientes resultados en donde se destaca la generación de los residuos,

identificación del prestador de servicio de recolección, transporte y demás actividades de gestión, se obtuvo la siguiente tabla de parámetros.

Aspecto	Parámetro	Unidad	Resultado
Generación	Cantidad de residuos sólidos Orgánicos Compostables	Toneladas/mes	1.200 Ton/mes
	Caracterización (Composición física porcentual de los residuos generados)	%	Organicos :40% Inorgánicos: 42%, Reciclables: 18%
Recolección y Transporte	Costo de recolección y transporte de los residuos sólidos	\$	\$100.000.000 a \$ 110.000.000
	Prestador del servicio público de aseo a la CMA	N/A	Enviaseo
	Frecuencia de Recolección	Días/Semana	7
Tratamiento y/o Aprovechamiento	Aprovechamiento de Residuos sólidos en el último año	Tonelada/Día	Sin registro
	Empresa que realiza el aprovechamiento y/o Tratamiento de los residuos sólidos	N/A	Gestión y Desarrollo Ambiental (GDA) y terceros
Disposición Final	Toneladas mensuales dispuestas en relleno sanitario	Toneladas/mes	Sin registro

Tabla 2: Tabla de parámetros de la gestión integral de residuos sólidos de la Central Mayorista de Antioquia

Fuente: Elaboración propia

Árbol de Problemas

Partiendo del análisis de la tabla de parámetros que nos permite entender en primera instancia sobre la generación y costos de recolección y transporte de los residuos

orgánicos de la plaza de mercado, se formula el siguiente árbol de problemas.

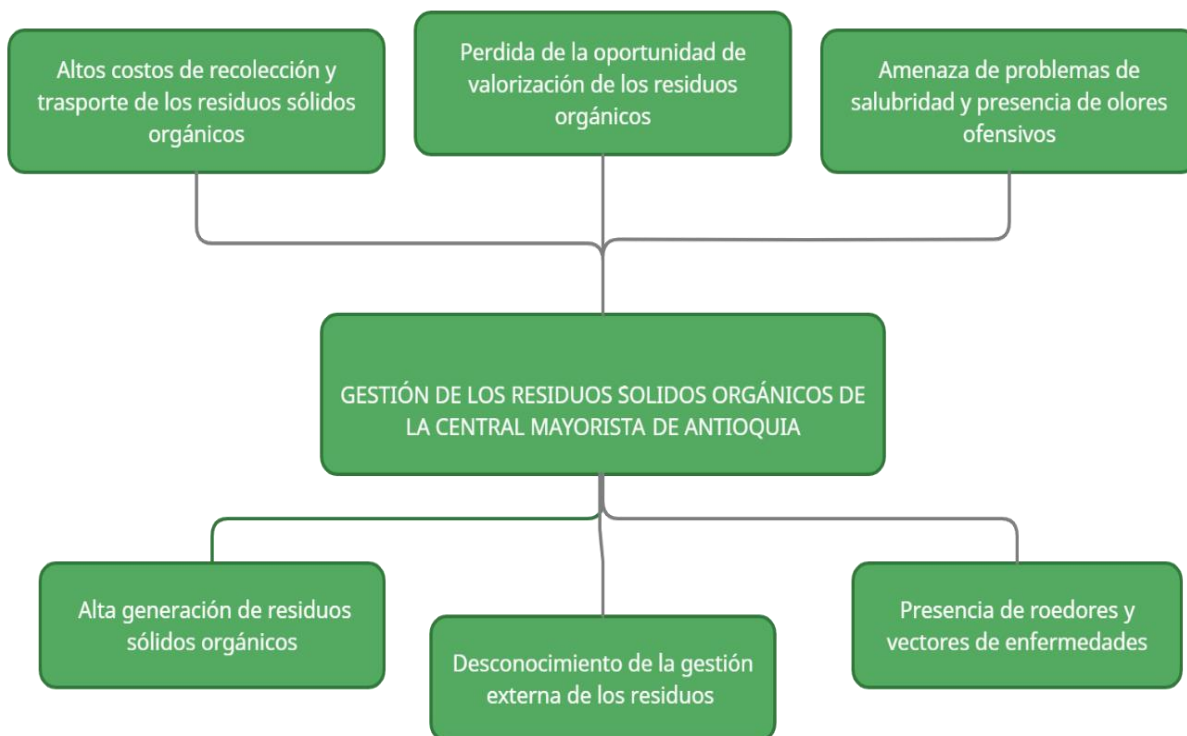


Ilustración 13: Árbol de Problemas, Línea base

Fuente: Propia

Al confrontar las disposiciones del Decreto 1077 de 2015 aplicables a la Central Mayorista de Antioquia se obtuvo la siguiente tabla.

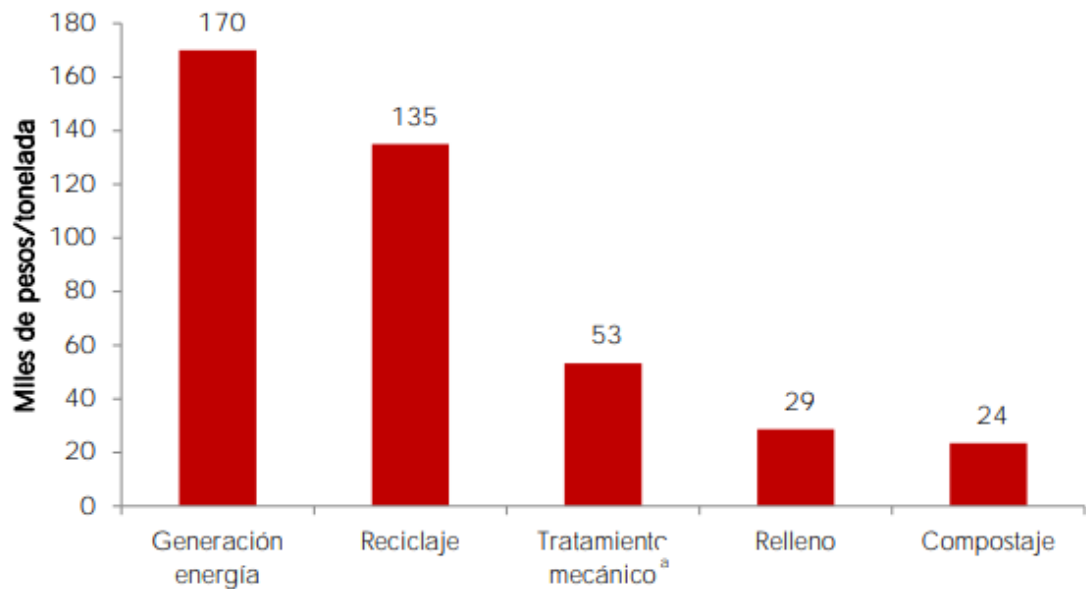
Aspecto	Artículo Aplicable	Descripción	Cumple Si/No
Almacenamiento interno y presentación	Art. 17	<i>Obligaciones de los usuarios para el almacenamiento y la presentación de residuos sólidos.</i>	Si
	Art. 18	<i>Características de los recipientes retornables para almacenamiento de residuos sólidos.</i>	Si
	Art. 19	<i>Características de los recipientes no retornables</i>	Si
	Art. 20	<i>Sistemas de almacenamiento colectivo de residuos sólidos</i>	Si
	Art. 21	<i>Sistemas de almacenamiento colectivo de residuos sólidos</i>	Si

	Art. 23	<i>Obligación de trasladar residuos sólidos hasta los sitios de recolección</i>	Si
	Art. 24	<i>Características de las cajas de almacenamiento.</i>	Si
	Art. 25	<i>Sitios de ubicación para las cajas de almacenamiento.</i>	Si
	Art. 26	<i>Requisitos de la actividad de recolección</i>	Si
Recolección interna y transporte	Art. 37	<i>Características de los vehículos de recolección y transporte de residuos sólidos.</i>	Si
	Art. 38	<i>Condiciones de equipos y accesorios para recolección y transporte de residuos sólidos.</i>	Si
Recolección y transporte selectivo de residuos para aprovechamiento	Art. 79	<i>Recolección y transporte de residuos para aprovechamiento como actividad complementaria del servicio público de aseo</i>	Si
	Art. 80	<i>Características de los vehículos de recolección selectiva.</i>	Si

Tabla 3: Cumplimiento del Decreto 2891 de 13 en el sistema de aseo interno de la CMA
Fuente: Elaboración propia

6.2. Alternativas de tratamiento biológico propuestos para los residuos orgánicos de la central Mayorista de Antioquia

Los escenarios propuestos para realizar el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de la plaza de mercado Central Mayorista de Antioquia, se realizan teniendo en cuenta la generación de 40 Toneladas/diarias de los residuos sólidos orgánicos con potencial de aprovechamiento, además de las implicaciones técnicas, operativas y de costo/beneficio del proceso a realizar. Por tal motivo se tuvo en cuenta la siguiente grafica del CONPES 3874 realizada con base en un estudio realizado para Colombia sobre técnicas alternativas de tratamiento disposición final o aprovechamiento de residuos sólidos (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2015).



Gráfica 10: Costo neto por tonelada de diferentes técnicas Instalaciones con capacidad de 30.000 toneladas por mes

Fuente: DNP, con base en estudio realizado para Colombia sobre técnicas alternativas de tratamiento disposición final o aprovechamiento de residuos sólidos (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2015)

En coherencia con los resultados del anterior estudio realizado, se determina que la mejor opción para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de la Central Mayorista de Antioquia, teniendo en cuenta su alto volumen de generación y el alto costo de recolección y transporte de los mismo es el compostaje y en concordancia con esto se plantean las dos siguientes técnicas o sistemas de compostaje.

El compostaje es de las tecnologías de mayor aplicación para el manejo de los biorresiduos en países en desarrollo, debido a aspectos como su bajo costo de inversión, operación sencilla y la generación de un producto de valor agregado cuyas propiedades fisicoquímicas y biológicas contribuyen a mejorar la disponibilidad de materia orgánica y nutrientes en el suelo (Saer, et al., 2013; Bernstad et al., 2016; Adhikari et al., 2018). Es una tecnología de

bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vinculen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos (Jaramillo y Zapata, 2008; Otterpohl *et al.*, 2016; Martínez *et al.*, 2016; Pinzón 2017)

6.2.1. Alternativa # 1: Vericompostaje o Lumbricultura

El Vericompostaje o Lumbricultura es una técnica biológica, que consiste en la descomposición de residuos orgánicos mediante organismos recicladores a través de su ingestión y excreta da como resultado un abono orgánico de buena calidad, utilizado en la agricultura ecológica. (Ramírez Joyo, Nancy del Carmen 2017).

Capistran (2001): afirma que la lumbricultura, es una biotecnología sencilla, viable para la producción intensiva de abono orgánico. Puede mencionarse que por la calidad del producto que genera, es una alternativa para presentarlo en el mercado, es un producto con características deseables para reducir en gran medida los índices contaminantes que se generan a partir de los residuos sólidos de actividades en forma de basura: agrícolas, excretas animales (Capristan, 2001).

La lumbricultura, utiliza una especie domesticada de lombriz como agentes biológicos en el proceso de transformación y de reciclaje de todo tipo de materia orgánica biodegradable con fines prácticos; obteniendo como resultado un abono rico en nutrientes, carne y harina de lombriz, (Reinés, M., Sierra, A., Rodríguez, C., Loza, J., y Contreras R.,1998).

La principal diferencia entre el vermicompostaje y el compostaje es la temperatura de las

pilas, que no es elevada ya que no alcanza valores termófilos (las lombrices no aguantan esas temperaturas), (Tortosa Germán , 2016)

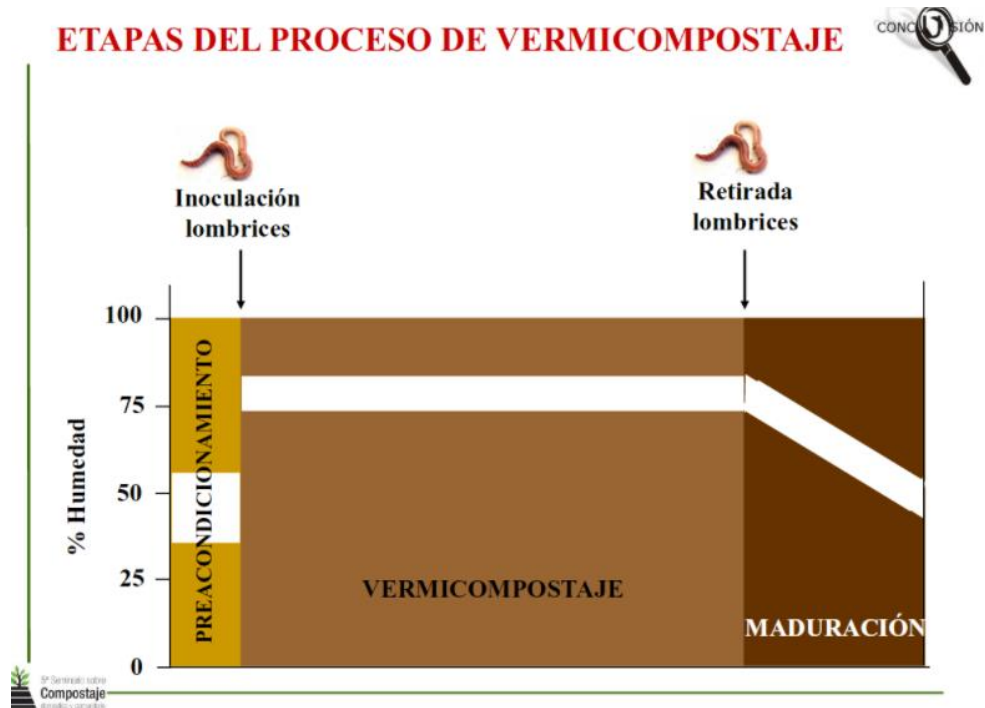


Ilustración 14: Etapas del Proceso de Vermicompostaje

Fuente: Página Web, Compostando Ciencia

Factores a tener en cuenta en la plantación de lombriz roja californiana.

- **Ubicación de los canteros:** Se pueden ubicar en lugares sombreados como enramadas, bajo árboles que no tengan tanino, musáceas, galerones, cajas ecológicas y en campo abierto, colocándoles capas altas de zacate para la protección evitando con ello la evaporación además debe de permitir el fácil acceso. La superficie debe ser casi plana, no tener una pendiente mayor de 20% y no expuesta a inundaciones, hay que realizar zanjas de drenaje con una muy buena disponibilidad de agua, es necesario orientar los canteros en la misma dirección de los vientos dominantes.
- **Iluminación:** La lombriz es muy sensible a los rayos ultravioletas que le ocasionan la muerte, por ello es recomendable ubicarlas en lugares que haya sombra o en lugares

cubiertos.

- **Humedad:** Constituye uno de los elementos más influyentes, los errores ya sean por falta o exceso traen consecuencias negativas en la producción de humus como en la reproducción y fecundidad de la lombriz. La humedad de los canteros se debe mantener del 75% al 80% ya que está debajo del 70% son desfavorables para la cría y debajo de 55 son niveles de muerte.
- **Temperatura:** La ideal está entre 15-24°C lo más cercano posible a lo corporal de la lombriz que es de 19°C por encima de 30°C resiste bien la temperatura, pero lo hace a costa de una menor producción y descenso en la producción de humus.
- **PH:** Es un factor determinante de una buena plantación de lumbricultura es tener un PH comprendido entre 6.5 y 7.5 y siendo los valores óptimos que se encuentren entre 6.8 y 7.2.
- **Aireación:** La lombriz requiere aire para su proceso vital y por lo tanto es necesario remover los canteros o lechos con rastrillo por lo menos cada siete días, (Somarriba Reyes Ricardo & Guzmán Guillén Fidel, 2004)

Este proceso realizado con la lombriz roja californiana, siendo esta la más productiva y que en su proceso de alimentación con orgánicos y tierras que pasan por su cuerpo los transforma, llegando a tener humus de lombriz asimilables por las plantas, con 5 veces más nitratos, 7 veces más Fósforo, 11 veces más Potasio, 2 veces más Calcio y 2 veces más Magnesio que un suelo común, (Agroflor, sf)

La lombriz roja (*Eisenia* spp.) forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales

para el reciclaje de desechos orgánicos, obteniéndose como beneficio el vermicompost (abono orgánico) y carne, fuente óptima para la alimentación animal. (Ferruzzi en Paco Gabriel, 2011)

Para optimizar el proceso de vermicompostaje, se requiere de la mezcla de los residuos sólidos orgánicos conformados por desechos de frutas y verduras con estiércol de bovinos, equinos, conejos, gallina entre otros.

El rendimiento del proceso de vermicompostaje es de aproximadamente 50% de humus de lombriz producido por tonelada de residuos orgánicos procesada.

Además del humus de lombriz se obtiene té de compost y lixiviados de vermicompost que son abonos líquidos que se aplican por aspersión foliar o al suelo, y han sido utilizados con éxito en el combate de algunas enfermedades de plantas. El té de compost es una infusión preparada a base de compost o vermicompost y agua, en una proporción que varía de 1:3 a 1:200 y que se incuba por un periodo de tiempo definido. El té se puede producir de forma anaeróbica o aeróbica, esta última mediante el burbujeo continuo de aire. Durante el proceso los microorganismos y nutrientes solubles del vermicompost son extraídos en el té (Hoitink et al. 1997, Scheuerell y Mahaffee 2002, Larco 2004, Scheuerell y Mahaffee 2004, Arancon et al. 2007, Al-Mughrabi et al. 2008, Castello et al. 2014).

Área requerida para la planta

Estudios realizados por Erthgreen Colombia, determinaron que cada tonelada de residuos sólidos orgánicos ocupa un volumen aproximado de 2 m³.

El proceso de vermicompostaje tiene una duración de 4 meses, por lo tanto, la planta

requiere una capacidad de tratamiento de residuos de 1.200 toneladas mensuales o 4.800 toneladas cada cuatro meses para satisfacer la necesidad. Se tiene en cuenta que estas se les debe adicionar material de mezcla con una relación residuos: material de mezcla de 1:3 ósea que se requiere de una planta con capacidad de procesar 1.599 toneladas mensuales o 6.398 \approx 6.400 de manera cuatrimestral.

El proceso de vermicompostaje, se realiza haciendo uso de camas diseñadas para cumplir con dicho objetivo. Basados en el Manual Práctico de Lumbricultura de Agrolanzarote (sf), que dice que "Las lombrices se crían en camas de 1 metro de ancho, 40 a 60 centímetros de alto y hasta 20 metros de largo" as dimensiones elegidas para el diseño de las camas del proceso son las siguiente

- Ancho: 1 metro
- Largo: 20 metros
- Alto: 60 centímetros

Lo que significa un volumen de 12m³ por cada cama instalada.

Como ya sabemos, 1 tonelada de residuos sólidos ocupa 2m³ de volumen y en coherencia con esto se deduce que se requieren de 12.800 m³ para garantizar la operación continua de la planta, por lo tanto, se determina el uso de 1.067 camas distribuidas en la planta

Entonces se determina el área requerida con la siguiente formula en donde el 35% adicional se requieren para las áreas de pre compostaje y maduración del material. Además de la administración de la planta.

$$\text{Área de la planta} = \text{Área de cama} * \text{Numero de camas} + 35\%$$

$$\text{Área de la planta} = 20m^2 * 1.067 + 35\% = 27.742m^2 \text{ o } 2.8 \text{ hectareas}$$

Esquema del proceso

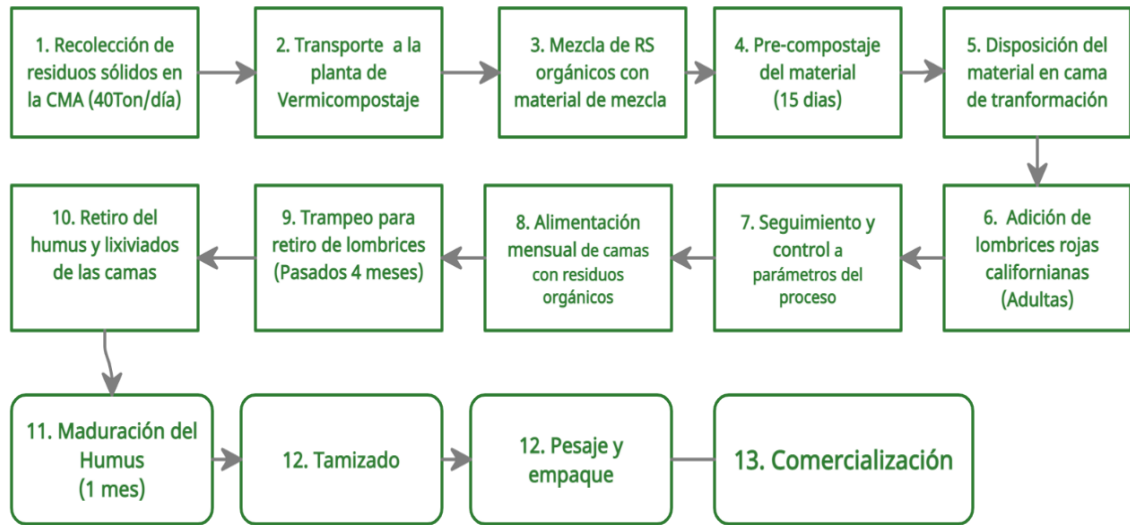


Ilustración 15: Esquema del proceso del Vermicompostaje

Fuente: Propia

Ventajas de la alternativa

- El proceso de la transformación de la materia es realizado por las lombrices rojas californianas, por lo tanto, requiere de menos mano de obra.
- Se genera un lixiviado que es totalmente comercializable
- No se generan malos olores
- No requiere de volteos
- Fácil operación.
- Buen valor en el mercado del producto final

Desventajas de la alternativa

- Requiere de mucho tiempo para la obtención del humus o compost de lombriz.
- Requiere de un área muy grande para llevar a cabo los procesos.

- Suele presentar algunas dificultades. Hay que asegurarse de no dejar que los lechos de lombrices se sequen o mantenerlos húmedos.

Valorización del Vermicompost

Basados en investigaciones de precios por Kilogramo de Humus de Lombrices y litro de lixiviado, estos tienen un valor en el mercado promedio de \$2.300 y 9.500 respectivamente.

En cuanto a los requisitos para comercialización y uso del compost, la Resolución 150 de 2003 del ICA adopta el “Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia”. A través del cual en su artículo 4 establece para la fabricación y comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos la obligación de contar con un previo registro ante el ICA. Así mismo, se cuenta con las Normas Técnicas Colombianas NTC 1927 y NTC 5167 las cuales definen y establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Acodal, 2017)

6.2.2. Alternativa #2: Sistema de Aireación Mixta Earth Green

Estos sistemas permiten tener un mayor control de la concentración de oxígeno y mantenerla en un intervalo apropiado (15-20 %) para favorecer la actividad metabólica de los microorganismos aerobios que desarrollan el proceso.

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/sistemas_y_tecnicas_para_el_compostaj

[e.pdf](#))

Este tipo de compostaje es realizado con material de aserrín o viruta de madera como material de mezcla indispensable en el proceso de compostaje, tiene dos objetivos principales, el primero es el control de la humedad para evitar la generación de lixiviados en el proceso y la segunda, es que el compostaje requiere de una relación adecuada de Carbono -Nitrógeno y esta solo es posible gracias a la mezcla de los residuos orgánicos con un material seco (compost maduro, viruta, aserrín, hojarasca seca, pasto seco) la proporción debe ser 3 partes de residuos por una parte de material de mezcla. (Earth Green, sf)

El sistema combina la aireación forzada optimizada (de fondo y lateral) con la ventilación convectiva, para hacer más eficiente la oxigenación del sistema y el consumo de energía, por medio de un desarrollo del panel rural modular, que permite lograr menores tiempos de estabilización en el compostaje. El sistema está proyectado para obtener abono orgánico en 30 días, pero esto depende de factores externos tales como el clima, el lugar donde se ubique la compostera, y el tipo de residuo. Además, este sistema tiene la ventaja de no generar olores, lixiviados y tener un control adecuado de vectores. (Earth Green, sf)

En esta alternativa de tratamiento se proponen 4 plantas de compostaje para 300 ton/mes, lo que daría abasto a las 1.200 Toneladas mensuales generadas en la Central Mayorista.

Capacidad en volumen (m3)	600
Capacidad en peso (ton)	300
Carga diaria (ton)	10
Número de pilas	10
Tipo de pila (Páneles Earthgreen)	6x4
Número de residencias*	8.333
Número de personas (generación de 400g/persona)	33.333

Obtención mensual de compost (ton/mes)	120
Área total de pilas (m2)	319
Área aproximada de la sala (m2)	1.300
Uso: Agroindustria y municipios	
*Residencias de 4 personas en promedio con generación de 400gr/persona	

Tabla 4: Especificaciones técnicas de sistema de compostaje Earthgreen de 300Toneladas/mes
Fuente: Earthgreen

Estos sistemas de compostaje Earthgreen, constan de 30 días para la obtención del abono orgánico proveniente de los residuos sólidos orgánicos y requieren de 15 días adicionales para la maduración del compost.

Condiciones del Proceso

Los protagonistas en el compostaje son los microorganismos y para que estos puedan trabajar en las mejores condiciones se debe:

1. Preparar una mezcla de residuos homogénea y porosa.
2. Aportar materia orgánica de composición diversa y relación C/N adecuada.
3. Disponer de oxígeno (aire) suficiente.
4. Contar con un grado de humedad adecuado.
5. Mantener una temperatura adecuada.

La mezcla de diferentes tipos de residuos orgánicos, equilibra la humedad y la estructura. Por ejemplo, los restos de cocina, hojas, césped y otros materiales húmedos, se deben mezclar con ramas, arbustos y otros restos de poda más secos y estructurales, con tamaños de 2-6 cms, (Sepúlveda Villada, L. y Alvarado Torres, J. 2013).

Este sistema de compostaje, requiere de una infraestructura soportada en piso de concreto

y un cerramiento para evitar que las pilas se encuentren a la intemperie, lo que entorpecería el proceso de compostaje controlado, el cerramiento además evita el ingreso de roedores y vectores de enfermedades.



Ilustración 16: Planta de compostaje, municipio Andes (15 Ton/día)
Fuente: Earthgreen



Ilustración 17: Pila de compostaje Earthgreen, municipio de Urao
Fuente: Earthgreen

Área requerida para la planta

Las salas de compostaje, conformadas por 10 paneles cada una, requieren de un área de 1.300m², ósea, 5.200 m² para las 4 en total. El área requerida cuenta con zona para la recepción del material compostable, de mezclado del mismo, de maduración y empaque para su venta.

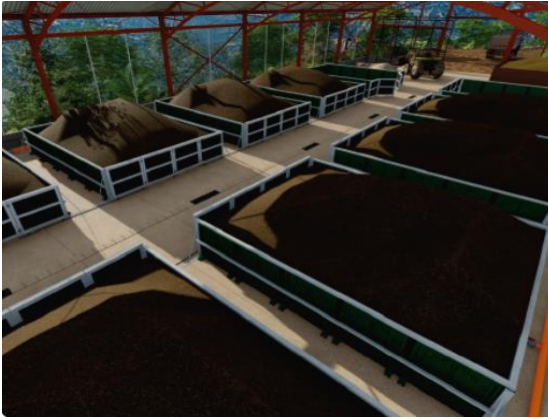


Ilustración 18: Módulos de compostaje Earthgreen
Fuente: Earthgreen

Esquema del proceso operativo

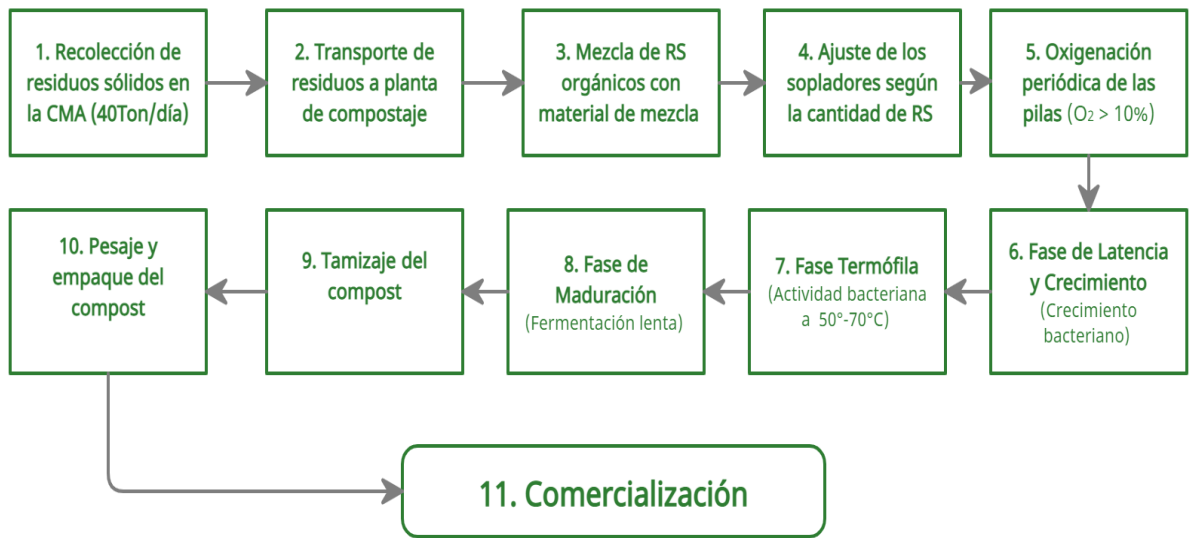


Ilustración 19: Diagrama de flujo operativo del proceso de compostaje con aireación mixta Earthgreen
Fuente: Propia

Valorización del Compost

Con esta alternativa de tratamiento se prevé una generación de compost de entre 600 Toneladas mensuales. Teniendo en cuenta que el valor promedio de la tonelada de este

compost puesto en el mercado es de \$300.000, este sistema de compostaje puede generar un ingreso bruto de \$ 240.000.000 mensuales.

Ventajas de la alternativa

- Compostaje (30 días) y disminución de costos operacionales (ahorros del 25-30%) en consumo energético.
- Requiere de muy poco tiempo para la obtención del producto final,
- El proceso de compostaje no genera olores, lixiviados o moscas.
- No se requiere volteos.
- No se requiere adición de enzimas o químicos.
- Las plantas pueden estar localizados a 50 metros de residencias, sin generar molestias o rechazos de parte de comunidades vecinas.

Desventajas de la alternativa

- Con el tiempo, puede presentarse fallos en los aireadores mecánicos lo que detendría la producción.
- Se necesitan transformar grandes volúmenes de residuos sólidos para que sea un negocio rentable.

6.3.Comparativa de viabilidad técnica y operativa, beneficios ambientales y comercialización

6.3.1. Viabilidad Técnica y operativa

Para la operación de vermicompostaje se encuentran como ventajas el hecho de que este proceso no necesite de la energía eléctrica para su funcionamiento y operación, por el contrario, es uno de sus grandes ventajas debido a que la transformación de la materia es realizada por medio de los procesos biológicos de las lombrices que se alimentan con residuos sólidos orgánicos, sin embargo y teniendo en cuenta el alto flujo de residuos sólidos a tratar, para realizar la técnica de vermicompostaje con lombrices rojas californianas, se requiere de grandes volúmenes de estiércol de ganado para realizar el proceso de pre-compostaje de manera previa a la actuación de las lombrices sobre el lote de residuos a compostar.

La alternativa de aireación mixta de Earthgreen, usa el aserrín y viruta de madera como material de mezcla para el compostaje de los residuos sólidos, lo que supone una mayor garantía de la disposición de material de mezcla para realizar los procesos.

Por otro lado, la alternativa de vermicompostaje como técnica del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de la Central Mayorista de Antioquia, requiere de mínimo 5.5 meses de duración para la obtención del humus esperado.

Al comparar la viabilidad técnica y operativa entre el vermicompost y la aireación mixta de Earth Green como segunda alternativa planteada, se encuentra que la aireación mixta reduce significativamente los tiempos de operación para la obtención de un compost disponible para su uso y venta, eliminado además el proceso de precompostaje. El tiempo necesario por la alternativa de aireación mixta de earthgreen es de 1.5 meses.

Al confrontar las áreas requeridas para las plantas que, con capacidad de procesar la demanda de residuos sólidos orgánicos generados en la CMA, se determina que la alternativa

de compostaje por aireación mixta de Earthgreen requiere de 5.200 m², mientras que el área requerida para el vermicompostaje es 5,3 veces mayor, con un valor de 27.742

6.3.2. Beneficios ambientales

A las dos técnicas o alternativas de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de la CMA, se les destaca su importancia frente a la prevención de los impactos ambientales ocasionados en los rellenos sanitarios y el medio ambiente por la disposición final de los residuos sólidos en los mismos. Se identifican la prevención de importantes impactos ambientales como el deterioro de la calidad del suelo y del agua generados por la generación de lixiviados que, al tener contacto con los mismos, causan una grave afectación a las condiciones normales de estos recursos.

Dentro de los importantes impactos ambientales evitados por el uso de las dos técnicas de tratamiento biológico de los residuos sólidos y teniendo en cuenta que la descomposición de los residuos orgánicos genera una emisión de gases de efecto invernadero sea en los mal dispuestos en el medio o en los dispuestos en los rellenos sanitarios, se evita el deterioro de la calidad del aire.

En cuanto al recurso suelo, gracias a la disminución de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios, esto aumentará la vida de los mismos teniendo en cuenta que el relleno sanitario La Pradera está próximo a terminar su vida útil. Además, se porta de manera significativa a evitar la sobre presión sobre en el suelo lo que evitaría además la afectación al nivel freático de la zona.

Con la técnica de aireación mixta de Earthgreen, se previene la generación de olores

ofensivos provenientes de la descomposición de los residuo sólidos, esto debido a que el aserrín o viruta de mara que actúa como material de mezcla sirve además como un control de olores gracias a su capacidad de absorción. Por otro lado, el Vermicompostaje en su etapa de precompostaje que consiste en la mezcla de estiércoles de ganado, presenta una generación de olores ofensivos, por tal motivo al comparar a las dos técnicas, se obtiene que, en su ubicación, una planta de tratamiento de residuos que usa la técnica de Vermicompostaje deber estar más alejada del área urbana y zonas pobladas que la una de aireación Mixta de Earthgreen.

En cuanto a la presencia de presencia de roedores o vectores de enfermedades, según las consultas literarias, en ninguna de las plantas debe haber presencia de los mismos.

6.3.3. Comercialización

Para lograr la comercialización de ambos productos resultado de los procesos de compostaje planteados, estos primeros tienen como requisito contar con un previo registro ante el ICA. Así mismo, se cuenta con las Normas Técnicas Colombianas NTC 1927 y NTC 5167 las cuales definen y establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Acodal, 2017)

En el caso del Vermicompostaje, la tonelada de Humus de Lombrices, tienen un valor promedio en el mercado de \$2.300.000 por tonelada, además es importante resaltar que de esta técnica de tratamiento también se obtiene un lixiviado aprovechable como fertilizante

para actividades agrícolas que tiene un valor promedio de \$9.500 por litro en el mercado

El compost obtenido del sistema de tratamiento de aireación mixta de Earthgreen, tiene un valor aproximado de \$300.000 en el mercado.

7. CONCLUSIONES

- Al analizar la línea base de la generación y gestión de residuos en la central mayorista de Antioquia, se identificó una composición porcentual de los residuos conformada por 40% orgánicos, 18% reciclables y 42% inorgánicos. Cabe resaltar que en la actualidad se generan 40 Toneladas diarias de residuos sólidos orgánicos totalmente compostables conformados por residuos de frutas y verduras.
- La Central Mayorista de Antioquia, actualmente cuenta con su sistema de aseo interno que incluye las actividades de recolección, transporte y almacenamiento temporal de los residuos sólidos. Todas las actividades cumplen con las disposiciones aplicables del Decreto 2891 de 2013.
- Luego de un análisis de línea base de la gestión de residuos sólidos de CMA y a formulación de un árbol de problema, se identificó que la Central Mayorista de Antioquia, actualmente realiza un pago elevado por los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos además se identifica que la plaza de mercado está desperdiciando una gran oportunidad de valorización de sus residuos sólidos, lo que permitiría además, por medio del tratamiento de los orgánicos, prevenir y mitigar algunos impactos ambientales

importantes como la contaminación de los recursos agua y suelo por la generación de lixiviados en los rellenos sanitarios y el deterioro de la calidad del aire generado por la emisión de gases.

- Partiendo del estudio en la bibliografía de sistemas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, en donde se tuvieron en cuenta su adaptación al alto flujo de residuos sólidos orgánicos, los costos de inversión, complejidad de operación y valorización de los productos finales, se determinó que el mejor sistema de tratamiento biológico para los residuos sólidos de la Central Mayorista de Antioquia (CMA), es el compostaje, debido a su bajo coste para la implementación en comparación con la Biometanización o Digestión Anaerobia.
- Aunque la comercialización del compost resultante del Vermiompostaje resulta mucho más atractiva porque genera mayores ingresos económicos, el sistema de compostaje Earthgreen, presenta una mejor adaptación a las necesidades y demanda del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de la CMA, esto gracias a que requiere de un menor tiempo que el vericompostaje para realizar el proceso de compostaje de manera efectiva, siendo este un total de 1.5 meses frente a los 5.5 del Vermicompostaje.

8. RECOMENDACIONES

Debido al alto coste el servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos orgánicos de la terminal de la CMA, se recomienda que la misma realice un proyecto para el tratamiento

de los residuos sólidos orgánicos que les genere ingresos económicos por la comercialización del material resultante del proceso de tratamiento.

Se recomienda que la Centra Mayorista de Antioquia implemente un proyecto para la construcción e implementación de 4 salas de compostaje de aireación mixta tipo Earthgreen. Lo anterior mente mencionado, debido a que esta actividad le genera un importante ingreso económico a la plaza de mercado, presenta procesos de operación sencillos y un mejor rendimiento y efectividad para el tratamiento de las 40 Toneladas diarias de orgánicos generado en la Central Mayorista.

Es importante que la Central Mayorista de Antioquia, en su compromiso con aportar al desarrollo sostenible nacional, logre establecer una línea de tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos articulando este proyecto con los proyectos de producción agrícola de los campesinos que comercializan sus productos en la plaza de mercado.

Se recomienda luego de la puesta en funcionamiento de una planta de compostaje de aireación mixta, lograr el registro ICA, Así mismo el cumplimiento de las Normas Técnicas Colombianas NTC 1927 y NTC 5167 además de toda la normativa ambiental, comercial y requisitos legales aplicables, esto se convierte en un punto importante para la comercialización del compost resultante de los procesos de compostaje, lo que significa además un ingreso económico importante para la CMA, la creación de empleos y un gran aporte en materia ambiental para la región.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arancon, NQ; Edwards, CA; Dick, R; Dick, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle* 48:51-52.

2. Adhikari, B., Barrington, S., Martinez, J. and King, S. (2007) Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Management* , 28(5), pp. 795-804, 2008. DOI: 10.1016/j.wasman.
3. Al-Mughrabi, KI; Bertheleme, C; Livingston, T; Burgoyne, A; Poirier, R; Vikram, A. 2008. Aerobic composting, compost and a combination of both reduce the severity of common Scab (*Streptomyces scabiei*) on Potato tubers. *Journal of Plant Sciences* 3(2):168-175.
4. Antil, R. S., & Raj, D. (2012). Chemical and microbiological parameters for the characterization of maturity of composts made from farm and agro-industrial wastes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(8), 833–845. doi:10.1080/03650340.2011.554402.
5. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Acodal. (2017) PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL PGIRS-R 2017-2030
6. Agroflor. (sf). Manual Lombricultura. Chile. Recuperado de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
7. Alcaldía mayor de Bogotá secretaría distrital de hábitat, Universidad Nacional de Colombia. (sf). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Bogotá. Recuperado de: https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
8. Brown, George. (2000). Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. *Acta zoológica mexicana*, (80), 245-247. Recuperado en 09 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372000000200016&lng=es&tlng=es.

9. Bernstad, Anna & Wenzel, Henrik & Jansen, Jes. (2016). Identification of decisive factors for greenhouse gas emissions in comparative lifecycle assessments of food waste management – An analytical review. *Journal of Cleaner Production*. 119. 10.1016/j.jclepro.
10. Castello, P; Celano, G; Zaccardelli, M. 2014. Metabolic patterns of bacterial communities in aerobic compost teas associated with potential biocontrol of soilborne plant diseases. *Phytopathologia Mediterranea* 53(2):277-286.
11. Consejo Nacional de Política Económica y Social, (2016) Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá-
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
12. Caicedo NBM, Ibarra AAR. 2017. Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos. In *Memorias de Congresos UTP*(pp. 202-209).
13. Decreto 2891 de 2013. por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. 20 de diciembre de 2013. D.O. No. 49010.
14. Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016) Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. Disponible en:
https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf
15. European Environment Agency. (2016). Municipal waste management across European countries. Disponible en: <https://doi.org/10.2800/7831>
16. FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Disponible en:
<https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>

17. Ferruzzi C. Manual de lombricultura. (1987) Mundi Prensa. Madrid, España.. 138 p.
18. Hoitink, HAJ; Stone, AG; Han, DJ. (1997). Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. *Agronomía Costarricense* 21(1):25-33.
19. **Hoomweg y Bhada**, (2012). What a waste. A global review of solid waste management. Washington. USA. World Bank.
20. Insam, H., Franke-Whittle, I., & Goberna, M. (2009). *Microbes at Work: From Wastes to Resources*. Springer. Retrieved from <http://books.google.com.ec/books?id=5lhHN3Pq2goC> 37 Enfoque UTE, V.5-N.2, Jun.2014, pp.29 - 37
21. Jaramillo G, Zapata L. 2008. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental*. Medellín. Colombia.
22. Larco, E. 2004. Preparación de lixiviados de compost y lombricompost. Hoja Técnica N° 49. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) N° 73. 79-82 p. 52, 234-244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro>.
23. Marmolejo LF, Madera CA, Torres P. (2010) Gestión de los residuos sólidos en hospitales locales del norte del Valle del Cauca, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública*.;28(1):56-63.
24. Medellín cómo vamos (2012). Así es Medellín. Rastreator. <https://www.medellincomovamos.org/medellin#:~:text=Medell%C3%ADn%20es%20la%20segunda%20en,2%20de%20suelo%20para%20expansi%C3%B3n>

25. Martínez Z., Natalia, Menacho P., Zoila y Pachón-Ariza, Fabio. (2014). La pérdida de alimentos en un mundo hambriento, ¿un problema ?. *Agronomía Colombiana* , 32 (2), 283-293. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.43470>
26. Martínez k, Sánchez J, Raga Y, Mármol Z, Arenas E, Mazzarri C. (2015). Cuantificación y caracterización de los residuos de alimentos del comedor central estudiantil de la Universidad del Zulia. *Revista Tecnocientífica. Facultad de Ingeniería*
27. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (sf) Manual de Manual de Compostaje, España. Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf
28. Noguera, K. y Olivero, J, (2010) Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 34(132), pp. 347-356
29. Otterpohl R, Grottker M, Lange J. 2016. Gestión sostenible del agua y de los residuos en zonas urbanas. *Boletín CF+ S* Disponible en: http://polired.upm.es/index.php/boletin_cfs/article/view/2783
30. Paul Fernanda. (2021). Las impactantes cifras que deja el desperdicio de comida en el mundo (y cuáles son sus efectos). BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56322961>
31. Reinés, M., Sierra, A., Rodríguez, C., Loza, J., y Contreras R. (1998). *Lombricultura Alternativa del Desarrollo Sustentable*. Universidad de Guadalajara, México.
32. Ramírez Joyo, Nancy del Carmen (2017). Lombricultivo en la Producción de Abono Orgánico para Fomento de Valores Ambientales. *Revista Scientific*, 2(3),276-288. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=563660228016>

33. Scheuerell, SJ; Mahaffee, W. 2002. Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science and Utilization* 10(4):313-338.
34. Somarriba Reyes Ricardo, Guzmán Guillén Fidel. (2004) Guía de Lombricultura. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>
35. Scheuerell, SJ; Mahaffee, WF. (2004). Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94(11):1156-1163.
36. Sepúlveda Villada, L. y Alvarado Torres, J. (febrero de 2013). Manual de Compostaje. [Archivo en PDF]. Earth Green Colombia. <https://docplayer.es/68763867-Manual-de-compostaje.html>
37. Saer, A., Lansing, S., Davitt, N.H. and Graves, R.E. (2013) Life Cycle Assessment of a Food Waste Composting System: Environmental Impact Hotspots. *Journal of Cleaner Production*, Sáez, Alejandrina y Urdaneta G., Joheni A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20 (3), 121-135. [Fecha de Consulta 28 de Septiembre de 2021]. ISSN: 1315-8856. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>
38. Termorshuizen, A. J., Moolenaar, S. W., Veeken, A. H. M., & Blok, W. J. (2004). The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3(4), 343–347. doi:10.1007/s11157-004-2333-2
39. Vargas-Pineda, Oscar I, & Trujillo-González, Juan M, & Torres-Mora, Marco A (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2),123-129. [fecha de Consulta 20 de Octubre

de 2021]. ISSN: 0121-3709. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89662922013>

40. Xu, D., Liu, D., Tang, Z., Yu, G., Yuan, J., Shen, Q., & Huang, Q. (2012). Structure of chemical components in different compost extracts characterized by chromatogram and spectroscopy analysis and its influence on plant growth promotion. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 14(4), 325–333. doi:10.1007/s10163-012-0071-z