

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS
ORGÁNICOS PROVENIENTES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL LA COLINA

LINA MARIA ALBA MUÑOZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTA DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2020

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS
ORGÁNICOS PROVENIENTES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL LA COLINA

LINA MARIA ALBA MUÑOZ

Proyecto integral de grado para optar el título de:
INGENIERO QUÍMICO

Director
Ing. ÁLVARO ANTONIO GONZALEZ SIERRA
Ingeniero civil

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTA DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2020

Nota de aceptación.

Ing. Mario Andrés Noriega Valencia

Ing. Duvian Alberto Vera Romero

Bogotá, D.C. Febrero 2020.

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD.

Presidente de la Universidad y Rector de Claustro.

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA.

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA.

Vicerrectora Académica Y de Postgrados (E).

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN.

Secretaria general

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN.

Decano de Facultad de Ingenierías.

Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI.

Director Programa de Ingeniería Química.

Ing. LEONARDO DE JESUS HERRERA GUTIERREZ.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

A Dios y a la virgen por guiarme por brindarme fuerzas salud sabiduría y constancia en alcanzar este logro. A mi madre y mi padre por siempre apoyarme acompañarme y ser incondicionales todos los días con el objetivo de que este proyecto se logrará.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por darme las fuerzas y por guiarme en este camino.

A mis padres, hermanas y prima por su apoyo incondicional sus enseñanzas y amor que me fortalece como persona.

A mi director Ingeniero Álvaro Gonzales Sierra por su apoyo y confianza en cada paso del desarrollo de este proyecto.

A los directivos, profesores de la Universidad de América por brindarme sus conocimientos y las bases necesarias para mi formación académica y profesional como ingeniera química.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	18
1.GENERALIDADES	19
1.1MARCO TEORICO	19
1.1.1Residuos Sólidos	19
1.1.2Separación en la fuente	20
1.1.3 Lixiviados	21
1.1.4Abonos Orgánicos.	22
1.1.5Compostaje.	22
2.DIAGNOSTICO	26
2.1Producción de residuos solidos	26
2.2Información del municipio.	30
2.3Generación de residuos en el conjunto residencial la colina	33
2.4Caracterización de residuos orgánicos.	37
3.ESTABLECER EL PROCESO PARA EL APROVECHAMIENTO A NIVEL LABORATORIO	42
3.1Selección del proceso de compost	42
3.2.Selección del proceso para el tratamiento de los lixiviados	48
3.3Desarrollo experimental del proceso	50
3.3.1Construcción de los reactores	50
3.3.2Desarrollo del proceso de compostaje	53
3.3.3Desarrollo de biofertilizante liquido	56
3.4Resultados y análisis de los resultados.	56
3.4.1Temperatura	57
3.4.2Humedad.	59
3.4.3pH.	59
3.4.4Producto final.	59
4.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE COMO APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS DEL CONJUNTO RESIDENCIAL LA COLINA	61
4.1PRODUCCIÓN.	61
4.2CONDICIONES DE OPERACIÓN.	61
4.2.1Reactor.	62
4.2.2Vigilancia de los factores que afectan el proceso	64
5.ANALISIS DE COSTOS	67
5.1Cotos de mano de obra.	67
5.2Costos de inversión.	68
5.3Costos directo.	69

6.CONCLUSIONES	72
7.RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFIA	75
ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Toneladas promedio diarias por departamento y distrito capital	27
Tabla 2. Toneladas de residuos dispuestos en el relleno terrazas del porvenir	32
Tabla 3. Valores de humedad y C/N	38
Tabla 4: Resultados de laboratorio de muestra de residuos de cocina	40
Tabla 5: Resultados de laboratorio de hojas secas	40
Tabla 6. Matriz de selección para el proceso de compostaje.	47
Tabla 7. Matriz de priorización para los lixiviados	50
Tabla 8. Medidas del reactor	51
Tabla 9. Recepción lixiviados	51
Tabla 10. Medidas tubo de aireación.	52
Tabla 11. Cantidad de materias para el inicio del reactor.	55
Tabla 12 Parámetros del producto final	60
Tabla 13: Parámetros sugeridos por la NTC 5167 para abonos orgánicos.	60
Tabla 14. Variables a vigilar en el proceso de compostaje.	64
Tabla 15. Especificaciones técnicas de trituradora de césped	66
Tabla 16 . Precio de venta en los viveros	67
Tabla 17. Costos de mano de obra para el operario	68
Tabla 18. Costos de mano de ingeniero (COP)	68
Tabla 19. Costos de Inversión de maquinaria (COP)	69
Tabla 20. Costos directos.	69
Tabla 21. Costos totales para la realización del proyecto	70

LISTA DE FIGURAS.

	pág.
Figura 1 Ubicación geográfica del municipio de Sogamoso	31
Figura 2. Ubicación del Conjunto residencial la colina.	34
Figura 3. Compleción del Bloque B conjunto residencial la colina	34
Figura 4. Técnica de muestreo.	39
Figura 5 Tipos de aprovechamiento de residuos orgánicos	42
Figura 6. Pilas estáticas aireadas: (a) pilas estática aireación pasiva (b) pila estática aireación forzada.	43
Figura 7. Pilas dinámicas con volteo.	44
Figura 8. Reactor vertical	45
Figura 9. Reactor horizontal.	46
Figura 10. Esquema del reactor.	51
Figura 11. Recepción de los lixiviados.	52
Figura 12. Esquema del tubo.	52
Figura 13. Disposición de los reactores.	53
Figura 14. Etapas para desarrollo del proceso.	53
Figura 15. Balance del material.	54
Figura 16. Cambio propiedades organolépticas.	58
Figura 17. Etapas del proceso	62
Figura 18. Multímetro digital con funciones para termómetro digital.	65
Figura 19 pH metro de marca Hanna modelo HI8314	65
Figura 20. Medidor de humedad de jardín y compost REOTEMP .	66
Figura 21. Resultado de análisis de residuos de cocina.	81
Figura 22. Resultado de análisis de hojas secas.	83

LISTA DE GRÁFICAS.

	pág.
Gráfica 1.Porcentaje promedio de residuos sólidos generados en las principales ciudades del país	29
Gráfica 2.Relación de residuos generados	36
Gráfica 3.Producción de residuos en Sogamoso.	36
Gráfica 4 Temperatura vs tiempo.	57
Gráfica 5 Costos del proyecto.	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Código de colores para residuos domésticos.	pág. 20
Cuadro 2. Clasificación de los residuos según su composición.	21
Cuadro 3 Ventajas y desventajas de los 3 tratamientos	49

LISTA DE ANEXOS.

	pág.
Anexo A. Folleto descriptivo de los diferentes residuos y su correcta separación.	79
Anexo B. Resultados entregados por el laboratorio	81
Anexo C. Balance de materia	85
Anexo D. Resultados de los analisis quimicos del compost	86
Anexo E. Encuesta realizada a los habitantes del conjunto	87
Anexo F. Despeje para el calculo del diametro y largo del reactor	88

GLOSARIO

ABONO: producto de origen vegetal o animal que mejora las características físicas y químicas de los suelos aportando nutrientes que favorecen la estructura de estos.

APROVECHAMIENTO: es la utilización de los residuos mediante la recuperación transformación para general un beneficio económico social o ambiental.

COMPOST: producto de origen natural obtenido de materiales orgánicos sometidos a un proceso de aeróbico que estabiliza la materia orgánica gracias a los microorganismos que la intervienen.

LIXIVIADO: liquido restante de un proceso de percolación a través de un sólido arrastrando distintas partículas de los sólidos. De aspecto desagradable y con mal olor.

RESIDUO SÓLIDO: son materiales que no tiene valor de uso para quien lo genera, pero es aprovechado en la incorporación a un proceso productivo.

RELLENO SANITARIO: lugar donde se depositan los residuos sólidos con el fin de proporcionar a los residuos su disposición final y que no se conviertan en un peligro para la salud pública.

SEPARACIÓN EN LA FUENTE: actividad en donde se selecciona los residuos sólidos ayudando a reducir el impacto negativo de los residuos en los rellenos y prolongar su vida útil.

RESUMEN

El desarrollo de este proyecto es una propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Conjunto Residencial La Colina ubicado en la ciudad de Sogamoso, del departamento de Boyacá; la recuperación de esta materia orgánica se realiza para la producción de abono orgánico y al mismo tiempo permite reducir el volumen de residuos domésticos que terminan en el relleno. De esta forma se contribuye a la preservación del ambiente, aportando beneficios como fertilizante que aporte nutrientes a las plantas y arbustos, la recuperación de los materiales reciclables y reducir el impacto de la entrada de residuos al relleno, mitigando las emisiones de gases con efecto invernadero que se ocasionan por el aumento de los residuos que llegan a este lugar.

El aprovechamiento de los residuos se realizó por medio del proceso de compostaje aerobio en reactor horizontal; realizando primero una caracterización fisicoquímica de los residuos orgánicos provenientes de los hogares del conjunto y hojarasca extraídas de las zonas verdes para su posterior tratamiento, determinando que las materias primas son de fácil degradación por medio de los procesos de transformación natural obteniendo un abono de buena calidad. Se analizaron las ventajas y desventajas de los diferentes procesos de compostaje para desarrollar posteriormente una matriz de priorización concluyendo que el compostaje aerobio en reactor horizontal con volteo, es el proceso óptimo para el avance del proyecto siendo este el proceso más sanitario evitando la presencia de vectores en el conjunto. Para la experimentación se realizaron dos montajes con el objetivo de estimar la representatividad de datos, constituidos por un reactor en la cual se va a realizar el proceso de compostaje y un recipiente para la recepción de lixiviados, ambos de polietileno, material apto para la industria de alimentos. Cada reactor fue cargado con una mezcla de 67 kg de residuos con 10 kg de hojas obteniendo una relación carbono nitrógeno de 22.25, para el inicio del proceso de compostaje.

Se puso en marcha el proceso efectuando un control de los parámetros como son: temperatura, humedad y pH por un tiempo de 80 días. Una vez terminado el proceso de compostaje se procedió a la caracterización del producto el cual cumple con la normatividad colombiana; para finalizar se hicieron un escalamiento de los requerimientos técnicos del proceso determinando los costos que genera la realización del proyecto.

Palabras claves: Aprovechamiento, Reactor horizontal, Compostaje aerobio, Fertilizante orgánico, Descomposición.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos y el aumento de las poblaciones son los mayores generadores de contaminación por las actividades cotidianas, acelerando la generación de residuos y con ello el incremento de los problemas ambientales que se vienen dando. A lo largo de los años se ha venido buscando soluciones para la reducción de los problemas del medio ambiente, tales como el reducir, reciclar y minimizar los residuos generados día a día.

Los residuos sólidos son un problema importante en su disposición final ya que se generan gases contaminantes y lixiviados; siendo uno de los problemas más evidentes detectados en el relleno del municipio de Sogamoso (Boy), que recibe residuos sólidos de 43 municipios de la provincia de Sugamuxi; en donde la disminución de los residuos es fundamental para reducir el impacto negativo sobre los habitantes que se encuentran en las cercanías del relleno y al ambiente.

Por tal motivo, este proyecto presenta una alternativa para minimizar la cantidad de desechos orgánicos generados a través del compostaje como elemento clave de la gestión correcta de residuos y el uso adecuado de los lixiviados resultantes de este proceso; como una actividad económica que podría redundar en beneficios para la población y disminución del impacto ambiental, al reducir la cantidad de residuos que llegan al relleno del municipio, iniciando con minimizar el consumo de materiales de un solo uso, con la correcta separación de residuos desde la fuente y el aprovechamiento de los mismos.

El compostaje aerobio, es el proceso más frecuente utilizado para la degradación de materia orgánica, donde el proceso es aireado manualmente y se realiza el seguimiento de las variables del proceso in situ, controlando los parámetros de pH, humedad, temperatura y las características físico químicas del producto, aireación carbono – nitrógeno, realizadas en laboratorio certificado.

Una vez obtenido el compost se realiza un análisis de laboratorio para determinar las características que este, puede ofrecer a las plantas para comprobar que el abono orgánico es beneficioso para las plantas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar una propuesta de aprovechamiento integral de residuos sólidos orgánicos provenientes del conjunto residencial la Colina.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar el estado actual de los residuos sólidos orgánicos.
2. Establecer el proceso para el aprovechamiento a nivel laboratorio.
3. Determinar las especificaciones técnicas del proceso.
4. Realizar un análisis de costos del proceso.

1. GENERALIDADES

1.1 MARCO TEORICO

1.1.1 Residuos Sólidos. Los residuos sólidos son todos aquellos materiales residuales que surgen de las actividades humanas y animales, que son rechazados o pueden ser susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar un nuevo producto con valor económico.¹

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.

Los residuos sólidos, se pueden clasificar según la actividad que los precede:

- **Industrial:** residuos producidos por la actividad industrial desarrollada por el humano.
- **Agrícola:** residuos producidos por las actividades agrícolas pecuarias del humano.
- **Institucional o doméstico:** residuos producidos por la actividad cotidiana del vivir de las personas.
- **Naturales:** residuos sin la intervención de la actividad humana.

1.1.1.1 Residuos sólidos aprovechables. Son materiales sustancias o elementos en estado sólido, semisólido o líquido, que ha sido descartado por la actividad que lo genero, pero que es susceptible a una recuperación a través de la reutilización transformación reciclado o regeneración². Estas no se descomponen fácilmente por lo que son utilizados en procesos productivos como materia prima.

1.1.1.2 Residuos sólidos no aprovechables. Es todo material sustancia solida o semisólida de origen orgánico e inorgánico proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales; que no ofrece ninguna posibilidad para su aprovechamiento, reutilización o incorporación al proceso productivo; que requieren un tratamiento y su disposición final genera costos³.

¹COLOMBIA.MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDAY DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1713 (7, agosto, 2002) Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá, D.C, 2002.N°. 44.893. 5 p.

² Ibid., p.6.

³Ibid., p.6.

1.1.1.3 Residuos Sólidos Orgánicos. Son aquellos materiales sólidos o semisólidos de origen animal o vegetal que pueden ser desechados, descartados o rechazados y su principal característica es que son biodegradados⁴. Se puede considerar como residuo aprovechable, con la diferencia que estos pueden necesitar un tratamiento anterior para su posterior aprovechamiento. Es decir, residuos naturales que se descomponen fácilmente al ambiente.

1.1.2 Separación en la fuente. Actividad que realiza los generadores de residuos seleccionando y almacenando los residuos para su posterior transporte, aprovechamiento, tratamiento o disposición final; garantizando la calidad de los residuos aprovechables. Para lo cual son clasificados en canecas de colores y diferenciarlos. (Cuadro 1 y Cuadro 2)

Cuadro 1. Código de colores para residuos domésticos.

RESIDUOS DOMÉSTICOS	
Aprovechables	Color recomendado :Blanco
No aprovechables	Color recomendado :Negro
Orgánicos	Color recomendado :Verde

FUENTE: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICASY CERTIFICACION: Gestion ambiental: Residuos solidos Guia para la separacion en la fuente.Bogota D.C. ICONTEC 2009

⁴ JARAMILLO HENAO, Gladys; ZAPATA MÁRQUEZ, Liliana María. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. 2008. p. 27.

Cuadro 2. Clasificación de los residuos según su composición.

TIPO DE RESIDUOS	
Aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cartón y papel ❖ Vidrio ❖ Plástico ❖ Residuos metálicos ❖ Textiles ❖ Madera ❖ Cuero ❖ Empaques compuestos
No aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Papel higiénico, paños húmedos, pañales, toallas sanitarias, protectores diarios. ❖ Papeles encerados, plastificados, metalizados. ❖ Cerámica ❖ Vidrio plano. ❖ Huesos ❖ Material de barrido ❖ Colillas de cigarrillos. ❖ Materiales de empaque y embalajes sucios
Orgánicos biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Residuos de comida ❖ Cortes y poda de materiales vegetales ❖ Hojarasca

FUENTE: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICASY CERTIFICACION: Gestion ambiental: Residuos solidos Guia para la separacion en la fuente.Bogota D.C. ICONTEC 2009

1.1.3 Lixiviados. Los lixiviados son líquidos generados por el exceso de humedad que se encuentran en los residuos sólidos, pasando el agua lentamente por los materiales porosos los lixiviados son considerandos contaminantes altamente peligrosos del relleno sanitario llegando a infectar a las fuentes hídricas cercanas a los rellenos sanitarios.⁵

⁵CORENA, Marion de Jesús. Sistemas de tratamientos para lixiviados generados e rellenos sanitarios. Sincelejo,2008, p. 19, Trabajo de grado modalidad monografía. Universidad de sucre. Facultad de ingeniería. AGUDELO, García Rubén Alberto. Tratamiento de Lixiviados Producidos en Rellenos Sanitarios. Universidad de Antioquia. 2001

1.1.3.1 Características de los lixiviados. Las características de los lixiviados dependen de los residuos de los que provienen y es por esto que es muy complejo establecer la composición específica de los lixiviados. La composición puede ser medida por parámetros físicos, químicos inorgánicos, químicos orgánicos y toxicidad⁶.

Los lixiviados del compostaje se generan por el exceso de humedad que tenga el compost producido por la descomposición de la materia orgánica. Presentan por lo general un desagradable olor, un color café que es generado por el material orgánico formado por ácidos húmicos y fállicos contenidos en ellos. Comprende un contenido alto de carbono, nitrógeno y en menor cantidad de fosforo, potasio y calcio por lo cual este producto puede ser aprovechado como fertilizante líquido. Esto solo es posible si su relación carbono nitrógeno no es superior a 20, si es superior, se puede realizar un tratamiento previo a ser aprovechado como fertilizante.⁷

1.1.4 Abonos Orgánicos. Los abonos orgánicos son definidos como materiales de origen vegetal y/o animal estabilizado y manejado de manera ambientalmente limpia, su principal función es la de ser agregado al suelo para la nutrición de las plantas⁸.

1.1.5 Compostaje. El compostaje es una actividad para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de manera controlada; la cual se realiza por procesos de descomposición a la materia orgánica hasta tener un producto que ayude al favorecimiento de los nutrientes del suelo. Es un proceso de biodegradación de la materia orgánica (vegetal o animal), con ayuda de la actividad de diversos microorganismos que crecen y se reproducen durante la descomposición de la materia, cumpliendo con los diferentes factores para que el producto final sea higiénico, asimilable para el ambiente, y de calidad; imita a la naturaleza cuando transforma los restos vegetales y animales en nutrientes para re iniciar el ciclo.⁹

El proceso se puede llevar a cabo por diferentes técnicas, es importante que al momento de la escogencia del procedimiento a utilizar se tenga en cuenta, el espacio los materiales la seguridad higiénica, el tiempo para el desarrollo de la actividad. Se pueden clasificar en:

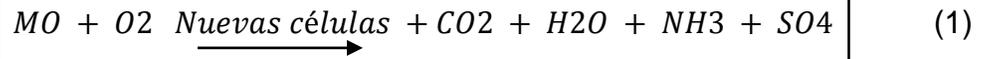
⁶Ibíd., p. 20-27.

⁷BATALLÁN, CA Romero. Aprovechamiento integral de lixiviados. *Universidad de Salamanca, Salamanca*, 2010.p. 5-6

⁸ COLOMBIA.MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Resolución N°187 de 2006 (31, julio, 2006) por el cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológico. Bogotá, D.C, 2006. p. 3.

⁹ROMÁN, Pilar; MARTÍNEZ, María M.; PANTOJA, Alberto. Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. 2013.p.22.

1.1.5.1 Compostaje aerobio. La materia orgánica es transformada con ayuda de microorganismos aerobios en presencia de oxígeno, gracias a la sumatoria de proceso metabólicos complejos aprovechando el nitrógeno y el carbono presente generando calor y un producto sólido estable con mejores características organolépticas. Que se puede determinar según la ecuación genérica ecuación 1.¹⁰



Este proceso está caracterizado por tener 3 etapas metabólicas¹¹.

1. Etapa mesófila: es donde inicia la actividad microbiana de las bacterias mesofílicas a biodegradar, la materia orgánica en moléculas más simples obteniendo un incremento de energía evidenciada en forma de calor haciendo que la temperatura del proceso aumente de una temperatura ambiente a temperaturas no mayores a 45 °C.
2. Etapa termófila: en esta etapa se degradan las moléculas de mayor tamaño como son las proteínas, grasas, celulosa y lignina obteniendo temperaturas mayores de 45 °C. Esto gracias a que los microorganismos son reemplazados por bacterias termófilas alcanzando una temperatura máxima de 60 a 70 °C destruyendo bacterias y contaminantes como la *Escherichia Coli* y *Salmonella* obteniendo un producto higienizado.
3. Etapa de enfriamiento y maduración: disminuye de la temperatura ya que se agotan las fuentes de energía para los microorganismos como son, el nitrógeno y el carbono descendiendo la temperatura hasta los 45 – 40 °C, pero continuando con la degradación de los polímeros, mejorando las características organolépticas del compost. Terminando la etapa de enfriamiento sigue la etapa de maduración llegando a una temperatura ambiente la cual puede llegar a durar meses.

Para que el proceso de compostaje se desarrolle favorablemente, sea higiénico y asimilable para el medio ambiente; se debe realizar un monitoreo de las variables como lo son; la relación carbono nitrógeno, la temperatura, el pH, la humedad y la aireación. Con esto evitar los riesgos de fitotoxicidad y así obtener un compost de calidad.¹²

1. Relación carbono-nitrógeno: estos son nutrientes importantes para el funcionamiento de los procesos metabólicos que se llevan a cabo, ya que estos nutrientes sirven como sustrato, ayudando a la generación de energía y

¹⁰Ibíd., p.18.

¹¹ Ibíd., p.23-25.

¹² Ibíd., p.25-30.

síntesis de proteínas de los microorganismos involucrados en el proceso. Sin la correcta relación de carbono nitrógeno este puede generar malos olores por un exceso de nitrógeno y un proceso lento por exceso de carbono. Esta relación va cambiando a lo largo del proceso obteniendo una relación C/N menor al finalizar el proceso.

2. pH: La medición del pH indica la concentración de hidrogeno dentro del proceso; esta medición se puede realizar directamente con tiras de pH o con una solución acuosa mezclando una muestra de compost con agua para enseguida medirla con pH metro o tira indicadora. Para que los microorganismos pertenecientes al proceso del compost tengan un buen funcionamiento el valor de pH tiende a valores cercanos a la neutralidad evitando el crecimiento de hongos.
3. Temperatura: Esta variable está en función de la fase del proceso en la que se encuentre. Determinando que el proceso de compostaje es exotérmico llegando a temperaturas no mayores de 70 °C. Se puede medir gracias a la utilización de termómetros o introduciendo barras de metal o de madera.
4. Humedad: Esta variable depende de las condiciones físicas que tenga las materias primas a utilizar en el proceso de compostaje así también como del sistema en el cual se esté realizando el proceso. Si la humedad es baja la actividad microbiana será muy poca generando que no se completen todas las etapas del proceso, obteniendo un producto inestable. Si la humedad es alta, el agua que se encuentra dentro del proceso se satura interfiriendo con la oxigenación de los microorganismos presentes.
5. Aireación: esta variable permite la oxigenación del proceso ya que este proceso utiliza microorganismos aerobios los cuales respiran oxígeno y liberan dióxido de carbono. La aireación en el proceso evita la compactación del material generando zonas anaerobias por exceso de humedad; pero excesiva oxigenación puede disminuir las temperaturas haciendo que esta no cumpla con las diferentes etapas del compostaje.

1.1.5.2 El tamaño de partícula. es un factor importante ya que de este depende el tiempo de reacción y aumento de temperatura para el inicio del proceso de compostaje, puesto que, entre más pequeña sea el tamaño de la partícula mayor área superficial tendrán los microorganismos para degradar la materia orgánica.

1.1.5.3 Compostaje anaerobio. Es el proceso donde se produce de la descomposición de la materia orgánica sin presencia de oxígeno por medio de microorganismos anaerobios. De este compostaje se puede obtener metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, amoníaco y lodos; los lodos pueden ser empleados como fertilizantes debido a su capacidad de mejorar los suelos. Ya que

los procesos de compostaje anaerobio son complejos, estos se realizan en menor proporción que los procesos de compostaje aerobio aunque estos son importantes ya que permiten generar biogás a partir de residuos, animales, agrícolas y residuos sólidos urbanos¹³

¹³VARNERO, María. Manual de biogás. *Santiago de Chile, Chile: FAO*, 2011.p.14

2. DIAGNOSTICO

En este capítulo se presenta información sobre el conjunto, cantidad de residuos generados, caracterización físico químicas, para determinar las condiciones iniciales en el aprovechamiento de estos por el proceso del compost, estableciendo las condiciones para la utilización de los lixiviados como subproducto de este proceso.

2.1 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

Debido al alto crecimiento poblacional que se viene dando en el mundo se diagnostica un aumento en la cantidad de residuos que se producirán para el año 2030; en donde el 34% de estos residuos lo producen los países con más altos ingresos siendo los plásticos la mayor problemática, ya que, si no se tiene una buena disposición final de estos, pueden llegar a contaminar ecosistemas por cientos de años. Los plásticos representan el 12 % de los desperdicios producidos mundialmente y el 44 % de las basuras que se producen a nivel mundial, son residuos orgánicos. Determinando que la correcta disposición de los residuos es crítica para lograr ciudades sostenibles. Según el informe del banco mundial “what a waste 2.0” un tercio de los residuos se recupera mediante el reciclaje y el compost para los países desarrollados pero en los países en desarrollo solo el 4% de los residuos se recicla.¹⁴

Así como a nivel mundial, en Colombia la producción de residuos sólidos es consecuencia de las actividades económicas y actividades diarias de los habitantes generando 12 millones de toneladas para el año de 2017 unas 30.081 toneladas diarias de los cuales el 40% de estos son residuos aprovechables debido a que la mayoría son basuras de un solo uso como; bolsas plásticas, botellas plásticas y con una debida separación desde la fuente estas pueden ser reutilizables y así ir acojinándose a la economía circular.

Colombia cuenta con 1102 municipios y 216 sitios autorizados para la disposición final. El país cuenta con 144 rellenos sanitarios, 8 celdas de contingencia y 3 plantas de tratamiento pero gracias a la gran acumulación de residuos que llegan a los diferentes sitios autorizados esto está acabando con la vida útil de ellos, según la Superintendencia de servicios públicos y domiciliarios entre el 60% el 70% de los residuos generados son orgánicos los cuales pueden ser aprovechados por el método del compostaje, con ello disminuir la cantidad de

¹⁴LIU Andy. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. 20 de septiembre. [Consultado: el 22 de diciembre-2019]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>.

residuos que buscan una disposición final y así mejorar la vida útil de los rellenos.¹⁵

La tabla 1 Presenta la cantidad de residuos sólidos que se generan diariamente por departamento y en el distrito capital.

Tabla 1. Toneladas promedio diarias por departamento y distrito capital

Departamento y Distrito capital	Toneladas diarias promedio
Guainía	Sin Información
Vaupés	4
Risaralda	5
Amazonas	9
Vichada	19
Guaviare	41
Archipiélago de San Andrés...	70
Choco	103
Putumayo	113
Arauca	141
Caquetá	176
La Guajira	288
Casanare	341
Quindío	348
Sucre	394
Cauca	395
Huila	520
Meta	558
Boyacá	561
Nariño	569
Córdoba	685
Magdalena	725
Caldas	732
Cesar	733
Tolima	784
Norte de Santander	967
Santander	1303
Cundinamarca	1623
Bolívar	2018
Atlántico	2766
Valle del Cauca	3382

¹⁵ MONTERROSA, Heidy. Hasta 70% de los residuos sólidos del país se pueden transformar en compostaje. En: LA REPUBLICA. 23 agosto. [en línea]. Bogotá D.C. Disponible en: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/hasta-70-de-los-residuos-solidos-del-pais-se-pueden-transformar-en-compostaje-2762298>

Tabla 1. Continuación

Departamento y Distrito capital	Toneladas diarias promedio
Antioquia	3442
Bogotá D.C	6265

Fuente: SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS. Informe de disposición final de residuos sólidos 2017. Bogotá D.C.; 2018, p.21-32 [Consultado:22 de diciembre 2019] Disponible en: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf

De la tabla 1, se pudo observar que, en Bogotá como distrito capital, es la ciudad que produce más residuos sólidos seguidos por los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico, esto debido a la densidad poblacional que se tienen cada uno de estos.

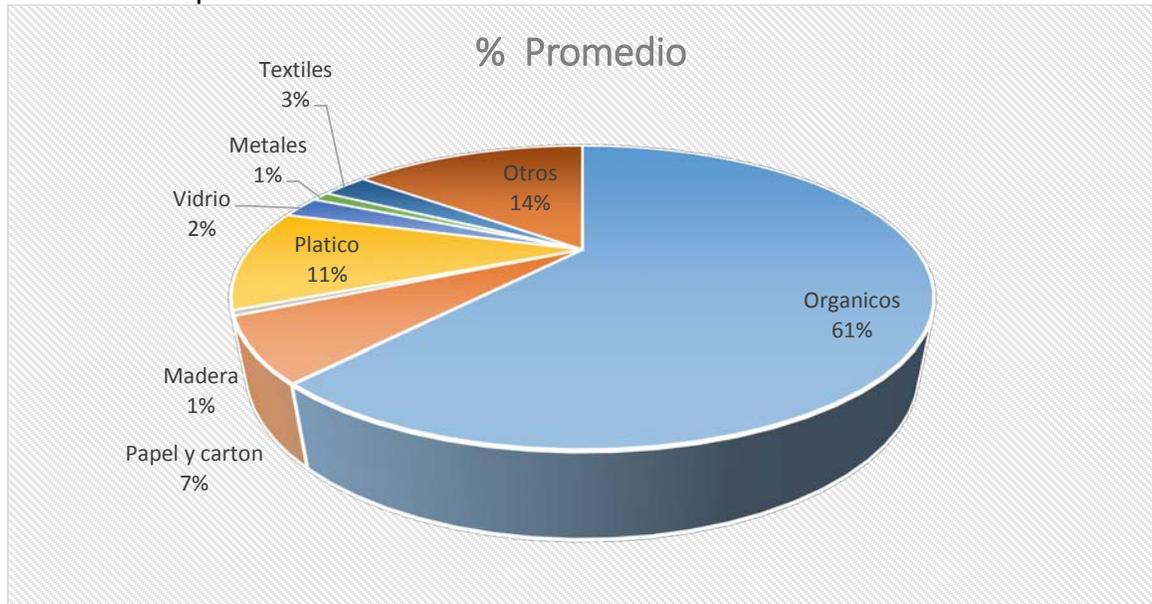
Guainía para el “informe de disposición final de residuos sólidos 2017” no suministró información sobre la cantidad de residuos sólidos que se generan en el departamento.¹⁶

Hablando de la clasificación en la generación de los residuos sólidos en Colombia se observa en la gráfica 1 que las grandes ciudades que pertenecen a los departamentos que más residuos sólidos generan el 61.5% corresponde a residuos orgánicos proporcionados por desperdicios en las etapas de producción, post cosecha, procesamiento industrial, etapas de distribución y consumo en los hogares. El otro 38.46% se encuentra distribuido entre madera, papel, cartón, plástico, vidrio, metales, textiles, entre otros.¹⁷

¹⁶ SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS. Informe de disposición final de residuos sólidos 2017. Bogotá D.C.; 2018, p.21-32 [Consultado:22 de diciembre 2019] Disponible en: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf

¹⁷CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C. 21 de noviembre de 2016 Documento CONPES 3874 .Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Gráfica 1. Porcentaje promedio de residuos sólidos generados en las principales ciudades del país.



Fuente: CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C. 21 de noviembre de 2016 Documento CONPES 3874 .Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Boyacá está conformada por 123 municipios en donde existen 9 sitios para disposición final de los residuos sólidos, 6 de estos son rellenos sanitarios, 2 son celdas transitorias y 1 botadero a cielo abierto. Según la tabla 1 el departamento genera 561 toneladas diarias de basuras depositadas así:¹⁸

1. Celda transitoria Numa, la cual queda ubicada en el municipio de Busbanza el cual recibe mensualmente 0.6 toneladas mensuales.
2. Relleno sanitario carpacho, ubicado en Chiquinquirá recibiendo 984.7 toneladas mensuales de 4 municipios.
3. Relleno sanitario Las Garzas de la ciudad de Cubara, recibe 23.26 toneladas mensuales solo de esta ciudad.
4. Celda transitoria Barro Blanco del municipio de Quipama, recibiendo 15.33 toneladas mensuales del municipio.

¹⁸ SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS, Op. cit. p. 144-146

5. Relleno sanitario Planta Regional de Residuos Sólidos en Garagoa, recibiendo los desechos de 5 municipios para un total de 257.2 toneladas mensuales.
6. Relleno sanitario La Victoria atendiendo al municipio de la Victoria, con 10.9 toneladas mensuales
7. En el municipio de Coper existe un botadero a cielo abierto El Vivero, que recibe 3.3 toneladas mensuales de este.
8. El Relleno Sanitario Parque Ambiental Pirgua de la ciudad de Tunja, recibe los desechos de 104 municipios con un total de 7493 toneladas mensuales.
9. Relleno Sanitario Terrazas del Porvenir ubicado en la ciudad de Sogamoso, el cual recibe 5165.4 toneladas mensuales de 43 municipios.

De lo anterior se evidenció, que, al relleno sanitario de la ciudad de Tunja, es el sitio de disposición final de residuos sólidos en Boyacá que recibe más toneladas de basura al mes puesto que es el que suple las necesidades de disposición final de 104 municipios en el departamento cabe aclarar que algunos municipios reparten sus desechos entre el relleno sanitario de la ciudad de Tunja y de la ciudad de Sogamoso.

En Colombia y en el mundo se viene dando una economía lineal la cual está afectando los ecosistemas y con esto disminuyendo la vida de esto. Para contra restar esto, se requiere tener una sostenibilidad ambiental la cual se basa en obtener una economía circular; en Colombia se quiere fructificar cada uno de los residuos sólidos aprovechables para mejorar la vida útil de los rellenos, esto se logra mejorando la educación e información que tiene los habitantes para evitar la generación de los residuos; realizando la correcta separación en la fuente, la reutilización y disminución de los residuos sólidos generados en las ciudades. Ya que según los estudios hechos para el 2017 por CONPES Colombia para el año 2030 se llegará a una generación de residuos de un 18.74 millones de toneladas anuales los cuales sin un correcto uso de los residuos los rellenos sanitarios existentes no contarán con la capacidad para recibirlos de los cuales 61% son residuos orgánicos siendo estos residuos aprovechables por medio de un proceso de compostaje gracias a su rápida degradación.

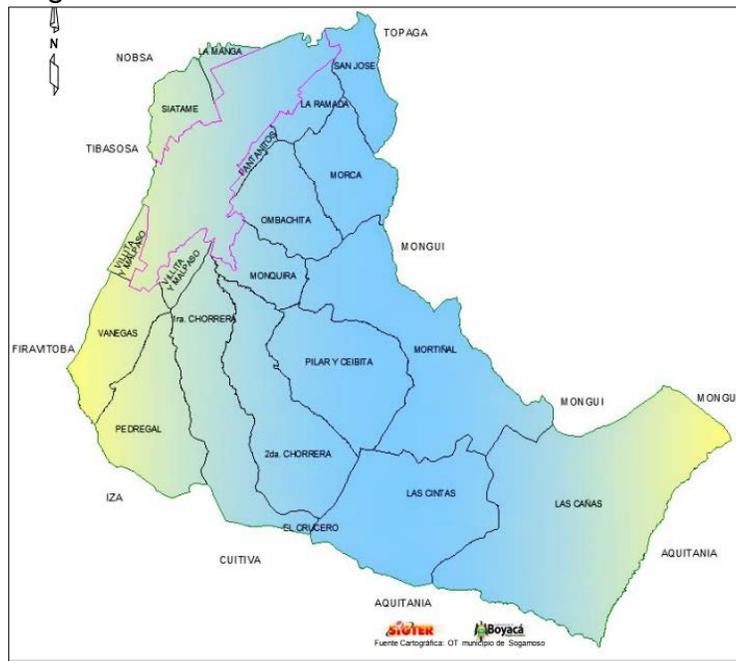
2.2 INFORMACIÓN DEL MUNICIPIO

Esta propuesta se desarrolla en la zona urbana del municipio de Sogamoso que está ubicado en el departamento de Boyacá a 210 Km de Bogotá, donde se encuentra el Conjunto Residencial la Colina; el municipio de Sogamoso se localiza en la provincia de Sugamuxi siendo este la capital de la provincia; limita con Nobsa, Mongui, Topagá, Aquitania, Cuitiva, Tibasosa, Iza, Firabitova. Teniendo

una extensión total de 208.54 km² con una área urbana de 30.54 km². Se encuentra dividido por 67 barrios en el área urbana y 17 veredas en el área rural. La figura 1 evidencia la división política del municipio y sus límites. Sogamoso cuenta con dos paisajes (montaña y altiplano), dos tipos de climas (frio y paramo) y dos tipos de humedad una seca por debajo de los 3.000 msnm y otra húmeda en la alta montaña. Cuenta con una temperatura promedio anual entre 13.7 y 14.8 °C.¹⁹

La actividad económica del municipio se basa principalmente en la industria manufacturera, minera y agricultura especialmente de papa y cebolla,²⁰ por su posición geográfica es prestadora de servicios de comercio, actividades industriales y una amplia gama de servicios sociales personales y comunitarios para los municipios aledaños de este; cuenta con nexos económicos sociales y culturales con el departamento del Casanare.

Figura 1 Ubicación geográfica del municipio de Sogamoso.



Fuente: MUNICIPIO DE SOGAMOSO. División política [en línea] (Consultado el 22 de mayo de 2019) Disponible en: <https://www.dapboyaca.gov.co/wpcontent/uploads/2015/06/SOGAMOSO-VEREDAL.pdf>

¹⁹ ALCALDIA DE SOGAMOSO: Geografía.[sitio web] Sogamoso.[Consultado : 22 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/geografia>

²⁰ ALCALDIA DE SOGAMOSO: Ecología. [sitio web] Sogamoso. [Consultado: 19 de diciembre 2019]. Disponible en: <http://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/ecologia>

El municipio de Sogamoso dispone de la empresa prestadora de servicios públicos que se llama Compañía de servicios públicos de Sogamoso S.A ESP (COSERVICIOS S.A ESP) que es una empresa mixta en donde el municipio aporta un 65 % de los aportes ²¹.

En la tabla 2 se representan la disposición de residuos en el relleno terrazas del porvenir desde el año 2015 hasta el año 2019 en toneladas por mes según el SIU Sistema Único de Información servicios públicos domiciliarios.

Tabla 2. Toneladas de residuos dispuestos en el relleno terrazas del porvenir

Mes	Toneladas de residuos dispuestos				
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
Enero	2199,03	1863,02	2434,07	2394,26	2366,16
Febrero	1842,33	1936,5	2024,43	2059,08	2035,55
Marzo	2003,68	2026,47	2472,36	2120,03	Sin datos
Abril	1947,94	2320,32	2400,97	2692,37	2347,23
Mayo	1861,75	2157,01	2450,07	2590,16	2391,75
Junio	2145,38	2050	2379,12	2347,89	2220,43
Julio	2432,33	1878,48	2465,51	2406,83	2395,23
Agosto	2185,01	2324,93	2477,82	2415,76	2349,08
Septiembre	2086,08	2155,4	2186,85	Sin datos	2186,63
Octubre	2050,69	2176,57	2309,76	2408	2379,29
Noviembre	2028,52	2549,3	2340,62	2332,50	2335,67
Diciembre	2150,66	2614,01	2426,19	2347,19	2486,64
Promedio	2077,78	2171,00	2363,98	2176,17	2124,47
Total	24933,40	26052,01	28367,77	26114,07	25493,66

Fuente: elaboración propia con base en: Sistema único de información SUI [en línea]. Disponible en: http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ase_com_134

En la cual se observa un aumento en las toneladas promedios que recibe el relleno de los residuos hasta el 2017 por lo que para el año de 2018 la empresa prestadora toma la medida de cierre provisional a la actividad de disposición final de los residuos por agotamiento de la vida útil del relleno suspendiéndose hasta el 2019 y se concreta con los municipios a los que se les presta el servicio que se realice actividades con el fin de disminuir la generación de residuos que llegan al relleno evidenciando la disminución de los residuos para el año 2018 y 2019.

²¹ ALCALDIA DE SOGAMOSO, Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos-PGIRS- del municipio de Sogamoso.Sogamos,2015. p.22.

En cabeza del alcalde municipal Miguel Ángel García se realizó la actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos para el año 2015, define que la empresa de servicios públicos se encarga del servicio de aseo, que incluye la recolección y transporte de los residuos sólidos que genera el municipio, se determinó que el municipio genera 2066 toneladas mensuales en promedio.²²

Para el transporte y recolección de los residuos en el área urbana, la empresa de servicios cuenta con una frecuencia de recolección de 2 veces por semana divididas en 3 macro rutas las cuales llevan los residuos hacia el relleno sanitario Terrazas del Porvenir. Determinaron que estas macro rutas de recolección están divididas en tres así: macro ruta centro con días de recolección lunes y jueves, macro ruta sur los días martes y viernes y macro ruta norte los días miércoles y sábado²³.

En el 2018, el municipio realizó el pesaje de los residuos sólidos domiciliarios recogidos y transportados determinando un total de 60.13 Ton/día de residuos sólidos que llegan el relleno sanitario, con una producción de residuos sólidos por macro ruta así: 20.13 Ton/día por macro ruta centro; 18.24Ton/día macro ruta norte y 21.76 Ton/día macro ruta sur.²⁴

2.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN EL CONJUNTO RESIDENCIAL LA COLINA

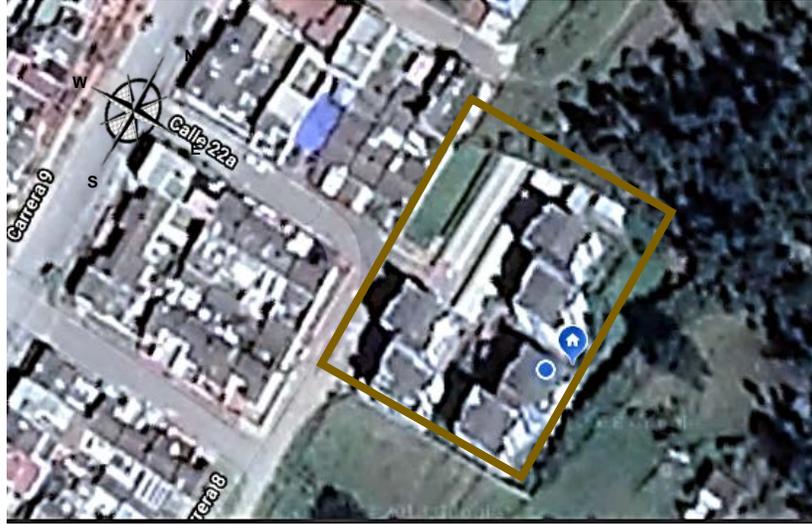
La muestra objeto del estudio de este trabajo es el Conjunto Residencial La Colina, ubicado en la zona centro del municipio de Sogamoso en la dirección carrera 8 N° 22 - 40 barrio los alisos, zona centro. El conjunto está constituido por una extensión de 6400m² de las cuales el 10% de la extensión son zonas verdes; limita por el Norte, Oriente y Sur con zona boscosas como se muestra en la Figura 2. Está constituido por 3 bloques cada uno de estos formado por 8 apartamentos exceptuando el Bloque A el cual cuenta con la adición de 1 aparta-estudio en el primer piso. En la Figura 3 se muestra la conformación de un bloque evidenciando que estos cuentan con dos sub-bloques de 4 apartamentos cada uno.

²²Ibid, p.22.

²³Ibid, p.27.

²⁴OFICINA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y MEDIO, Implementación, seguimiento y evaluación del PGIRS 2017 - 2027 del municipio de Sogamoso.Sogamoso,201, p.20.

Figura 2. Ubicación del Conjunto residencial la colina.



FUENTE: GOOGLE MAPS. Sogamoso; barrio los alisos [en línea]. [Consultado 10 marzo 2019]. Disponible en: https://www.google.com.co/maps/@5.7231203,72.9199973,193m/data=!3m1!1e3_

Figura 3. Compleción del Bloque B conjunto residencial la colina



FUENTE: GOOGLE MAPS. Sogamoso. Barrio los alisos [en línea]. [Consultado 10 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@5.7231203,72.9199973,3a,31y,89.06h,109.07t/data=!3m6!1e1!3m4!1sOzK4UxzGNVNX1eMIUUHPaA!2e0!7i13312!8i6656?hl=es-419&authuser=0>

El municipio está dividido en 3 macro rutas para la recolección de basuras como se diferencié anteriormente, el cual el conjunto pertenece a la macro ruta centro en donde el camión recolector de residuos recorre la zona los días lunes y jueves. Teniendo esta información y para determinar la cantidad de residuos sólidos domiciliarios producidos a la semana por el total de los habitantes del conjunto se pesaron los residuos recolectados y almacenados por 4 días (jueves, viernes, sábado y domingo) de los residentes del conjunto los cuales se pesaron el día lunes en donde se obtuvo un peso aproximadamente 175 kg para el total de los residuos sólidos domiciliarios y con esto obtener 1.313,83 kg mensuales. Teniendo esta información se realiza el cálculo per capital de los residuos el cual determina el comportamiento de las personas en la generación de residuos así:

$$PPC = \frac{TOTAL\ DE\ RESIDUOS}{TOTAL\ DE\ HABITANTES} \quad (2)$$

Según el banco internacional de desarrollo los latinoamericanos producimos 0.63 kg de residuos al día. Realizando este cálculo para los residuos generados en el conjunto obtenido el cálculo per capital de 0.57 Kg/habitante día.²⁵ Este dato se compara para verificar si es acorde con el valor per capital del municipio el cual es según la actualización del PGIRS para el año 2014 es de 0.70 Kg/habitante día ya que es el dato más confiable que se tiene en los últimos años.

Para determinar qué tipo y la cantidad de residuos sólidos se generan en el conjunto, se realiza una convocatoria abierta en donde se entrega personalmente un folleto explicando las diferentes clases de residuos la definición de compost; entre otros (anexo A). Para la caracterización se realiza una técnica de muestreo poblacional en el que garantiza un análisis estadístico, ahorrando tiempo y dinero; escogiendo una muestra poblacional no probabilística por conveniencia, es un tipo de muestreo en donde la población no tiene las mismas posibilidades de ser escogidos siendo útil para estudios pilotos y desarrollos de hipótesis²⁶. Para el desarrollo de este proyecto la muestra a analizar son las personas que viven en el conjunto residencial la colina, generadoras de residuos sólidos orgánicos con una muestra de 22 personas que corresponden a un 29 % de los habitantes del conjunto.

La recolección de los residuos sólidos domiciliarios separados desde la fuente, generada por el 29 % de los habitantes del conjunto residencial la colina se realiza

²⁵ ALCALDIA DE SOGAMOSO, Op. Cit., p.25.

²⁶ SCHARAGER, Judith; REYES, P. Muestreo no probabilístico. *Metodología de la investigación para las ciencias sociales. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2001.p.1-3*

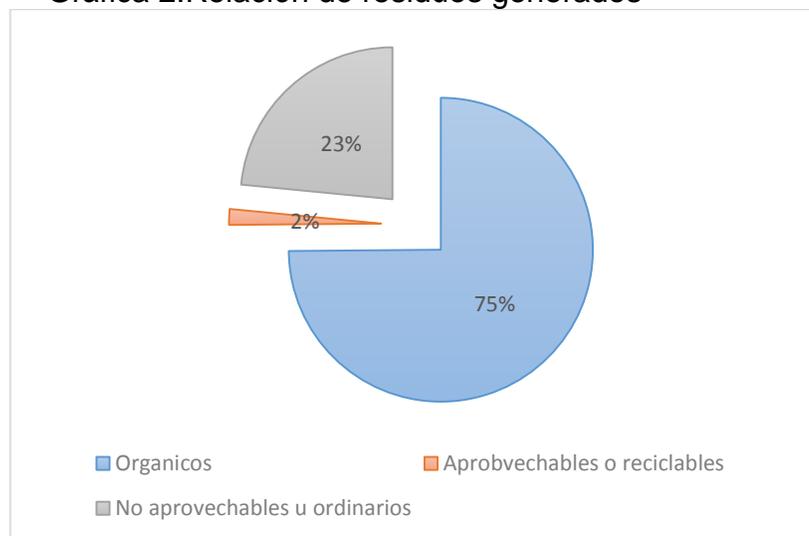
con el fin de identificar y cuantificar los residuos sólidos que se genera en cada uno de los hogares; dichos residuos son recolectados el día sábado con un tiempo de 8 días de separación de los residuos sólidos domiciliarios esto se realiza con el fin de que los resultado de los cálculos pertinentes se obtengan con una mayor certeza. Durante los 8 días se recolectaron 90 kg residuos sólidos domiciliarios clasificados de la siguiente manera:

Aprovechables o reciclables: 1.5kg de residuos sólidos en donde predomina el cartón, cartones de huevo y el plástico

No aprovechables u ordinarios: 21 kg de residuos sólidos en donde se encuentra papel higiénico, el barrido de las casas, cigarrillo, residuos de cocina que tuvieron un tratamiento térmico y desechos cárnicos como huesos piel escamas etc.

Orgánicos: 67 kg de residuo sólidos orgánicos o desperdicios de cocina sin tratamiento térmico como cascara de plátano, tomate, papa etc.

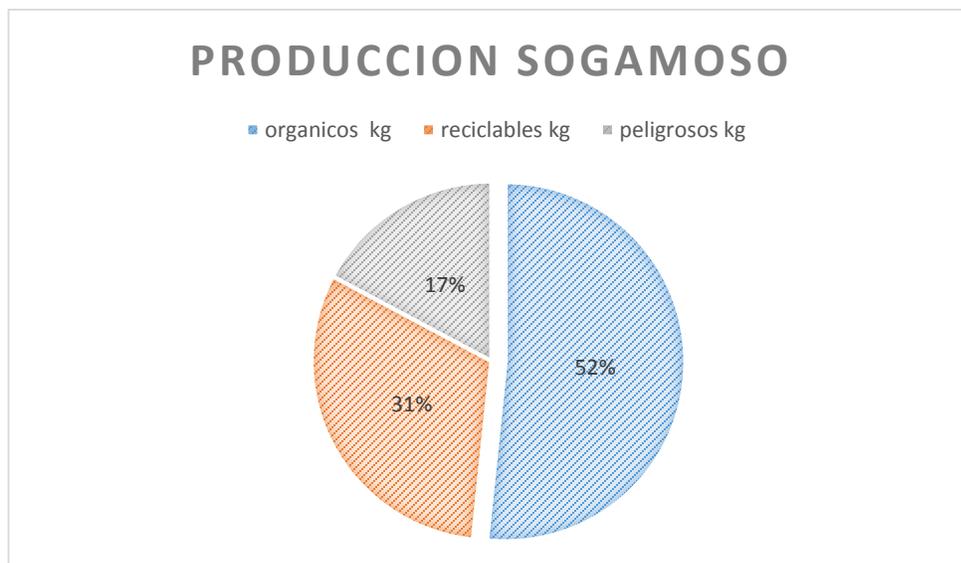
Gráfica 2. Relación de residuos generados



Fuente: elaboración propia

La gráfica 2 evidencia la generación de residuos sólidos domiciliarios en el conjunto residencial la colina del 29% de los habitantes la cual es la muestra poblacional; en donde el 75% de los residuos recolectados son residuos orgánicos, que si se disponen correctamente representan una minimización del impacto que estos generan en su disposición final, estos residuos son biodegradables o de fácil degradación en donde si se realiza un aprovechamiento adecuado produce beneficios al ser utilizados como materia prima en el proceso de compostaje.

Gráfica 3. Producción de residuos en Sogamoso.



Fuente: elaboración propia con base en: ALCALDIA DE SOGAMOSO, Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos-PGIRS- del municipio de Sogamoso.Sogamoso,2015.

Se realiza una comparación con los residuos generados para el 2014 y según la actualización de la PGIRS en 2015 un 52% de los residuos que llegan al relleno son orgánicos aprovechables por el método de compostaje esto quiere decir que este es un método viable para el aprovechamiento de los residuos el cual se quiere que aumente este porcentaje realizando diferentes capacitaciones y concientizando a la gente para disminuir el porcentaje de residuos peligrosos.

Comparando la gráfica 1 producción de residuos en Colombia la gráfica 3 producción en Sogamoso y la gráfica 2 producción en el conjunto, se mantiene que el mayor porcentaje de residuos sólidos que se generan son orgánicos, los cuales son aprovechables por el método de compostaje. Evidenciando que en promedio el porcentaje de residuos sólidos orgánicos que se generan es de 60%.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

El compost, es un proceso biológico el cual los residuos sólidos orgánicos con ayuda de bacterias realiza transformación de estos residuos en abono orgánico²⁷, para el correcto funcionamiento de las etapas del compost asegurando las condiciones necesarias y obtener un producto de calidad, se realiza caracterización de los residuos sólidos orgánicos determinando el valor Carbono-Nitrógeno y la humedad de los mismos, como variables importantes en la toma de

²⁷RÖBEN, Eva. Manual de compostaje para municipios. *Municipalidad de Loja, Loja, Ecuador, 2002.p.4*

decisiones durante el proceso de transformación. Como se muestra en la tabla 3 extraída del manual del compostaje donde muestra los valores de C/N y humedad de residuos orgánicos más comunes para la formulación inicial ²⁸

Tabla 3. Valores de humedad y C/N

Material orgánico	Relación C/N	Humedad %
Porcina	13	80
Papel periódico	400	5
Residuos de comida	19	69
Hojas verdes	16	70
Hojarasca	54	38
Viruta de madera	400	5
Aserrín	400	10
Urea	11	50

Fuente: elaboración propia con base en :SEPULVEDA, L.; ALVARADO, J. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. *Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia, 2013.*

En donde se evidencia que para los residuos de cocina se tiene una relación C/N de 19 y humedad de 69% y de hojarasca de 54 relación C/N y 38 % de humedad. Para obtener mejor precisión se realiza la caracterización físico químico de las materias primas a utilizar en la experimentación; las cuales son residuos sólidos orgánicos provenientes de las 22 personas que habitan el conjunto residencial la colina de modo que no presentan ningún tipo de cambio térmico. La hojarasca proveniente del conjunto la cual pertenece a las zonas verdes de este. Las cuales son recolectadas por el personal encargado del aseo, son retiradas en promedio 5 kg de hojarasca.

²⁸ SEPULVEDA, L.; ALVARADO, J. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. *Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia, 2013.p35-36*

Para la caracterización de las materias primas se recolecta una muestra de 300 g de residuos orgánicos, por medio de la técnica de cuarteo, la cual consiste en homogenizar todos los residuos, realizando un círculo el cual se dividirá en 4 partes descartando dos de ellas diagonalmente repitiendo este proceso hasta disminuir la muestra al tamaño deseado, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Técnica de muestreo.



Fuente: elaboración propia

El análisis correspondiente de los parámetros se realiza en el laboratorio AGRILAB, ubicado en la ciudad de Bogotá en la dirección Calle 79B n° 70 – 16; donde se entregan 300g de residuos sólidos orgánicos como muestra, resultado de la homogenización y cuarteo de 67 kg de residuos recolectados y almacenados en 8 días por el 29 % de los habitantes del conjunto residencial la colina. También se analizaron 100 g de hojarasca retiradas de las zonas verdes que posee el conjunto, realizando su oportuna homogenización y cuarto a 5 kg de hojarasca recopiladas en 1 día de recolección; los resultados obtenidos se relacionan en la tabla 4 y 5 y se muestran en el anexo B.

Tabla 4: Resultados de laboratorio de muestra de residuos de cocina

VARIABLE	RESULTADO (%)
HUMEDAD	78.2
CARBONO	6.64
NITROGENO	0.336
RELACION C/N	19

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Resultados de laboratorio de hojas secas.

VARIABLE	RESULTADO (%)
HUMEDAD	7.5
CARBONO	27.9
NITROGENO	1.03
RELACION C/N	27.1

Fuente: elaboración propia

La caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos orgánicos (tabla 4) determina que la cantidad de humedad de estos es de 78.2 % superior al rango ideal de humedad de 40 % a 60 % el cual favorece la respiración aerobia de los organismos que participan en el proceso²⁹, el contenido de humedad de las hojarasca (tabla 5) es de 7.5% rango bajo para el inicio de la transformación y producción del compostaje; por tal razón, se realiza una mezcla adecuada para conseguir las condiciones apropiadas de humedad entre residuos orgánicos y hojarasca.

La relación carbono / nitrógeno es una variable significativa en el proceso de compostaje, ya que, esta favorece el crecimiento y reproducción de los microorganismos; el rango óptimo para favorecer a las diferentes bacterias que se producen durante el proceso de compostaje es de 20 a 30 aproximadamente³⁰. Después del análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio se obtuvo una relación carbono nitrógeno de 19.8, estableciendo que los residuos orgánicos contienen un exceso de nitrógeno que puede generar mal olor debido al exceso de amoníaco que se produce durante la degradación. Por otro lado, la hojarasca cuenta con una relación carbono nitrógeno de 27.1 es decir este es un material que dispone de un contenido óptimo de carbono y nitrógeno para la producción de

²⁹ROMÁN, Pilar; MARTÍNEZ, María M.; PANTOJA, Alberto. Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. 2013.p.27.

³⁰Ibid, p.29.

compost, esto debido a que las hojas caídas contienen hasta el 80 % de los nutrientes que un árbol adsorbe durante su crecimiento³¹.

Teniendo en cuenta que la relación carbono / nitrógeno es una variable independiente, la humedad y el peso de las materias primas (residuos sólidos orgánicos y hojarasca) son variables dependientes dentro del proceso de compostaje, se realizan cálculos para determinar la cantidad de residuos sólidos orgánicos y hojarasca que se le debe adicionar a cada uno de los reactores para tener una relación óptima de C/N y con esto comenzar el proceso de compostaje beneficiando la producción de microorganismos dentro de este.

³¹GAGO, Mariana. Ecología verde: La importancia de retirar las hojas del suelo[sitio web].España(15 diciembre 2017)[consultado 18 junio 2019].Disponibile en: <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-retirar-las-hojas-del-suelo-del-jardin-877.html>

3. ESTABLECER EL PROCESO PARA EL APROVECHAMIENTO A NIVEL LABORATORIO

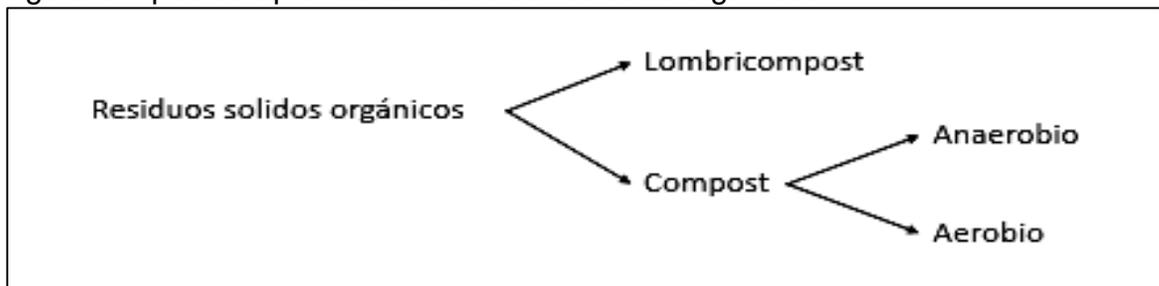
En este capítulo se analizarán los diferentes procesos para realizar el compostaje y la selección del mejor proceso para el aprovechamiento integral de los residuos; también estarán expuestos los diferentes tratamientos para el aprovechamiento de los lixiviados y el desarrollo experimental del proceso de compostaje en donde se proporciona la adecuación del terreno y las cantidades iniciales para el compostaje.

3.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE COMPOST

La selección del proceso consiste en la revisión bibliográfica, identificando los diferentes tipos de aprovechamiento que se pueden llevar a cabo con los residuos sólidos orgánicos, puntualizando que los residuos orgánicos poseen un beneficio por medio del proceso de lombricompost o del proceso de compostaje el cual se realiza en un medio aerobio o anaerobio, este tipo de compost o aprovechamiento de los residuos dependerá de los recursos que se posean al inicio de la propuesta.

En la figura 5 se observa los diferentes tipos de aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Figura 5 Tipos de aprovechamiento de residuos orgánicos



Fuente: elaboración propia

Se conviene que para esta propuesta el proceso de compostaje aerobio, puesto que no se cuenta con el dinero para la compra de la lombriz, este método está dirigido para pequeñas producciones de compost y si se quiere realizar producciones más grandes, se necesita terreno para su fabricación y tiene una duración mayor para llegar al producto final a comparación del compost. El compost aerobio es la alternativa para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en el conjunto residencial la colina ya que el proceso de compostaje anaerobio es complejo y su inversión es mayor; en cambio el compostaje aerobio tiene mayor alternativa para su desarrollo y es de bajo precio en el inicio del proceso.

El compostaje aerobio contiene diferentes etapas, cada una de estas tiene una finalidad diferente es eficiente al obtener un compost de calidad para las plantas y rentable teniendo en cuenta el control de las variables la salubridad, el tiempo y el espacio para su desarrollo. El proceso de compostaje aerobio puede llevarse a cabo en sistemas abierto o cerrados, los sistemas abiertos son divididos en pilas estáticas o pilas con volteo y los segundos son mayormente conocidos como reactores, pueden ser horizontales o verticales.

Para seleccionar que tipo de compostaje aerobio se va a emplear en la realización de la propuesta se establecen diferentes criterios de acuerdo al contexto y conociendo las ventajas y desventajas de cada uno de los procesos de compostaje como se muestra a continuación.

- **PILAS ESTATICAS:** es el sistema abierto el más económico, simple y utilizado, consiste en que los materiales a compostar se acumulan sobre el suelo o pavimento siendo muy importante la forma y medida de la pila; puede tener aireación pasiva ya que utiliza la aireación natural desde la parte inferior de la pila a la superior por convección natural; o puede tener aireación forzada en donde se basa en un aireado mecánico teniendo mayor control del oxígeno favoreciendo la actividad microbiana (Figura 6).³²

Figura 6. Pilas estáticas aireadas: (a) pilas estática aireación pasiva (b) pila estática aireación forzada.



Fuente: Sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos en el Régimen Abierto para varones del Centro de Rehabilitación Santa Cruz – Palmasola consultado: 25-4-19 disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/292320756Sistema_de_gestion_de_residuos_solidos_organicos_en_el_Regimen_Abierto_para_varones_del_Centro_de_Rehabilitacion_Santa_Cruz_-_Palmasola

³²ÁLVAREZ, José. Manual de compostaje para agricultura ecológica. *Consejería de agricultura y pesca. Andalucía, España, 2006. p.9.*

Ventaja: No utiliza volteo para la aireación por lo cual hace reducción en mano de obra o en costos mensuales.

Desventaja: La aireación necesaria se suministra con equipos para una ventilación adecuada por lo que da un aumento en el valor inicial, son necesarias grandes extensiones de terreno y no se aprovecha los sub productos del proceso de compostaje como los lixiviados gran riesgo de obtener bolsas anaerobias dentro de la pila no se tiene control de la temperatura en toda la pila.

Este proceso tiene una duración de 2 a 3 meses.

- **PILAS DINAMICAS:** es un proceso de sistema abierto, lento y simple el cual consiste en apilar el material sobre el pavimento con una leve inclinación para los lixiviados (Figura 7), el tamaño de la pila tiene que permitir su fácil manipulación con una recomendación de volteos una vez por semana para que el aire puede penetrar hasta el centro.³³

Figura 7. Pilas dinámicas con volteo.



Fuente: ÁLVAREZ, José. Manual de compostaje para agricultura ecológica. *Consejería de agricultura y pesca. Andalucía, España, 2006.* p.9.

Ventaja: La operación es fácil se realiza volteo manual o con maquinaria dependiendo del tamaño de la pila, hay un control en la humedad y en la compactación.

³³Ibid.p.7

Desventaja, Se necesitan grandes terrenos para el correcto volteo, no hay control de a los gases que generen olores desagradables y con ello atraer vectores y se pueden formar bolsas anaerobias en el centro de la pila no se tiene el control de la temperatura.

Contiene una duración de 2 a 3 meses ya que es un proceso lento.

- **REACTORES VERTICALES:** es un sistema cerrado el cual se utiliza un tanque de forma vertical considerado como reactor continuo, debido a que el material ingresa por la parte superior del mismo y el compost obtenido se retira por la parte inferior del contenedor; es el sistema cerrado para la producción de compost más usado en la zona urbana (figura 8).³⁴

Figura 8. Reactor vertical



Fuente: YGRITTE.Compost para jardín.[sitio web].España.(febrero 2011).[consultado: 10 marzo 2019]. Disponible en: <https://ygritte.wordpress.com/2011/02/22/compost/>

Ventajas: el producto compostado se retira de forma continua por la parte inferior sin la necesidad de esperar que se cumplan todas las etapas y el tiempo de compostaje para poder agregar más desechos, se tiene un control de los parámetros que permite mejorar el producto final, es de fácil manipulación, poca inversión, se necesitan áreas pequeñas para su funcionamiento y existe mayor control de los lixiviados.

³⁴GARRIDO I. Aida, Trabajo Fin de Grado: Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles. Sevilla.2015. p.24 Trabajo de grado. Universidad de Sevilla.

Desventajas: Tiene gran riesgo de compactación lo cual hace la creación de bolsas anaerobias, la humedad tiende a no ser uniforme no se lleva un control en la temperatura.

Duración: 1 a 2 meses.

- **REACTORES HORIZONTALES:** reactor de sistema cerrado el cual se utiliza normalmente un tanque cilíndrico de forma horizontal considerándose un reactor por lotes o Bach³⁵ (Figura 9). Estos reactores consisten de un cilindro horizontal que suele tener de dos a tres metros de diámetro, pueden ser estáticos o con movimiento. Estos últimos pueden ser cargados y tener un sistema de mezclado por volteo o un mezclador interno que generalmente gira a una velocidad de 2 rpm a lo largo de su eje longitudinal.

Figura 9. Reactor horizontal.



Fuente: MARIMAR. Como hacer una compostera casera.[blog].(25 de octubre de 2018).[consultado:10 marzo 2019].Disponible en : <https://elblogverde.com/compostera-casera/>

Ventajas: Permite controlar las variables del proceso, mayor control de la humedad y de la compactación; es de fácil volteo, se obtiene un producto homogéneo, mayor calidad del producto, no necesita grandes espacios para su realización, mayor control de los lixiviados y poca inversión el proceso.

Desventajas: Requiere gran inversión para la construcción del reactor y su mantenimiento a gran escala.

Duración: 20 a 30 días.

³⁵Ibid, p.25.

Para la elección de los procesos se determinan diferentes criterios de selección de cada uno de los diferentes tipos de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. El primer criterio de selección es la salubridad que tiene el proceso, debido a la ubicación de los contenedores dentro del conjunto muy cercanos a las viviendas evitando olores y cualquier tipo de plaga que pueda ocasionar enfermedades e incomodidades para los habitantes del conjunto; el segundo criterio es el tiempo debido al espacio reducido e infraestructura suficiente para el almacenamiento y control de los residuos, al ser de fácil degradación, deben ser manejados en el menor tiempo posible; un tercer criterio a tener en cuenta es el área para la realización de esta propuesta al no contar con grandes extensiones, como lo requieren algunos tipos de proceso de compostaje y por último la eficiencia, la cual determina la cantidad y calidad del producto a obtener a partir de la cantidad materia prima requerida para determinar los costos de producción.

Una vez determinados los criterios de selección y analizar las ventajas y desventajas de los diferentes procesos, se selecciona el proceso para el aprovechamiento integral de los residuos por medio de una matriz de priorización, la cual consiste en la selección de opciones sobre la base de ponderación y aplicación de criterios³⁶ en donde se priorizan los criterios según su frecuencia, su importancia o su factibilidad dándole una puntuación a cada uno de los criterio.

Para la selección del sistema de compostaje a realizar dentro del conjunto, se evaluará mediante la elaboración de la matriz de selección o priorización se dará el mismo valor o peso específico a cada uno de los criterios de selección.

Lo valores para la evaluación de la matriz se clasificará de 1 a 3 en donde 1 es el proceso que menos cumple con el criterio 2 el que cumple proceso parcialmente 3 es el proceso que más cumple; se comparan todas las opciones en función a cada uno de los criterios escogiendo la mejor opción a implementar en el desarrollo de la propuesta.

Tabla 6. Matriz de selección para el proceso de compostaje.

Proceso de Compostaje /CRITERIO	SALUBRIDAD	PESO (%)	TOTAL	TIEMPO	PESO (%)	TOTAL	AREA	PESO (%)	TOTAL	EFICIENCIA	PESO (%)	TOTAL	TOTAL
Pila Estática	2	25	0,5	1	25	0,25	1	25	0,25	2	25	0,5	1,5
Pila Dinámica	2	25	0,5	1	25	0,25	1	25	0,25	2	25	0,5	1,5
Reactor Vertical	3	25	0,75	2	25	0,5	3	25	0,75	2	25	0,5	2,5
Reactor Horizontal	3	25	0,75	3	25	0,75	3	25	0,75	3	25	0,75	3

Fuente: elaboración propia.

³⁶SINNAPS. Matriz de priorización.[blog][consultado 19 junio 2019].Disponible en: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/matriz-de-priorizacion>

La tabla 6 evalúa la matriz de selección, en donde la mejor opción que se ajusta para el conjunto, es la realización de un proceso de compostaje en reactor horizontal como aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos provenientes de los habitantes del conjunto ya que este método obtuvo un puntaje de 3 como la mayor puntuación.

3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS

Se quiere aprovechar los subproductos de la realización de compostaje como alternativa de aprovechamiento integral de los residuos sólidos orgánicos dentro del Conjunto residencial la Colina, como lo es, el lixiviado del compost, sabiendo que los lixiviados son un gran problema de contaminación en los rellenos sanitarios. Se evalúa que procedimientos se pueden realizar para el favorecimiento de estos de los cuales existen múltiples tratamientos para los lixiviados provenientes de residuos sólidos, evidenciando que son muy pocos los autores que hablan de los tratamientos de lixiviados del compost específicamente, ya que estos dependen de las características físico químicas que tengan³⁷; para lo cual se determinan 3 tratamientos principales que se pueden llevar a cabo para los lixiviados del compost de los cuales se obtuvieron buenos resultados como biofertilizante líquido .³⁸

- Tratamiento 1: Almacenamiento. En donde se mejoran las condiciones del lixiviado para ser utilizado como biofertilizante líquido.
- Tratamiento 2: Biorreactor anaerobio. Se mejoran las condiciones del lixiviado con ayuda de microorganismos externos a los que contiene el lixiviado y se determina si este contiene biogás para su posterior aprovechamiento.
- Tratamiento 3: Carbón activado. Mejora las condiciones del lixiviado absorbiendo sus nutrientes y potencializando los aportes de carbono como biofertilizante.

³⁷NOVELO, Roger Méndez, et al. Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario. *Ingeniería*, 2004, vol. 8, no 2, p. 155-163.

³⁸CRUZ CABANZO, María Angélica, et al. Evaluación a nivel de laboratorio de tres alternativas para el tratamiento y aprovechamiento de los lixiviados producidos en la planta de tratamiento de residuos orgánicos, Monte Verde del Municipio de Pacho, Cundinamarca.p.17-19

Cuadro 3 Ventajas y desventajas de los 3 tratamientos

Proceso	Ventaja	Desventaja
Almacenamiento	No necesita microorganismos ajenos para su tratamiento	No tiene buena eficiencia como biofertilizante
	Sin inversión para el tratamiento	
	No necesita materiales de laboratorio para su realización	
Biorreactor anaerobio	Producción de biogás	Inversión por los microorganismos efectivos
	Se puede realizar en cualquier sitio	Necesita de materiales de laboratorio
		Eficiencia baja
Carbón activado	Es barato	Requiere de inversión para su tratamiento
	Alta eficiencia	Difícil adquisición en Sogamoso

Fuente: CRUZ CABANZO, María Angélica. Evaluación a nivel de laboratorio de tres alternativas para el tratamiento y aprovechamiento de los lixiviados producidos en la planta de tratamiento de residuos orgánicos, Monte Verde del Municipio de Pacho, Cundinamarca.

Para la selección de que tratamiento es el más apto, se realiza una matriz de priorización para la cual se determina los criterios de selección siendo el primer criterio la salubridad siendo que el aprovechamiento se realiza dentro del conjunto y se requiere evitar malos olores para no generar incomodidades con los habitantes, el segundo criterio es el costo ya que no se cuenta con inversión suficiente para la realización de esta propuesta y el ultimo criterio es la eficiencia por que determina la cantidad y calidad del producto para su posterior beneficio. Se especifica un puntaje de 1 para el tratamiento que no cumpla con el criterio 5 para el tratamiento que cumpla parcialmente y 10 para el tratamiento que cumpla completamente.

Tabla 7. Matriz de priorización para los lixiviados

Tratamiento/ Criterio	Salubridad	PESO	TOTAL	Eficiencia	PESO	TOTAL	Costo	PESO	TOTAL	TOTAL
Almacenamiento	5	33%	1,65	1	33%	0,33	10	33%	3,3	5,28
Biorreactor	5	33%	1,65	5	33%	1,65	1	33%	0,33	3,63
Carbón Activado	10	33%	3,3	10	33%	3,3	1	33%	0,33	6,93

Fuente: elaboración propia

La Tabla 7 muestra que el tratamiento para los lixiviados del compost del conjunto es el carbón activado, teniendo en cuenta es el de más alta puntuación en la matriz de priorización. Es muy importante aclarar que para realizar un aprovechamiento de los lixiviados provenientes del proceso de compostaje se debe obtener durante el proceso de compostaje un mínimo de 500 ml de lixiviados para su análisis y tratamiento, estableciendo si es apto como biofertilizante líquido sin tratamiento alguno o si se requiere tratamiento para que sea beneficioso para las plantas.

3.3 DESARROLLO EXPERIMENTAL DEL PROCESO

Una vez seleccionado los procesos con los que se desarrollara este proyecto, se inicia con la adecuación del lugar en donde se realizara la experimentación y el armado del sistema para dar inicio al proceso de compostaje, es importante aclarar que se realiza dos pruebas en campo el cual se efectuara el proceso exactamente igual, con esto obtener una repetitividad de los datos y determinar si los resultados son consistentes.

3.3.1 Construcción de los reactores. Para la disposición de los reactores se debe contar con un área de fácil acceso, fresco, cubierto para proteger de la luz directa, aislado del acceso de animales y niños porque podrían alterar el proceso; se inspeccionan las áreas dentro del conjunto localizando un cuarto de 3 m por 3.5 m en donde era destinado para el almacenamiento luces, adornos de navidad y un archivo en desuso; se encuentra ubicado al lado norte del conjunto a 3.5 metros del parqueadero y al occidente del conjunto, parte baja, 9 m de la zona de BBQ; el desarrollo de la investigación no debe generar ningún peligro de salubridad para los habitantes del conjunto.

Para el proceso de compostaje se utiliza canecas de polietileno³⁹ aptas para la industria de alimentos, detergentes y producto agro, estableciendo que estas son

³⁹QUIMINET: Ventajas y aplicaciones del polietileno de alta densidad. [sitio web](19 septiembre 2011).México.[Consultado 25 marzo 2019] disponible en:<http://www.catalogodeempaques.com/ficha-producto/Caneca-de-60-litros+100798>

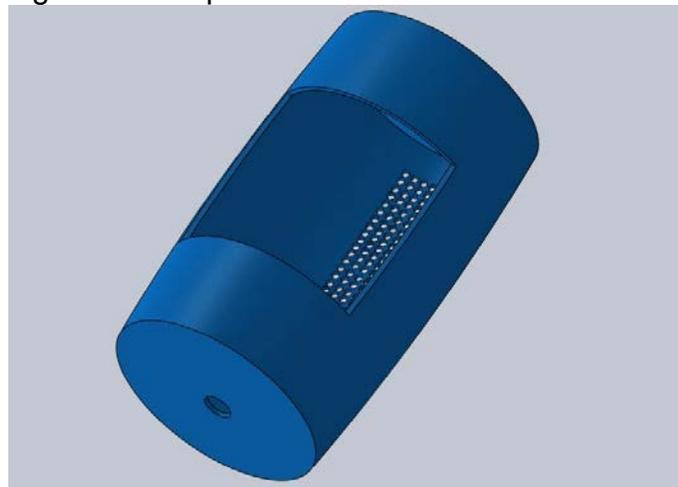
útiles para la industria de alimentos, el material con el que están fabricadas no afectará con impurezas el proceso de compostaje, son de fácil adquisición y bajo costo; se utilizara dos canecas con volumen de 33 galones cada una que serán los reactores y una de 50 galones la cual se modificara para ser receptoras de los lixiviados provenientes del compost .

Tabla 8. Medidas del reactor

REACTOR	
MAGNITUD (cm)	VALOR (cm)
LARGO	83
DIAMETRO	44

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Esquema del reactor.



Fuente: elaboración propia

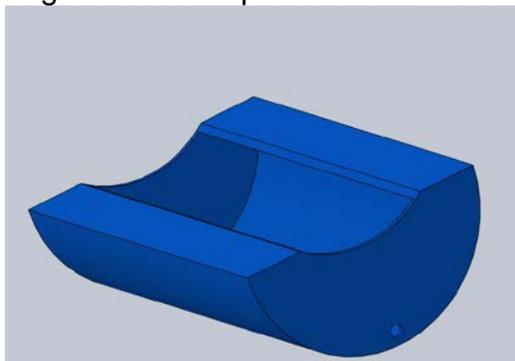
Para el reactor horizontal se utilizará una caneca de 33 galones con orificios en el fondo para la salida de lixiviados, figura 10 y dimensiones en la tabla 8. Para la recepción de los lixiviados se recurre a una caneca de 50 galones la cual, se ajustará realizando un corte en la mitad de la caneca a lo largo de esta, acondicionándola a la forma del reactor como se muestra en la figura 11 y dimensiones en la tabla 9; se contará con una llave en la parte inferior para la salida de lixiviados producidos en el proceso de compostaje, para su posterior aprovechamiento como biofertilizante líquido.

Tabla 9. Recepción lixiviados

RECEPCION DE LOS LIXIVIADOS	
MAGNITUD (cm)	VALOR (cm)
LARGO	79
RADIO	27
RADIO INTERNO	5

Fuente: elaboración propia

Figura 11. Recepción de los lixiviados.



Fuente: elaboración propia

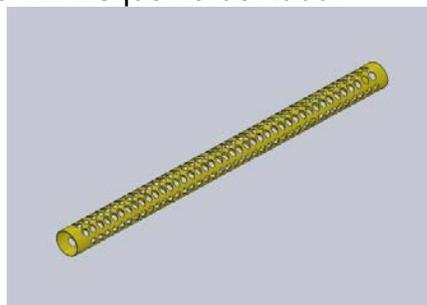
El proceso de compost es aerobio por lo que los microorganismos necesitan oxígeno para vivir, para lo cual se deben realizar volteos que contribuyan a la oxigenación obteniendo bacterias que ayudan al compostaje, se debe tener cuidado en este paso el cual puede provocar un descenso en la temperatura haciendo que se detenga el proceso⁴⁰. Para evitar el constante volteo manual y favorece la aireación en todas las fases del compostaje, se incluye un tubo de especificaciones como se muestra en la tabla 10 y se observa en la figura 12, para evitar la compactación, este tubo de aireación natural ayudara a la disminución de la humedad por evaporación. En la figura 13 se muestra la disposición de los dos reactores con sus respectivos recepción de lixiviados y tubo de aireación.

Tabla 10. Medidas tubo de aireación.

TUBO DE AIREACION	
MAGNITUD	VALOR (cm)
LARGO	87,6
DIAMETRO	6

Fuente: elaboración propia

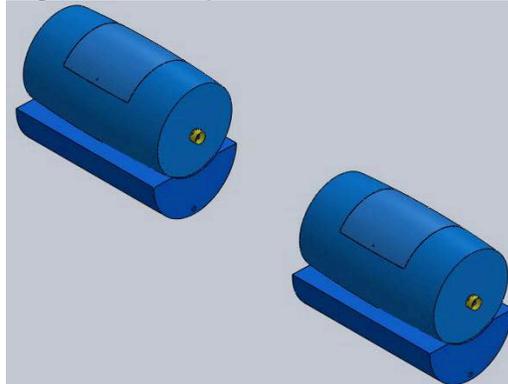
Figura 12. Esquema del tubo.



Fuente. elaboración propia

⁴⁰ROMAN.Op.cit. p.25-26

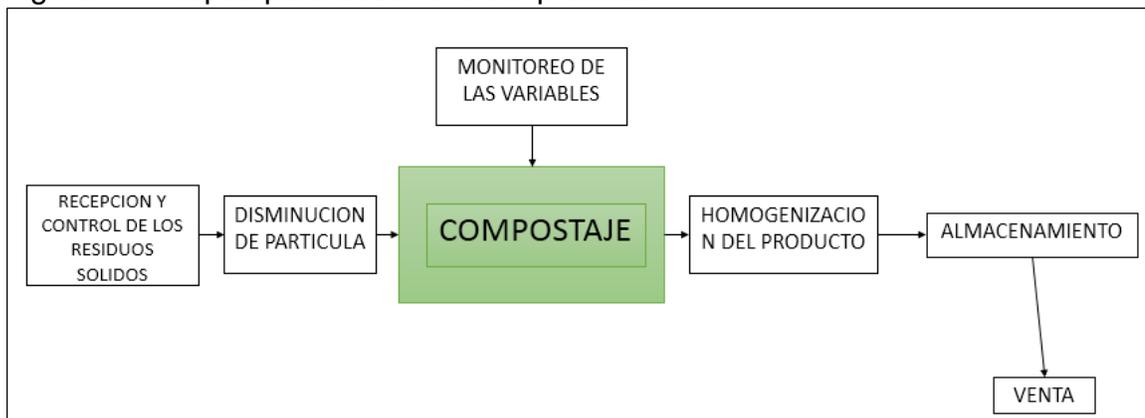
Figura 13. Disposición de los reactores.



Fuente: elaboración propia

3.3.2 Desarrollo del proceso de compostaje. Para el desarrollo del proceso de compostaje lo primero que se realiza es la determinación de cada una de las etapas para la producción de compost las cuales se muestran en la figura 14.

Figura 14. Etapas para desarrollo del proceso.



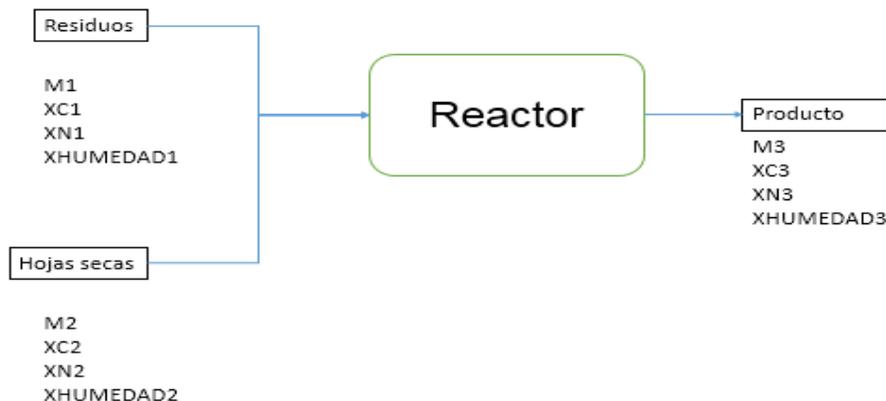
Fuente: elaboración propia

3.3.2.1 Recepción y control de los residuos sólidos orgánicos. Son adquiridos de los habitantes del conjunto, anteriormente definidos por método probabilísticos, obteniendo 67 kg semanales de residuos sólidos orgánicos, se realiza un pre tratamiento antes de ingresar al reactor verificando que los residuos no se encuentren con algún contaminante como: Plástico, papel, metal entre otros que se hubiera pasado a la hora de la separación de cada uno de los residuos.

3.3.2.2 Diminución de partícula. La disminución del tamaño de partícula es un componente importante porque ayuda a la optimización del proceso para esto se realiza cortaduras manuales ya que no se cuenta con la maquinaria para la reducir el tamaño. Se realizan cortes de aproximadamente 2 cm de longitud, esto ayuda a aumentar el área superficial de los residuos y favorece a la degradación de los mismos facilitando la producción de microorganismos y por lo tanto crece la velocidad del proceso.

3.3.2.3 Cantidades iniciales para el proceso de compostaje. Como se establece en el capítulo 2.3, para el correcto desarrollo del proceso de compostaje se debe conocer el peso que a adicionar al inicio del proceso de compostaje de residuos sólidos y hojarasca al reactor, teniendo en cuenta que el reactor se llena 80 % de su volumen, estableciendo la humedad y la relación carbono nitrógeno⁴¹ de las materias primas como variable independiente. Se efectúa un balance de nutrientes para determinar el peso de las materias primas (Figura 15).

Figura 15. Balance del material.



Fuente. elaboración propia

Se realiza el balance para el peso inicial de los residuos y hojarasca, determinando la relación C/N en el rango óptimo de 20 a 30. Como resultado del balance de materia se obtienen las cantidades necesarias. Estableciendo una proporción equilibrada que permita la transformación de los restos orgánicos. El desarrollo de las ecuaciones se evidencia en el anexo C, el peso de residuos sólidos orgánicos y hojarasca que se debe agregar a cada uno de los reactores para su llenado se muestra en la tabla 11.

En la ecuación (3) se representa el balance de la relación carbono nitrógeno.

$$R = \frac{M1(C1(100-H1))+M2(C2(100-H2))}{M1(N1(100-H1))+M2(N2(100-H2))} \quad (3)$$

⁴¹ROMÁN, Pilar; MARTÍNEZ, María M.; PANTOJA, Alberto. Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. 2013.p.27.

Donde:

M1: Cantidad de material 1
C1: porcentaje de carbono del material 1
N1: Porcentaje de nitrógeno del material 1
H1: Humedad del material 1
M2: Cantidad de material 2
C2: porcentaje de carbono del material 2
N2: Porcentaje de nitrógeno del material 2
H2: Humedad del material 2

Tabla 11. Cantidad de materias para el inicio del reactor.

Características	Cantidad (Kg)
Residuos Sólidos Orgánicos	67
Hojas Secas	10
Relación Carbono-Nitrógeno	22,25

Fuente: elaboración propia

3.3.2.4 Proceso de compostaje y monitoreo de las variables. Puesto en marcha el proceso de compostaje, se debe realizar el monitoreo de las variables in situ para tener una inspección de todas las etapas del proceso de compostaje, las variables que se van a inspeccionar son las siguientes:

- **Temperatura:** El control de la temperatura en los reactores se realizó con un termómetro de aguja de acero inoxidable con un rango de temperatura de 10 a 250 °C. Tomando la temperatura in-situ en 3 puntos del reactor, izquierda, centro y derecha, para realizar un promedio de las tres temperaturas. Se debe aclarar que esta variable es la primera que se toma, antes de la realización de volteo, para evitar errores por la pérdida de calor. El protocolo que se debe efectuar antes de cada toma de temperatura es el lavado y secado del termómetro seguido de una verificación que el termómetro se encuentre a temperatura ambiente antes de la medida de temperatura.
- **Humedad:** La humedad se controla con la prueba de puño, método empírico que permite determinar la humedad, tomando una muestra del centro del reactor. Si se observa un hilo constante de agua que sale del material al apretarlo con el puño tiene una humedad mayor al 40 %, si, se cuenta con un goteo intermitente indica una humedad cercana al 40 %, si, no se observa el goteo y al abrir el puño permanece moldeado el material contiene de 20 al 30 % de humedad, si, el material no se moldea cuando se abre el puño tiene una humedad de 20 %.⁴²

⁴²VARGAS, Yadira. Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con 3 tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento del

- pH: Esta variable es tomada in-situ, insertando un pH metro en tres puntos del reactor para realizar un promedio, comprobando esta medida con tiras de pH en el centro del reactor, aprovechando el exceso de líquido o en la toma de humedad con la prueba del puño. Para la toma de pH se debe lavar y secar el pH metro antes de su uso.
- Aireación y Volteo: No es una variable medible, pero se considera de gran importancia para corregir el desarrollo de procesos no deseables al esponjar el material compactado, mezclar adecuadamente la materia prima, acelerar los procesos de descomposición y manejo de la humedad. Para la aireación se cuenta con un tubo en la mitad del reactor el cual ayuda con una aireación pasiva dentro del reactor y se realizan volteos 1 vez por semana para obtención de un producto granulométrico y control de la temperatura y humedad.

3.3.2.5 Homogenización almacenamiento y venta. Al finalizar el proceso de compostaje que se determina cuando el compost llega una temperatura ambiente constante, cambia sus propiedades organolépticas y disminuye su volumen, se realiza volteos para homogenización del producto se empaqueta en bolsas de 1 kg y se reservan hasta su utilización o venta.

3.3.3 Desarrollo de biofertilizante líquido: Los Lixiviados del compostaje son resultado del exceso de humedad en el proceso, pueden ser aprovechados como un biofertilizante líquido el cual de acuerdo a la matriz de selección se deben tratar por un proceso que consta en pasar el lixiviado por carbón activado buscando un producto eficiente, la cantidad de lixiviados generada del proyecto es de 10 ml para el reactor 1 y 15 ml para el reactor 2, considerando que es una cantidad mínima para su análisis y posterior aprovechamiento. Para lo cual se tiene que verificar la disposición final de este lixiviados ya que por sus componentes no puede ser desechados fácilmente.

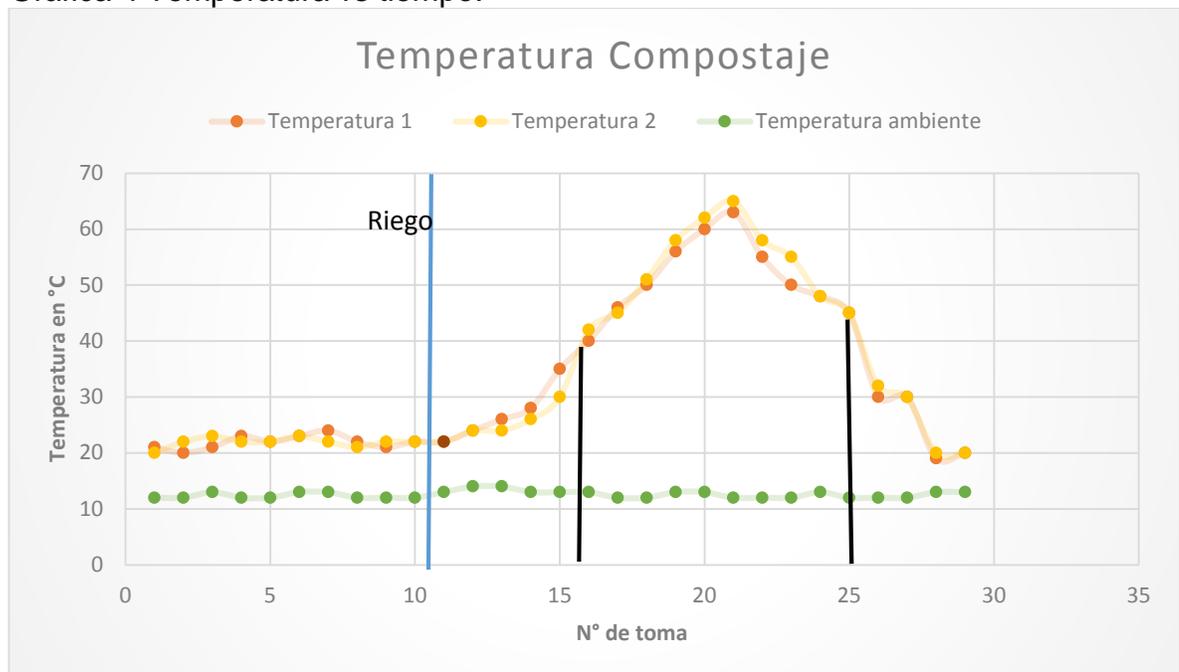
3.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del proceso de compostaje y el análisis de cada una de las variables monitoreadas durante el proceso de compostaje, para obtener un producto estable y de calidad.

3.4.1 Temperatura. Esta magnitud es importante porque comprueba en qué etapa se encuentra el proceso: mesófila, termófila y enfriamiento o maduración. Esta magnitud indica la inhibición o producción de los microorganismos encargados de la biodegradación de la materia gracias a su actividad microbiana; en donde, se demuestra que la variación de las temperaturas es similar en los dos reactores, probando que en los extremos de los reactores se presenta menor temperatura a comparación del centro de los mismos.

En la gráfica 4 se muestra la variación de temperatura a lo largo del proceso, la línea naranja corresponde a la temperatura del reactor 1, la línea amarilla correspondiente a la temperatura del reactor 2 y la línea verde es la temperatura ambiente.

Gráfica 4 Temperatura vs tiempo.



Fuente: elaboración propia

La temperatura inicial es de 20 °C, temperatura ambiente de las materias primas, en la primera semana se evidencia un aumento de temperatura leve de 20 °C a 24 °C en 17 días, posteriormente la temperatura disminuyó de 24 a 21 °C y se mantuvo constante durante 5 días, debido a una disminución en la humedad dentro de los reactores; esto se debe al tamaño de las hojas ya que no fue posible la disminución del mismo. Por lo cual, para el día 23 se realiza un riego a los reactores con el fin de aumentar su humedad, activando el proceso y mejorando los niveles de temperatura. La actividad biológica aumenta para la semana 4 y 5 comprobando la presencia de bacterias mesófilas que realizan la biodegradación de la materia orgánica durando 41 días desde el inicio del proceso, 18 días

después de la realización del riego. Esta fase obtuvo una temperatura máxima de 46 °C para el reactor 1 y 45 °C para el reactor 2, observando la presencia de moscas de la fruta o moscas de vinagre; muy pequeñas con cabeza y tórax de color marrón claro y ojos rojos, los adultos miden cerca de 3 a 4 milímetros, pueden emerger a adulto en tan solo 15 a 21 días si se encuentra a condiciones ideales lo puede hacer en tan solo 8 días, no contiene ningún patógeno y contribuye a la descomposición de la materia orgánica.⁴³

Figura 16. Cambio propiedades organolépticas.



Fuente: elaboración propia

En la semana 6 se da inicio a la fase termófila, en el día 25 se presenta un aumento de temperatura de 63 °C para el reactor 1 y de 65 °C para el reactor 2, realizando volteo para evitar que la temperatura sobre pase los 70 °C, se obtuvo una temperatura mínima de 48 °C esta fase tuvo un tiempo de duración de 18 días después de la realización del riego en donde las bacterias termófilas efectúan la degradación de moléculas de gran tamaño y eliminación de contaminantes. En esta fase no se evidencian moscas de la fruta, es notorio un cambio en las propiedades organolépticas como su color y volumen (Figura 16).

Desde la semana 6 día 30 en adelante, se produce una disminución de temperatura, en esta semana se evidencia un máximo de temperatura de 30 °C para el reactor 1 y de 32 °C para el reactor 2 y una temperatura mínima promedio para los reactores de 20 °C. Durante este periodo se realizaron 2 volteos semanales para la homogenización del producto, en relación con las propiedades organolépticas del compost estas presentan un color marrón, no tiene olor

⁴³COMPOSTADORES: Las mosquitas de la fruta. [sitio web]. España. [consultado junio 15 2019]. Disponible en: <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/biodiversidad-en-mi-compostador/164-las-mosquitas-de-la-fruta.html>

desagradable, ligeramente húmedo y muy ligero. Con una duración total de 63 días, después del riego y 80 días desde el inicio de la experimentación.

3.4.2 Humedad. La humedad está relacionada con el uso del agua como medio de transporte de nutrientes y elementos energéticos⁴⁴; iniciando el proceso con una humedad de 40% la cual resulta adecuada para cumplir con lo descrito anteriormente. En los 10 primeros días se cuenta con una humedad de 40 % demostrando un aumento en la temperatura por la actividad biológica presente dentro del compost, a los 17 días se produce una disminución en la humedad y por lo tanto de la actividad microbiana hace más lento el proceso de transformación.

Al no obtener un aumento de temperatura esperado, se realizó un riego a cada reactor hasta obtener un aumento en la humedad sin excesos de 40 % a 60 %, según la prueba del puño al presentarse un goteo continuo. Teniendo una humedad constante durante el proceso.

3.4.3 pH. Es un indicador de la evolución del proceso de degradación en el compostaje, esta fue tomada in situ por un pH metro el cual registraba un pH de 7, demostrando que fue constante durante todo el proceso, se hace una comparación con tiras de pH midiendo esta variable al realizar el análisis de humedad la cual no obtuvo cambios en el transcurso del proceso con un pH constante de 8. Lo cual se mantuvo en el rango de 4.5 -8.5, rango ideal para el proceso de compostaje.⁴⁵

3.4.4 Producto final. A los 80 días se obtiene un compost estable, con propiedades organolépticas óptimas, color marrón que demuestra una degradación parcial de las ramas de mayor tamaño, con un olor agradable a tierra y obteniendo 32 kg de producto, la mitad del peso inicial de las materias compostables.

Para determinar las propiedades físico químicas del producto se realiza un muestreo de cada reactor sometiéndolo a los siguientes análisis: potasio, fósforo, pH, calcio, hierro, cobre, manganeso, boro, carbono total, nitrógeno total y azufre, elaborados en el laboratorio de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 12 anexo D.

⁴⁴ROMAN Op, Cit.p. 27

⁴⁵Ibid, p.29

Tabla 12 Parámetros del producto final.

PARÁMETRO	UNIDAD
PH	9.28
CALCIO	21.88 cmol(+)/kg
MAGNESIO	13.29 cmol(+)/kg
POTASIO	193.18 cmol(+)/kg
FOSFORO DISPONIBLE	868.96 mg/kg
MANGANESIO	87.43 mg/kg
HIERRO	31.20 mg/kg
COBRE	4.30 mg/kg
BORO	No Aplica
CARBONO TOTAL	33.52 %
NITROGENO TOTAL	2.18 %
AZUFRE TOTAL	0.41 %
C/N	15.37

Fuente: elaboración propia

Se compara estos parámetros con los que indica la norma NTC 5167, norma que establece los requisitos que deben cumplir los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes, en la tabla 13 se encuentran los parámetros sugeridos para abonos orgánicos como producto obtenido de la transformación y estabilización de los residuos animales vegetales o residuos sólidos urbanos. En donde se comprueba que los parámetros cumplen con los requisitos establecidos.

Tabla 13: Parámetros sugeridos por la NTC 5167 para abonos orgánicos.

PARAMETRO	EXPRESADO	UNIDADES	NTC 5167
NITROGENO	N total	%	Declararlo si > 1.0
FOSFORO	P ₂ O ₅	%	Declararlo si > 1.0
POTASIO	K ₂ O	%	Declararlo si >1.0
HUMEDAD	HUMEDAD	%	MAXIMO 20-35
PH	pH		> 5.0 - < 9.0
CABONO ORGANICO	C.O	%	MINIMO 15

Fuente: elaboración propia con base en: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo NTC-5167. Bogotá D.C . el instituto 2004 I.C.S 65 080.00 43p.

Los beneficios ambientales que tiene el aprovechamiento de los residuos es la disminución en la generación de biogás, evitando la descomposición de los residuos orgánicos sin ningún control los cuales producen metano y dióxido de carbono, denominados como gases de efecto invernadero; con este proceso se produce la disminución de los gases de efecto invernadero que se originan en los rellenos sanitarios⁴⁶.

⁴⁶Ibid.p.16.

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE COMO APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS DEL CONJUNTO RESIDENCIAL LA COLINA.

En este capítulo se especifican los requerimientos y equipos necesarios para la producción del compost, estableciendo algunas condiciones; en primer lugar, determinar las cantidades para producir por mes, en segundo lugar, las condiciones de operación, en donde se establecen los requerimientos del reactor y por último la selección de equipos.

Para la especificación de los equipos a utilizar se realizó una proyección de producción con relación a la generación de residuos orgánicos del conjunto, con el propósito de seleccionar los equipos que cumplan con la capacidad.

4.1 PRODUCCIÓN.

En el desarrollo de la experimentación se obtuvo un total de 32 kg de compost después de la transformación de 67 kg de residuos orgánicos generados en una semana por el 29% de los habitantes del conjunto residencial la colina y 10 kg de hojas secas. Para determinar la cantidad de residuos sólidos orgánicos que produce el conjunto al mes. se realiza una encuesta anexo E, la cual se desarrolla en cada uno de los apartamentos determinando la cantidad de residuos generados a la semana en 180 kg por el total de habitantes del conjunto. Según la experimentación se identificó que después de la transformación de materias primas a compost se debe producir aproximadamente la mitad de los residuos sólidos generados, entonces se puede afirmar que se obtiene 95 Kg de producto.

4.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN.

Teniendo en cuenta la producción por mes y las cantidades obtenidas por medio de la experimentación para producir el abono orgánico, se establecen los requerimientos para llevar a cabo el proceso.

La cantidad a producir por semana es 95 kg aproximadamente de una transformación de 180 kg de residuos sólidos orgánicos de hojas secas que se producen semanalmente por los habitantes del conjunto y 25 kg de hojarasca. Durante el proceso se encuentran factores que se pueden modificar si se considera necesario como lo son Humedad, oxigenación o volteo y tamaño de partícula ya que de estas dependerá si es o no necesario cambiar algún factor anteriormente descrito (Temperatura y pH).

Se define que para que, el proceso se desarrolle en un menor tiempo, el tamaño de partícula debe estar en un rango preferiblemente entre 2 a 5 cm. Como a

menor tamaño de partícula, menor tiempo de producción los residuos orgánicos serán sometidos a un pre tratamiento antes de iniciar el proceso de compostaje, pero este tamaño tiene que dejar transcurrir el aire por en medio de los residuos ya que es un proceso aerobio, es decir, que necesita oxígeno para subsistir. La humedad a trabajar debe estar en un rango de 40 % el control de esta se realizará por medio de oxigenación (aireación) o de una aspersión de agua dependiendo el porcentaje de humedad, La relación carbono-nitrógeno de las materias primas se debe encontrar 22.

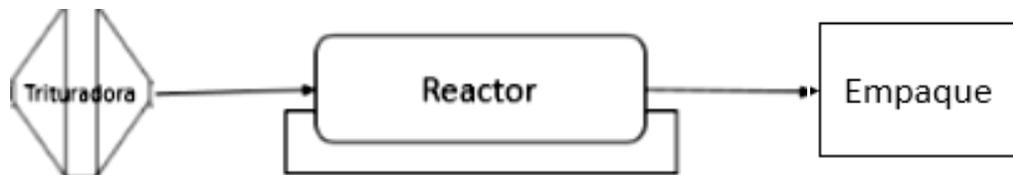
Dicho anteriormente, el proceso de compostaje requiere aireación para que los microorganismos respiren, evitando así una compactación del material que causaría la disminución del proceso metabólico. Es por ello que se realizan volteos manuales y se acondiciona una aireación natural dentro del reactor estos volteos se efectúan 1 vez por semana para evitar la disminución de la temperatura y con esta la inhibición del proceso metabólico de los microorganismos dentro del proceso.

El suministro o llenado de los reactores de las materias primas, se realizará de modo manual después del pesaje y disminución de partícula de las materias en proceso de composta, en el desarrollo del proceso se obtendrá mayor cantidad de lixiviados a escala laboratorio, para lo cual la recepción del lixiviado se realizará, gracias a una base de acero inoxidable con dimensiones de acuerdo al tamaño del reactor en el que se realizará el proceso.

Después de 80 días en el reactor; tiempo en el cual que el proceso culmina todas las etapas y llegue a una temperatura ambiente constate, el compost será almacenado, empacado y distribuido.

La siguiente figura 17 muestra el proceso por lotes para la obtención de compostaje.

Figura 17. Etapas del proceso



Fuente: elaboración Propia

4.2.1 Reactor. Escogido anteriormente el proceso de compostaje en reactor horizontal que mejor se adapta al conjunto siendo un proceso por lotes o batch, en el que se utiliza esencialmente un cilindro con una tapa en la parte superior para el ingreso de materias primas y salida de producto en acero inoxidable.

El sistema de agitación se maneja de manera manual ya que esta agitación se realizará 1 veces por semana, que consta de un eje vertical que permitirá la homogenización de la mezcla y favorecerá la aireación del proceso.

Se debe utilizar un reactor por lotes (Batch) para este proceso de producción, por las siguientes razones:

- El volumen de producción es bajo ya que el conjunto no produce una gran cantidad de residuos sólidos orgánicos los cuales se puedan aprovechar.
- El control de las variables durante el proceso tiene que ser continuo para que el producto final cumpla con los requisitos establecidos.

Para la realización del proceso de compostaje a un escalamiento en el cual sean aprovechados todos los residuos sólidos orgánicos que se generan para total de los habitantes del conjunto, se tiene que cumple con el modelo de semejanza 3. La semejanza geométrica. consiste en que el cociente de todas las longitudes correspondiente con el modelo y con el prototipo sea el mismo la cual se cumple puesto que se realizara de forma idéntica al prototipo con un aumento en el volumen , semejanza cinética esta depende de la semejanza geométrica ya que la velocidad de reacción del prototipo debe ser el mismo al del modelo es por esto que se realiza la misma vigilancia para las variables y la semejanza dinámica depende de las fuerzas inerciales y viscosas del prototipo cumpliéndose puesto que no cambian las condiciones teniendo en cuenta que los materiales a ingresar al reactor son los mismos.

Para el dimensionamiento cumpliendo con la semejanza geométrica se realiza el siguiente cálculo. Para un total de 180 kg de residuos sólidos son necesario 25 kg de hojarasca para un total de en peso de 205 kg de material para composta 3 veces más que el prototipo lo cual se necesitaría un volumen de 103 galones. cumpliendo con la semejanza geométrica. Sabiendo esto se realizó el dimensionamiento del reactor. Utilizando la ecuación 4, el volumen de un cilindro.

$$V = \pi * \left(\frac{D_T^2}{4}\right) * h_{cilindro} \quad (4)$$

La relación que existe entre la altura y el diámetro es de $1,5 * D = H$ ecuacion (3), así se puede relacionar estos parámetros con el volumen del reactor⁴⁷.

$$h_{cilindro} = 1,5D_T \quad (3)$$

Se despeja y se calcula el diámetro del tanque (D_t) de la ecuación 3 como se ve en el anexo F para la producción de 95 kg de compost cumpliendo el método de

⁴⁷BELLERA, C., et al. Esaacle. Planta de Producción de Acetaldehído. *Proyecto Final de Carrera. Univerdad Autónoma de Barcelona*, 2010.p.14

semejanza el reactor debe de realizarse con un volumen de 103 gal. Obteniendo que se necesita un reactor de 0.69 m de diámetro y un largo de 1.03 m

Teniendo las dimensiones del reactor es bien visto determinar que dimensiones va a tener la base que recibirá los lixiviados la cual poseerá 97 cm de largo con una altura de 20 cm y un ancho de 73 cm puesto que esta sostendrá el reactor y recibirá los lixiviados producto del proceso de compostaje gracias al exceso de humedad que se produce dentro del proceso.

4.2.2 Vigilancia de los factores que afectan el proceso. Para la vigilancia de las variables durante el proceso se especifican los instrumentos necesarios para ello controlado en el reactor equipo principal del proceso.

En la tabla 14 se establecen los diferentes factores a controlar dentro del equipo.

Tabla 14. Variables a vigilar en el proceso de compostaje.

	Reactor
Variables	T, H, pH.
Variable modificable	H
Variable verificación	T, pH.

Fuente: elaboración propia.

T: Temperatura H: Humedad.

De la tabla 14 se determina que las variables a vigilar dentro del reactor son temperatura, humedad y pH de las cuales la temperatura y el pH están directamente relacionadas a las diferentes etapas del compost gracias a la actividad metabólica de los microorganismos dentro del proceso y la humedad es el factor modificable es decir este depende de la variable de temperatura y pH puesto que si la temperatura es baja o alta esta puede ser debido que la cantidad de humedad dentro del reactor.

Para el control de temperatura se realizará con un multímetro con termocupla con un medidor de temperatura de rango de -40 °C a 1000 °C de marca UNI-7 con una pantalla LCD con un precio de 100.000 COP (Figura 18).

Figura 18. Multímetro digital con funciones para termómetro digital.



Fuente: MERCADO LIBRE COLOMBIA. Multímetro con termocupla UNI-7[en línea] Disponible en: <https://bit.ly/3bbVcBz>

Para el pH se controla con pH metro de marca Hanna modelo HI8314 portátil con calibración personalizada. Con un precio de 699.000 COP (Figura 19).

Figura 19 pH metro de marca Hanna modelo HI8314 portátil con calibración.



Fuente: MERCADO LIBRE COLOMBIA.pH metro de marca Hanna modelo HI8314[en línea] disponible en: <https://bit.ly/3bbVcBz>

Para la variable de la humedad de utiliza un Medidor de humedad de jardín y compost REOTEMP cuenta con un vástago de 15 pulgadas con una escala de humedad de 0-10 con un precio de 300.000 COP (Figura 20).

Figura 20. Medidor de humedad de jardín y compost REOTEMP cuenta con un vástago de 15 pulgadas.



Fuente: MERCADO LIBRE COLOMBIA. Medidor de humedad de jardín y compost REOTEMP [en línea] disponible en: <https://bit.ly/388dhyd>

Para llevar un completo proceso son necesarias unas unidades complementarias para el desarrollo del compostaje por lo cual se necesitan la siguiente maquinaria. Para el pre acondicionamiento de las materias primas se necesitará una trituradora de césped y ramas (Tabla 15). Con un precio de 700000 COP y una trituradora de residuos orgánicos. De un precio de 1150000 COP.

Tabla 15. Especificaciones técnicas de trituradora de césped

Trituradora eléctrica de césped



Marca: Ikra

Modelo: EGN 2500

Técnica de corte Cuchillas rotatorias
 Capacidad de corte : diámetro de 40 mm
 Características: Cómoda y fácil de utilizar, este modelo dispone de ruedas para ser transportado sin problemas

Fuente: MERCADO LIBRE COLOMBIA. Trituradora de césped [en línea] Disponible en: <https://do.lacroix.com/406-how-to-choose-a-garden-shredder-for-branches-and-gra.html>

El empaque se realizará en bolsas polietileno y la cerrará una selladora de bolsas plásticas de pedal con una potencia de 700 W. Con un precio de 165000COP.

5. ANALISIS DE COSTOS

En este capítulo se realizará el análisis de costos requeridos para la implementación y desarrollo del proceso de compostaje aerobio en un reactor por lotes horizontal.

Se producen semanalmente 97 kg de compost para una producción de 380 kg mensuales las cuales serán vendidas en presentación de 1 kg y 10 kg de los cuales se van a realizar aproximadamente semanalmente 9 bolsas de 10 kg y 7 de 1 kg. Se efectúa un análisis de los viveros en los que venden abono orgánico los cuales tienen un precio de venta como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16 . Precio de venta en los viveros

Vivero	Cantidad	Precio
Las Magnolias	20kg	\$ 42.500
Vivero plantas y flores del jardín	20kg	\$ 40.000
Sol Radiante	10kg	\$ 19.000

Fuente: elaboración propia.

Los clientes potenciales del producto serían casas ubicadas en las cercanías del conjunto., También parte del producido será empleado en los jardines del conjunto, lo cual significa la eliminación de este insumo como costo para el conjunto. Los costos son divididos en costos de mano de obra, costos de inversión inicial, costos directos y costos indirectos de producción.

5.1 COTOS DE MANO DE OBRA.

Los costos de mano de obra se establecen dependiendo al número de personas involucradas en el proceso. El valor de mano de obra se establece por medio del salario mínimo mensual vigente en Colombia para el año 2019. Con respecto al número de personas necesarias para la operación del proyecto, se establece un número de 2 personas, 1 operario el cual se encargara del desarrollo del proceso, el pesaje y control de las variables, de los cuales 4 días al mes una vez por semana se destinaria para la recolección de hojas los cuales se pagara por horas trabajadas con un promedio de 16 horas mensuales a lo que se pagara \$55.200 mensuales más el salario .La jornada laboral para el operario es de 8am – 12m de lunes a viernes. Los cotos de mano de obra del operario son representados por la tabla 17.

Tabla 17. Costos de mano de obra para el operario

Operario		
Concepto	Valor Mensual (\$)	Valor anual (\$)
Sueldo	414.058	4.968.696
Auxilio de transporte	48.516	582.192
Prima		279.489
Vacaciones		139.745
Cesantías		279.489
Interés cesantías		22.639
Recolección de hojas	55.200	66.2400
Total	517.774	6.934.649

Fuente: elaboración propia.

Se necesitará 1 ingeniero químico que trabajara por prestación de servicios el cual será el responsable del óptimo desarrollo del proceso, realizara el análisis y propuesta para el aprovechamiento de los lixiviados que provengan del compost y tomara la decisión durante las etapas del compostaje tendrá que rendir informe mensual de las actividades de la planta y recomendaciones para la mejora del proceso los costos anuales están mostrados en la tabla 18.

Tabla 18. Costos de mano de ingeniero (COP)

Ingeniero		
Concepto	Valor Mensual (\$)	Valor anual (\$)
Sueldo	1.480.000	17.760.000

Fuente: elaboración propia.

5.2 COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos relacionados a la inversión de equipos y materiales adicionales son los de mayor consideración estos son mostrado en tabla 19, y son determinados de acuerdo a la cantidad necesaria de cada equipo. La descripción de cada equipo está establecida en el Capítulo anterior. Se hace necesario un total de 10 reactores para el aprovechamiento del total de residuos semanalmente por lo cual se realizará el llenado del reactor 1 al día 0 del reactor 2 al día 8 y así hasta completar los 10 reactores para con esto al completar los 80 días se evacua y se rellena el reactor 1 y así tener el aprovechamiento del total de los residuos.

Tabla 19. Costos de Inversión de maquinaria (COP)

Costos inversión de maquinaria			
Equipos	Cantidad	Costo unitario (\$)	Valor total (\$)
Reactor	10	5.000.000	50.000.000
Medidores de variables	3		1.099.000
Triturador de residuos	1	1.150.000	1.150.000
		Total	52.249.000

Fuente: elaboración propia.

5.3 COSTOS DIRECTO

Los costos directos de producción son aquellos atribuidos a la inversión de materias primas para llevar a cabo el proceso, como en el proceso las materias primas son residuos y hojarasca obtenidos dentro del conjunto estos costos están incluidos en el coste de mano de obra del operador. Es necesario contratar con una empresa para la disposición final de los lixiviados mientras que a estos se realice el análisis y la propuesta para su aprovechamiento. Esta disposición se realizará con DESCONT S.A.S E.S.P. Empresa encargada de gestión integral de residuos, en donde se tiene un costo variable siguiendo del peso de los residuos. Se reportan costos de energía eléctrica, y agua por consumo básico lavado de equipos entre otros para el año 2019 (Tabla 20).

Tabla 20. Costos directos.

Costos directos				
	Unidad	Costo unidad (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Residuos	kg	0	0	0
Hojas	kg	0	0	0
Agua	m3	4.264	75.790	909.480
Energía	kW	45.154	42.569	510.828
		Total	\$ 118.359	1.420.308

Fuente: elaboración propia.

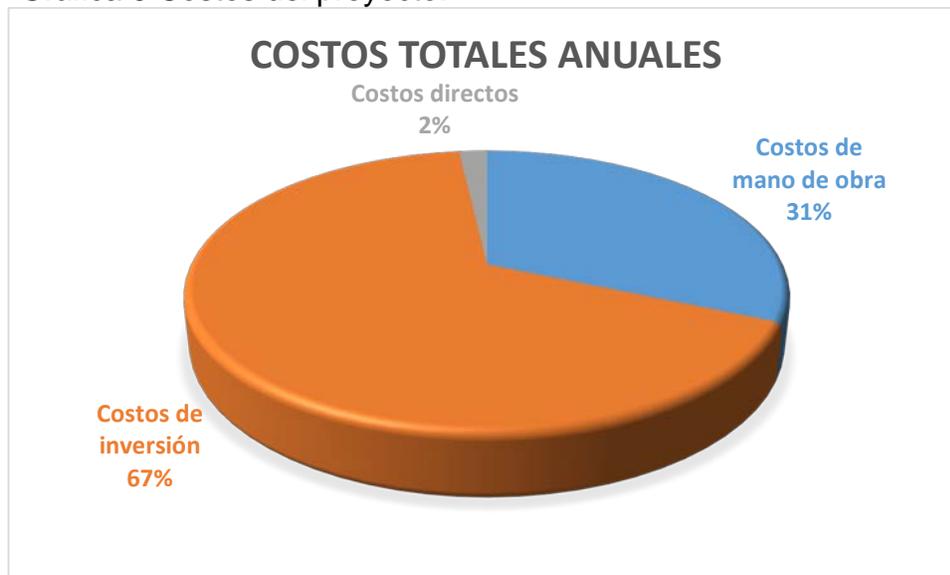
Los costos totales durante la producción de 4560kg de compost durante el año de inversión es de \$78.363.957 pesos colombianos tabla 21.

Tabla 21. Costos totales para la realización del proyecto

Costos totales anuales	
Costos de mano de obra	\$ 24.694.649
Costos de inversión	\$ 52.249.000
Costos directos	\$ 1.420.308
Total	\$ 78.363.957

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 5 Costos del proyecto.



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 5 Muestra la distribución de los costos para el primer año en donde se tiene inversión que representa el 67 % el cual se irá disminuyendo a lo largo de los años hasta que este desaparezca, costos de mano de obra, que corresponde a el 31% de los egresos anuales los cuales se irán incrementando dependiendo del aumento del peso colombiano a lo largo de los años, en este punto está incluido el pago en mano de obra para la recepción de las materias primas aunque estas no tengan costos están incluidas aquí, el 2 % son los costos directos los cuales viene dados por materias primas ya que estas son residuos orgánicos compostables y hojas secas las cuales son obtenidos en el conjunto no representan un consumo en los costos directos del proyecto pero estas están incluidas la mano de obra del operario y también están dados por precio del agua y luz para la actividad diaria dentro le lugar de trabajo. Dentro de estos no se encuentran los costos de flete ni arriendo ya que el producto será vendido a las casas vecinas y será para eliminar el egreso de abono dentro de los gastos del conjunto y el proceso se realizará

dentro del conjunto ya que solo se cobrará el agua y luz que se gaste en el proceso costos previstos en los costos directos.

Los costos totales para el desarrollo de esta propuesta son de \$78.363.957 pesos colombianos los cuales disminuirán a lo largo de los años. Según la tabla 16 los precios de venta en promedio para un kilo de compost esta entre \$3.000 y \$6.000 pesos para poder obtener una ganancia de estos el kilo de compost será vendido en \$5.000 y 10 kg de composta en \$20.000 pesos.

6. CONCLUSIONES

- Se determina el diagnóstico de las materias realizando una convocatoria abierta para la caracterización y cuantificación de los residuos sólidos que se generan en el conjunto en donde se obtuvo que el 75% de los residuos que se generan son orgánicos; comparando esto con la producción de residuos mundialmente y en Sogamoso son similares más del 50% de los restos provocados son residuos orgánicos.
- La caracterización fisicoquímica de las materias primas para proceso de composta se realizaron en el laboratorio de AGRILAB sus resultados muestran la relación carbono nitrógeno de hojas secas en 27.1 y de residuos de 19.8 demostrando que estas dos materias primas son de fácil degradación. Los valores obtenidos se mantuvieron los rangos de C/N descritos en el manual de compostaje.
- Se seleccionó un proceso de compostaje aerobio en reactor horizontal gracias a una matriz de priorización la cual evalúa diferentes procesos para la obtención de compost y se realiza la elección con base en los criterios de salubridad, tiempo, área y eficiencia obteniendo un mayor puntaje el reactor horizontal y se adecua a las condiciones habladas con los habitantes del conjunto para la realización del proyecto. Para la elección del tratamiento de los lixiviados se realizó el mismo procedimiento en donde se estableció un tratamiento de con carbón activado para su tratamiento.
- Se realizó el desarrollo experimental del proceso con 2 reactores horizontales, realizando el seguimiento de las variables de temperatura, pH, y humedad. El producto obtenido cumple con los parámetros físico-químicos exigidos por la NTC5167 para abonos orgánicos sólidos. Con respecto a los lixiviados no se realizó ningún tratamiento puesto que durante el proceso no se generaron el volumen suficiente para la realización de sus respectivos análisis y posterior tratamiento.
- Se evidencia que el proceso cumple con todas las etapas del compost mesófila termofilia y maduración ya que se realizó el análisis de la temperatura durante el proceso observando que se cumplieron estas etapas y el pH de este fue el ideal para la actividad microbiana dentro del reactor.
- Se realiza el escalamiento del proceso determinando que semanalmente se produce 97 kg de compost dentro del conjunto entonces se realiza el modelo de 3 semejanzas triplicando el volumen del reactor ya que se genera 3 veces más del modelo a escala laboratorio. Por lo que se es necesario crear un reactor de 1.3 m de largo por 0.69 m de diámetro obteniendo un volumen de

reactor 103 galones. satisfaciendo la necesidad de volumen para albergar 205kg de materias primas.

- Se realizó un análisis estimando los costos de inversión mano de obra y producción del proyecto para su funcionamiento los costos de mano de obra son los más representativos. Determinando que para la realización del proyecto es necesario adquirir en el primer año \$78.363.957 pesos colombiano. Y vender el producto de 1 kg a \$5.000 pesos colombianos y así obtener ganancias de este aparte de restar el gasto de abono para las plantas y arbusto que se encuentran dentro el conjunto.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la educación y culturización de las personas para llevar una buena clasificación de los residuos.
- Se sugiere realizar la experimentación una muestra representativa de los habitantes del conjunto para la caracterización de los residuos generados realizando un análisis estadístico teniendo en cuenta el núcleo familiar de los habitantes.
- Teniendo en cuenta el largo tiempo para el desarrollo del producto se puede realizar un estudio acerca de los agentes acelerador que se pueden incluir en el proceso optimizando el tiempo de descomposición.
- Realizar un estudio detallado y monitoreo de las variables como humedad, cenizas, sólidos volátiles, contenido de nitrógeno, contenido de carbono, comportamiento de microorganismos en cada etapa para desarrollar un estudio más detallado de las variables sobre el proceso de compostaje.
- Realizar una experimentación utilizando otro tipo de materiales ricos en carbono o mezcla de ellos que se sean de cómoda disposición dentro del conjunto y de fácil biodegradación.
- Implementar técnica de calefacción dentro del diseño del reactor para evitar la disipación de la temperatura dentro del proceso de compostaje.
- Evaluar la calidad del abono sobre cultivos en huertas y jardines.
- Realizar los diseños para eliminar el volteo manual.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA DE SOGAMOSO, Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos-PGIRS- del municipio de Sogamoso.Sogamos,2015.

ALCALDIA DE SOGAMOSO: Ecología. [sitio web] Sogamoso. [Consultado: 19 de diciembre 2019]. Disponible en: <http://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/ecologia>

ÁLVAREZ, José. Manual de compostaje para agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Andalucía, España, 2006.

BATALLÁN, CA Romero. Aprovechamiento integral de lixiviados. Universidad de Salamanca, Salamanca, 2010.

BELLERA, C., et al. Esaacle. Planta de Producción de Acetaldehído. Proyecto Final de Carrera. Univerdad Autónoma de Barcelona, 2010.

COLOMBIA.MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Resolución N°187 de 2006 (31, julio, 2006) por el cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológico. Bogotá, D.C, 2006.

COLOMBIA.MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDAY DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1713 (7, agosto, 2002) Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá, D.C, 2002.

COMPOSTADORES: Las mosquitas de la fruta. [sitio web]. España. [consultado junio 15 2019]. Disponible en: <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/biodiversidad-en-mi-compostador/164-las-mosquitas-de-la-fruta.html>
<http://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/ecologia>

CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C. 21 de noviembre de 2016 Documento CONPES 3874 .Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

CORENA, Marion de Jesús. Sistemas de tratamientos para lixiviados generados e rellenos sanitarios. Sincelejo,2008, p. 19, Trabajo de grado modalidad monografía. Universidad de sucre. Facultad de ingeniería. AGUDELO, García

Rubén Alberto. Tratamiento de Lixiviados Producidos en Rellenos Sanitarios. Universidad de Antioquia. 2001

CRUZ CABANZO, María Angélica, et al. Evaluación a nivel de laboratorio de tres alternativas para el tratamiento y aprovechamiento de los lixiviados producidos en la planta de tratamiento de residuos orgánicos, Monte Verde del Municipio de Pacho, Cundinamarca.

GAGO, Mariana. Ecología verde: La importancia de retirar las hojas del suelo[sitio web].España(15 diciembre 2017)[consultado 18 junio 2019].Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-retirar-las-hojas-del-suelo-del-jardin-877.html>

GARRIDO I. Aida, Trabajo Fin de Grado: Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles. Sevilla.2015. Trabajo de grado. Universidad de Sevilla.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. compendio de normas para trabajos escritos NTC-1486-6166. Bogotá D.C . el instituto 2018 ISBN 9789588585673 153p.

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS. Informe de disposición final de residuos sólidos 2017. Bogotá D.C.; 2018, Disponible en: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf

JARAMILLO HENAO, Gladys y ZAPATA MÁRQUEZ, Liliana María. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. 2008.

LIU Andy. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. (20 de septiembre). Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-relea>.

MONTERROSA, Heidy. Hasta 70% de los residuos sólidos del país se pueden transformar en compostaje. En: LA REPUBLICA. 23 agosto. [en línea]. Bogotá D.C. Disponible en: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/hasta-70-de-los-residuos-solidos-del-p>.

NOVELO, Roger Méndez, et al. Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario. Ingeniería, 2004, vol. 8, no 2.

OFICINA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y MEDIO, Implementación, seguimiento y evaluación del PGIRS 2017 - 2027 del municipio de Sogamoso.Sogamoso,2018.
RÖBEN, Eva. Manual de compostaje para municipios. Municipalidad de Loja, Loja, Ecuador, 2002.

QUIMINET: Ventajas y aplicaciones del polietileno de alta densidad. [sitio web] (19 septiembre 2011).México. Disponible n:<http://www.catalogodelempaque.com/ficha-producto/Caneca-de-60-litros+100798>

ROMÁN, Pilar, MARTÍNEZ, María M. y PANTOJA, Alberto. Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. 2013.

SCHARAGER, Judith y REYES, P. Muestreo no probabilístico. Metodología de la investigación para las ciencias sociales. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2001

SEPULVEDA, L. y ALVARADO, J. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia, 2013.

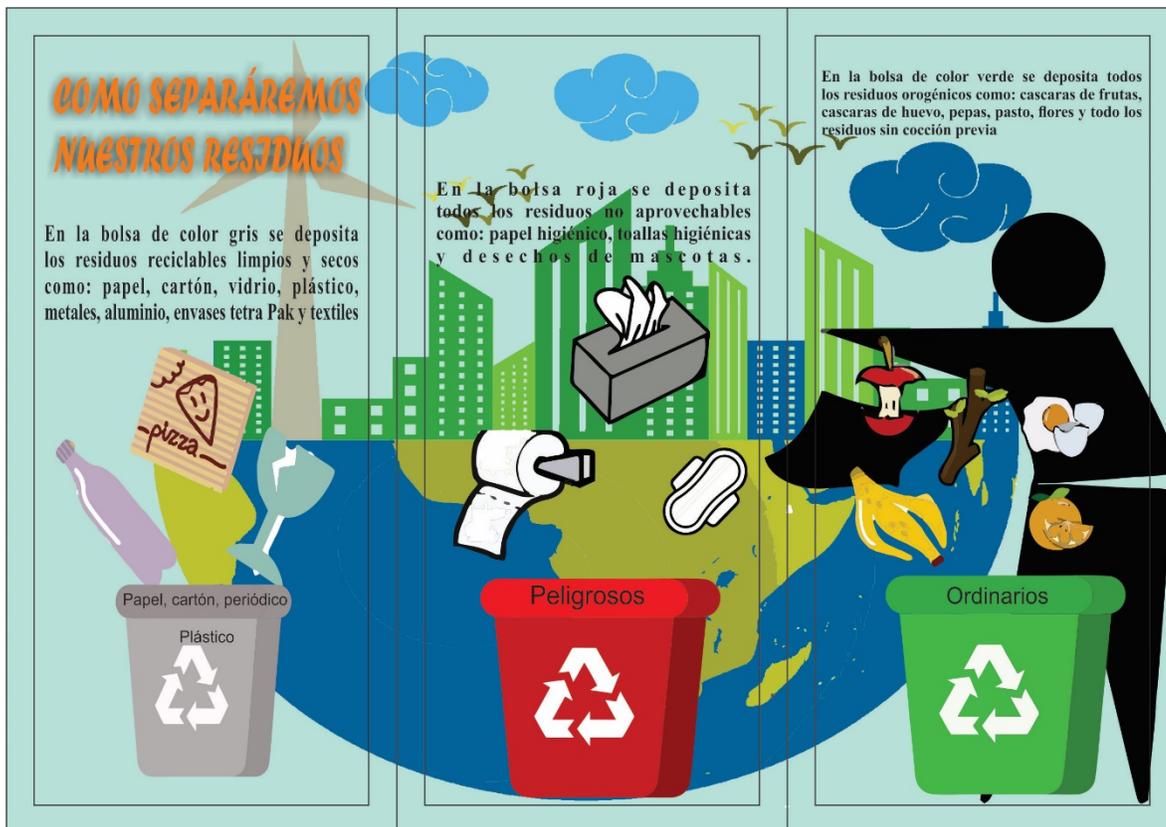
SINNAPS. Matriz de priorización.[blog][consultado 19 junio 2019].Disponible en: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/matriz-de-priorizacion>.

VARGAS, Yadira. Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con 3 tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento del cultivo de brócoli. Riobamba, Ecuador. 2007. Tesis. Escuela superior politécnica de Chimborazo.

VARNERO, María. Manual de biogás. Santiago de Chile, Chile: FAO, 2011.

ANEXOS

ANEXO A.
FOLLETO DESCRIPTIVO DE LOS DIFERENTES RESIDUOS Y SU CORRECTA SEPARACIÓN



¿QUE ES EL RECICLAJE?

Es el proceso mediante el cual se recolectan los residuos que han sido desechados como basura. Para ser recuperados, aprovechados o utilizados como materia prima en la elaboración de nuevos bienes o elementos para el bienestar o servicio del hombre.

IMPORTANCIA DE RECICLAR

Protegemos los recursos naturales y el medio ambiente, reducimos la contaminación y combatimos el cambio climático, creamos fuentes de empleo permitimos la creación de nuevos productos, al reciclar una botella plástica ahorramos la energía necesaria para mantener encendido un foco de 100 watts durante 4 horas



¿QUE ES EL COMPOSTAJE?

Es un proceso de transformación natural de los residuos orgánicos (restos de vegetales, frutos, hojas que tiramos habitualmente) para compostar es necesario mezclar la basura orgánica con restos leñosos y secos de podas, hojas..

IMPORTANCIA DEL COMPOST

Nos permite darle utilidad a los desechos que se generan en casa, reducimos considerablemente la cantidad de basura que desechamos, disminuimos el daño al medio ambiente.



TÚ DECIDES



GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

INQUIETUDES COMUNICARSE A:
linalba11@hotmail.com
CEL 3178548729



ANEXO B. RESULTADOS ENTREGADOS POR EL LABORATORIO

Figura 21. Resultado de análisis de residuos de cocina.

	INFORME DE RESULTADOS			
ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIALES ORGÁNICOS				
Informe N°	09976-V1-2019	N° de Laboratorio	AMO-03359-2019	
Información del Cliente				
Remitente	LINA MARIA ALBA MUÑOZ	Responsable	SRA. LINA ALBA	
Propietario	SRA. LINA MARIA ALBA MUÑOZ	Email contacto	lina.alba.92@gmail.com	
Fecha Ingreso	22-03-2019	Fecha Emisión	01-04-2019	
Información de la Muestra enviada por el Cliente				
Identificación suministrada	RESIDUOS DE COCINA	Lote / Bloque	N.S.	
Fuente del Material / Inf. Adicional	NO ESPECIFICADO	Contrato N°	N.A.	
Descripción Física	Sólido café claro	Condiciones recepción	CONFORME	
Resultados de Análisis				
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Humedad	N.A.	78.2	%	70 °C / Gravimétrico / NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	6.64	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5167
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	19.8	Adimensional	Relación matemática
CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL				
Nitrógeno Total	NT	0.336	%	Sumatoria de Especies de Nitrógeno requeridas por el cliente
Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	0.336	%	Micro-Kjeldahl / Volumétrico / NTC 370

Observaciones a los resultados:	Convenciones:
NINGUNO	N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D.No Detectado / MVH Mineralización Via Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica

Notas:

PARA MUESTRAS SÓLIDAS LOS RESULTADOS CONSIGNADOS EN EL PRESENTE INFORME ESTÁN EXPRESADOS EN BASE SECA

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este halla sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del analito en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: servicioalcliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

Autorizado por:

 **AGRILAB**

Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

 **AGRILAB**

Andrés Moreno
Coordinador de Area-Químico-PQ 5067

 **AGRILAB**

Myriam Bendeck Lugo
Gerente - Química MSc - PQ 1168

---- Fin del Informe ----

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
Para quejas, Reclamos y Sugerencias
comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co

Figura 22. Resultado de análisis de hojas secas.

 AGRILAB Servicios ambientales y agrícolas		INFORME DE RESULTADOS ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIALES ORGÁNICOS		 ICA Instituto Colombiano Agropecuario Resolución N°1271 de 2014	
Informe N°	09975-V1-2019	N° de Laboratorio	AMO-03360-2019		
Información del Cliente					
Remitente	LINA MARIA ALBA MUÑOZ	Responsable	SRA. LINA ALBA		
Propietario	SRA. LINA MARIA ALBA MUÑOZ	Email contacto	lina.alba.92@gmail.com		
Fecha Ingreso	22-03-2019	Fecha Emisión	01-04-2019		
Información de la Muestra enviada por el Cliente					
Identificación suministrada	HOJAS SECAS	Lote / Bloque	N.S.		
Fuente del Material / Inf. Adicional	NO ESPECIFICADO	Contrato N°	N.A.		
Descripción Física	Sólido café claro	Condiciones recepción	CONFORME		
Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia	
Humedad	N.A.	7.05	%	70 °C / Gravimétrico / NTC 5167	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	27.9	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5167	
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	27.1	Adimensional	Relación matemática	
CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL					
Nitrógeno Total	NT	1.03	%	Sumatoria de Especies de Nitrógeno requeridas por el cliente	
Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	1.03	%	Micro-Kjeldahl / Volumétrico / NTC 370	

Observaciones a los resultados:	Convenciones:
NINGUNO	N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D.No Detectado / MVH Mineralización Via Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopía de Absorción Atómica / EAA Espectroscopía de Emisión Atómica

Notas:

PARA MUESTRAS SÓLIDAS LOS RESULTADOS CONSIGNADOS EN EL PRESENTE INFORME ESTÁN EXPRESADOS EN BASE SECA

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este halla sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del analito en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: servicioalcliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.

Autorizado por:

 **AGRILAB**

Teresa Cocco
Subgerencia Técnica - Química - PQ 2155

Revisado por:

 **AGRILAB**

Andrés Moreno
Coordinador de Area-Químico-PQ 5067

 **AGRILAB**

Myriam Bendeck Lugo
Gerente - Química MSc - PQ 1168

---- Fin del Informe ----

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 745 4697 - 223 1999
Para quejas, Reclamos y Sugerencias
comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co

ANEXO C. BALANCE DE MATERIA

Balance de materia para determinar el peso inicial de los residuos y hojas secas

Balance Global

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \quad (1)$$

Balances elementales

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_3 C_3 \quad (2)$$

$$Q_1 N_1 + Q_2 N_2 = Q_3 N_3 \quad (3)$$

$$Q_1 H_1 + Q_2 H_2 = Q_3 H_3 \quad (4)$$

Relación C/N de la mezcla de la corriente salida

$$R = C / N = \frac{C_3}{N_3} \quad (5)$$

Al dividir la ecuación (2) con la (3) se obtiene la igualdad a la relación C/N deseada:

$$R = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 N_1 + Q_2 N_2} \quad (6)$$

C_n y N_n están en base húmeda, por lo que se implementa la humedad aportada de cada uno de los agentes de carga

$$R = \frac{Q_1(C_1(100-H_1)) + Q_2(C_2 \times (100-H_2))}{Q_1(N_1 \times (100-H_1)) + Q_2(N_2 \times (100-H_2))} \quad (7)$$

Para realizar un aprovechamiento del total de los residuos se realiza el cálculo para obtener la cantidad de hojas secas para el alimento. La ecuación (8) representa el despeje para determinar la cantidad de hojas secas necesarias para la realización del compost con una relación carbono nitrógeno dentro de los rangos óptimos para el inicio del proceso

$$Q_2 = \frac{R Q_1 N_1 (100-H_1) - Q_1 C_1 (100-H_1)}{C_2 (100-H_2) - R N_2 (100-H_2)} \quad (8)$$

ANEXO D. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DEL COMPOST.

	RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO – COMPOST Y ABONOS Q-60														FECHA		
	GESTIÓN AGROLÓGICA														AAAA-MM-DD		
															2019-06-12		
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO		LINA ALBA								TIPO DE MUESTRA		COMPOST		No. SOLICITUD		3723_1	
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN		Boyaca - Sogamoso															
SUPLEMENTO DE RESULTADOS		<input type="checkbox"/>		DE FECHA				DIRECCIÓN DEL CLIENTE		AV CALLE 127 NO. 46-17							
No. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	PROFUNDIDAD (cm)	pH	RELACION DE pH	CARBONATO DE CALCO	COMPLEJO DE CAMBIO (mmol+/kg)				FOSFORO DISPONIBLE (mg/kg)	ELEMENTOS MENORES DISPONIBLES (mg/kg)				CARBONO TOTAL %	NITRÓGENO TOTAL %	
					Cualitativo	Ca	Mg	K	S.T.		Mn (mg/kg)	Fe	Cu (mg/kg)	B			
MQ1-36436	LOTE SOGAMOSO	20-	8.280	1.3	(++)	21.88	13.29	193.18	228.35	668.96	87.43	31.20	4.30	N.A.	33.52	2.1	
AZUFRE TOTAL %																	
0.41																	
Observaciones:		El resultado de Boro, se reporta como N.A.* No Aplica, ya que no fue posible su determinación analítica, por interferencia de color de la muestra, muy oscura, debido al alto contenido de Carbono Total (33.52%), la cual no dio respuesta a la decoloración con Carbón activado y ácido sulfúrico.															

**ANEXO E.
ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DE CONJUNTO**

**Encuesta para determinar cantidad de residuos orgánicos que produce el
conjunto residencial la colina.**

Nombre:

1. Cantidad de personas que viven _____
2. Cuantas personas.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
DESAYUNAN							
ALMUERZAN							
COMEN							

3. Lista de mercado de plaza que realiza a la semana.

4. Cantidad de residuos orgánicos que genera semanalmente

**GRACIAS
LINA MARIA ALBA**

**ANEXO F.
DESPEJE PARA EL CÁLCULO DEL DIÁMETRO Y LARGO DEL REACTOR**

Volumen de cilindro

$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

Relación entre altura y diámetro

$$h = 1.5 * D \quad (2)$$

Relación entre diámetro y radio

$$D = 2r \quad (3)$$

Remplazando (2) y (3) en (1)

$$V = \pi * (D^2/4) * 1.5D \quad (4)$$

Entonces el diámetro del cilindro

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{\pi * 1.5}}$$