

Determinación de un modelo de compostaje práctico, para el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos de la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza la 21 en la ciudad de Ibagué.

Proyecto de investigación

Jeisson Wberly Cardona Cortés

Juan Sebastián Botero Mondragón

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Ibagué, Tolima, septiembre de 2019

Determinación de un modelo de compostaje práctico, para el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos de la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza la 21 en la ciudad de Ibagué.

Jeisson Wberly Cardona Cortés

Juan Sebastián Botero Mondragón

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero ambiental

Director de trabajo de grado

Carlos Guillermo Mesa Mejía

Ingeniero ambiental y sanitario

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Ibagué, Tolima, septiembre de 2019

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Ciudad y fecha (día, mes, año)

Agradecimientos

En primera instancia, la gratitud es para Dios por ofrecernos vida, los ánimos elevados y la sapiencia necesaria para sacar adelante cada meta propuesta y desarrollarla hasta el final. Luego, a nuestras madres Astrid y Dioselina, quienes han sido el motor de impulso con sus labores de formación de persona en nosotros, sus enseñanzas de vida, sus valores y su incesante consejería en cada tramo recorrido; por su apoyo perpetuo, con el que las dificultades han sido efímeras en nuestro recorrer universitario y sobre todo su persistencia en formar de nosotros grandes personas.

También, a aquellos tutores, cuya función no ha sido otra que, la orientación y compartir de su conocimiento para con nosotros, por estar prestos ante la resolución de las dudas surgidas a lo largo del avance intelectual en cada uno de los periodos cursados. Agradecimiento especial para el Ingeniero Calos Guillermo Mesa Mejía y también para su equipo de oficina, la Ingeniera Paola Andrea Tenorio Sánchez y la Bióloga Bilma Adela Florido Cuellar, por su orientación para el desarrollo del siguiente trabajo y su correcta consecución.

En cuanto a nuestras familias, también nuestra gratitud por su apoyo en todos los sentidos y por estar cuando se hicieron necesarios con alguna ayuda, así como a los amigos cercanos, quienes con consejos y sus motivaciones, sirvieron de impulso para culminar de manera exitosa.

Resumen

El manejo de los residuos sólidos orgánicos en la plaza la 21, de la ciudad de Ibagué, es inadecuado en términos de disposición final y tratamiento, lo que genera problemas ambientales adversos. Este proyecto de investigación, plantea tres alternativas de tratamiento, con el fin de realizar procesos de compostaje en tres reactores, en donde el objetivo primordial fue determinar un modelo de compostaje, práctico, de fácil aplicación, en los cuales se tenía (Tradicional, Lombricultura y Microorganismos Eficientes). El proceso metodológico se enmarcó por el sondeo de puestos, para realizar la recolección diaria durante 10 días, logrando caracterizar los tipos de residuos orgánicos e implementando el método de cuarteo para disminuir el volumen de material a compostar, recolectando 12 Kg/día. Posteriormente, se realizó la siembra en los tres reactores, con un registro semanal, de aspectos como lixiviados, la humedad, pH, volumen, peso y temperatura, así mismo se realizaron tomas de muestras al finalizar el segundo y tercer mes de siembra con el fin de evaluar por medio de análisis de laboratorio, parámetros que determinarían que el modelo de compostaje por Microorganismo Eficientes es viable para dar solución al problema planteado como proceso de disposición y tratamiento de dichos residuos sólidos orgánicos.

Palabras clave: Compostaje, Residuos Sólidos, Orgánicos, Lombricultivo, Microorganismos Eficientes

Abstract

The management of organic solid waste in “Plaza la 21”, in Ibague city, is inadequate in terms of final disposal and treatment, what creates adverse environmental problems. This investigation project proposed three treatment alternatives, with the purpose of carry out composting processes in three reactors, where the primary objective was to determine a practical, easy to apply composting model in which we had (Traditional, Vermiculture and Efficient Microorganisms). The methodological process was framed by the polling of positions, to carry out the daily collection during ten days, getting to characterize the types of organic waste and implementation of the method of quarter to decrease the volume of material to be composted, collecting 12 Kg / day. Subsequently, we made the starting in the three reactors, with a weekly logbook, of aspects such as leachate, humidity, pH, volume, weight and temperature. Then, we taken samples at the end of the second and third month after starting in order to evaluate, through laboratory analysis, parameters who determined that the composting model by Efficient Microorganism is feasible to solve the problem posed as the process of disposal and treatment of the organic solid waste.

Keywords: Composting, Solid Waste, Organic, Vermiculture, efficient microorganisms.

RESUMEN ANALITICO EDUCATIVO - RAE

INFORMACION GENERAL	
1. Título.	Determinación de un modelo de compostaje practico, para el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos de la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza la 21 en la ciudad de Ibagué.
2. Tipo de proyecto.	Proyecto de investigación.
3. Fecha	Mayo 21 de 2019
4. Palabras claves	Palabras clave: Compostaje, Residuos Sólidos, Orgánicos, Lombricultivo
5. Resumen	El manejo de los residuos sólidos orgánicos en la plaza la 21, de la ciudad de Ibagué, es inadecuado en términos de disposición final y tratamiento, lo que genera problemas ambientales adversos. Este proyecto de investigación, planteo tres alternativas de tratamiento, con el fin de realizar procesos de compostaje en tres reactores, en donde el objetivo primordial fue determinar un modelo de compostaje, practico, de fácil aplicación en los cuales se tenía (Tradicional, Lombricultura y Microorganismos Eficientes). El proceso metodológico se enmarco por el sondeo de puestos, para realizar la recolección diaria durante 10 días, logrando caracterizar los tipos de residuos orgánicos e implementando el método de cuarteo para disminuir el volumen de material a compostar, recolectando 12 Kg/día. Posteriormente, se realizó la siembra en los tres reactores, con un registro semanal, de aspectos como lixiviados, la humedad, pH, volumen, peso y temperatura, así mismo se realizaron tomas de muestras al finalizar el segundo y tercer mes de siembra con el fin de evaluar por medio de análisis de laboratorio, parámetros que determinarían que el modelo de compostaje por Microorganismo Eficientes es viable para dar solución al problema planteado como proceso de disposición y tratamiento de dichos residuos sólidos orgánicos.
6. Problema	Los residuos sólidos orgánicos hoy por hoy, se han convertido en un gran problema ambiental por los grandes impactos que estos ocasionan al medio ambiente, especialmente en la generación de gases efecto invernadero debido a su inadecuada disposición, así mismo la producción de lixiviados lo cual altera la potabilidad de aguas superficiales y subterráneas. Por ello este proyecto de investigación, busca mediante el establecimiento de tres modelos de compostajes paralelos, identificar la viabilidad y practicidad de alguno de ellos para poder brindar una adecuada solución al inadecuado manejo realizado en la sección de frutas verduras y legumbres de la plaza de mercado en la ciudad de Ibagué. Para ello es importante globalizar y contextualizar el estado actual de la problemática identificada y como la población en crecimiento y económica, repercute en el panorama mundial en cuanto al manejo dado a estos residuos sólidos orgánicos. De momento, hablando en términos de población, encontramos que globalmente tenemos una población aproximada de 4,028 billones de

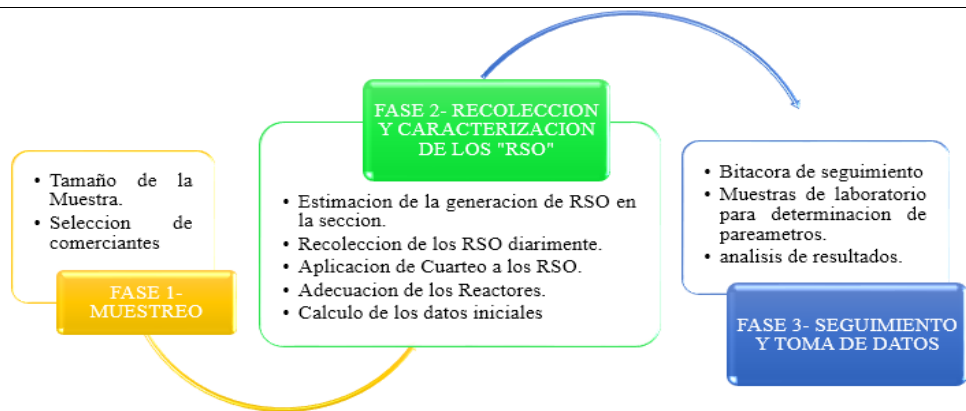
habitantes y cuyo aumento porcentual es del 2,035 % anual. Teniendo en cuenta dicha afirmación, necesariamente hay que hablar de la industrialización acelerada y el crecimiento económico, que se traduce en el aumento de la generación de residuos sólidos en todo el mundo (Khadelwal, et. al., 2019). Así mismo, se espera que para el 2025 la producción de residuos sea de 6,1 millones de toneladas métricas, dejando ver el considerable aumento en comparación con el año 2002 donde la producción era de 3,5 millones de toneladas métricas. Con la cifra que se espera para el 2025, se estima que el gasto para su gestión sea de aproximadamente 375 mil millones (World Bank, 2012). La tasa de generación de RSU es directamente proporcional al aumento en el nivel de ingresos de los países, es decir, los países con un PIB más alto producen más desechos con una mayor proporción de residuos de papel y embalaje, mientras que los países con un PIB más bajo producen más desechos biodegradables (Shekdar, 2009). La problemática ambiental y las consecuencias de la mala gestión han impulsado a que las mega ciudades implementen proyectos basura cero y similares, con los cuales emprenden una búsqueda de la mitigación de los principales efectos que se producen con el mal manejo (Avendaño, 2015), como el calentamiento global, el agotamiento del ozono, los peligros para la salud humana, los daños al ecosistema, el agotamiento de los recursos abióticos, etc. (Lauren, et. al, 2014).

Colombia, cumple con la siguiente condición por lo que está sometida a la apreciación dada por Padilla & Trujillo, (2018): la cantidad de desechos domésticos producidos ha aumentado en los países en desarrollo como resultado directo del rápido crecimiento de la población y la urbanización. Así mismo en nuestro país debido a la ausencia de controles de planificación dirigidos por el estado, el reciclaje de residuos a nivel doméstico se está convirtiendo en un tema preocupante, por tanto, encontramos que, en las clases socioeconómicas más bajas, las actitudes hacia la separación de los desechos sólidos se ven influenciadas por el uso de Internet, la membresía a una organización ambientalista, el nivel de educación del jefe de familia y la propiedad de la vivienda. Por lo tanto, aumentar los niveles de educación dentro del segmento más pobre de la población, promover políticas de vivienda asequible y facilitar el acceso a Internet para la población vulnerable podría reforzar las actitudes de los hogares hacia un mayor esfuerzo de reciclaje separado por la fuente (Padilla & Trujillo, 2018). Las ideas planteadas en el proyecto, las conclusiones a las que se llegaron y las apreciaciones que se puedan tener al estudiarlo pueden ayudar a mejorar las consecuencias de la mala gestión de los residuos como la generación de los lixiviados, la contaminación de los suelos y los aljibes de agua subterránea y/o fuentes superficiales cercanas a los rellenos, la emisión de gases de efecto invernadero debido a los procesos anaeróbicos propios de los microorganismos. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

La plaza la 21 de la ciudad de Ibagué, según García (2010), es la segunda plaza de mercado más grande que tiene la ciudad con un total de 682 puestos, en donde se ofertan los productos agrícolas que produce el

	<p>departamento del Tolima, especialmente en el municipio de Cajamarca. También, frutas cultivadas en el norte del departamento y los secanos cosechados principalmente en la meseta del Tolima y municipios surorientales del departamento. La problemática identificada, es de acuerdo a los contextos mencionados (global; nacional, departamental) la ausencia de una política ambiental por parte de los entes implicados, tal que se planteen medidas con cada persona implicada en el manejo de los residuos, buscando que la disposición sea diferente a la que se efectúa en el momento. En ese orden de ideas, encontramos que frente al problema una de las soluciones es llevar a cabo compostajes urbanos, como métodos de disposición final de los residuos orgánicos no solo de la plaza enfocada en el proyecto, sino de las demás ciudades y municipios del departamento del departamento. Por ello, este proyecto evalúa el comportamiento de tres modelos diferentes que pueden ser implementados como medida de cambio de la disposición final de los residuos orgánicos que se generan en la plaza eliminando la actual y convencional que conlleva a la generación de problemas ambientales, como la contaminación del suelo, vertimiento de lixiviados por la descomposición de los residuos y contaminación del área urbana.</p> <p><i>“En cuanto a problemas de salubridad, encontramos las relacionadas con la proliferación de vectores transmisores de enfermedades a la comunidad. Algunos de estos son: las ratas, los zancudos, las cucarachas y las moscas. Todos estos, encuentran en medio de los residuos un ambiente de supervivencia donde pueden llevar su ciclo de vida correctamente, por lo que su reproducción se ve beneficiada, generando focos de enfermedades, como Zika, dengue, etc. (zancudos); fiebre tifoidea (moscas cucarachas); salmonela, una de las principales causas de toxiinfecciones alimentarias. Estos vectores son parte del problema porque generan complicaciones de salud pública que se expresan desde simples diarreas hasta complicaciones de mayor complejidad” (McJunkin, 1992).</i></p>
<p>7. Objetivos</p>	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar un modelo de compostaje eficiente de bajo costo que permita realizar un adecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos de la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza la 21 en la ciudad de Ibagué. <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar los residuos sólidos orgánicos generados en la sección de frutas verduras y legumbres, por medio del método de cuarteo, así como su producción estimada mensual. • Implementar los modelos paralelos de compostaje mediante la utilización de un sistema tradicional, lombricultivo y microorganismos eficientes (EM), para evaluar el modelo más

	<p>práctico y generar una solución al problema de los residuos sólidos orgánicos de la plaza de la 21.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar el tiempo / beneficio en la degradación de los residuos orgánicos, los parámetros de medición semanal de cada uno de los modelos de compostaje, determinado por un respectivo análisis de laboratorio al finalizar cada mes.
<p>8. Metodología</p>	<p>En este proyecto de investigación, se busca identificar un modelo de compostaje que sea de bajo costo, de fácil aplicación y de poco tiempo de ejecución, que permita optimizar los recursos y generar rapidez en la producción de abono orgánico compostado, para así brindar una solución práctica y una alternativa ambientalmente amigable, que sirva para mitigar la inadecuada disposición final de residuos sólidos orgánicos, en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué. Para esta metodología, se empleará un proceso aeróbico.</p> <p><i>“Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada”.</i> (Sztern, et al, 1999, p 18).</p> <p>Este proyecto de investigación, se desarrolla bajo un diseño experimental de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, el cual busca explicar los fenómenos que ocurren en los modelos de compostaje implementados, especificando cada uno de los componentes y factores a ser analizados, a partir de las mediciones de diferentes características dentro del proceso de compostaje en cada uno de los modelos, para así durante un periodo de tiempo determinar cómo es su relación en función del tiempo y costos empleados. Los estudios descriptivos son la base y punto inicial de los otros tipos y son aquellos que están dirigidos a determinar "cómo es" o "cómo está" la situación de las variables que se estudian en una población. La presencia o ausencia de algo, la frecuencia con que ocurre un fenómeno (prevalencia o incidencia), y en quiénes, dónde y cuándo se está presentando determinado fenómeno (Pineda Et al, 1994, p, 82).</p> <p>Como actividades determinantes en el proyecto de investigación, se dividirán en una serie de fases implementadas a lo largo de la ejecución del proyecto, el cual es la base fundamental del éxito de los resultados en cada uno de los modelos de compostaje a implementar. En el siguiente esquema se determina las fases correspondientes:</p>



Fases de Implementación del proyecto de Investigación

FASE 1.

Muestreo.

El plan de muestreo para la determinación de la cantidad de residuos generados en la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza de la 21 de la ciudad de Ibagué, estará enmarcado en un muestro probabilístico aleatorio simple el cual según expresa Pineda (1994) “Es uno de los más sencillos y tal vez el más utilizado; se caracteriza porque cada unidad tiene la probabilidad equitativa de ser incluida en la muestra. En este tipo de muestreo hay varias modalidades” (p, 114). Con este muestreo permitirá realizar una estimación en cuanto a la generación de residuos sólidos orgánicos, determinado durante un periodo de 10 días.

Para estimar el tamaño de la muestra, se establece el número total de locales comerciales en estudio y posteriormente determinar el número de muestras basados en el muestreo aleatorio simple, el cual según Fisher 1991 plantea que “el tamaño de la muestra deberá ser suficiente para permitir un análisis confiable de los cruces de variables, para obtener el grado de precisión requerido en la estimación de proporciones, y para probar si las diferencias entre proporciones son estadísticamente significativas” (p,56).

Para este muestreo se aplicará la caracterización de residuos sólidos orgánicos al 25 % de puestos del total de la sección evaluada, el cual se destaca lo dicho por Pineda Et al, 1994:

Lo importante no es la proporción que la muestra representa del total del universo, sino el tamaño absoluto de la muestra. Por ejemplo, si se tiene una población de 100 individuos habrá que tomar por lo menos el 30% para no tener menos de 30 casos, que es lo mínimo recomendado para no caer en la categoría de muestra pequeña. Pero si la población fuese de 50.000 individuos, una muestra del 30% representará 15.000; 10% serán 5.000 casos y 1 % dará una muestra de 500. En este caso es evidente que una muestra de 1 % o menos podrá ser adecuada para cualquier tipo de análisis que se desee realizar. (p, 112)

FASE 2

Recolección y caracterización de los RSO

La recolección de residuos sólidos orgánicos se realizará en la fuente, es decir, en común acuerdo con los vendedores de la sección, se les pedirá que

en una bolsa distintiva, depositen los residuos generados en cada uno de los puestos, para así poder realizar una estimación y calcular el peso en Kg/ día de residuos generados por vendedor. Para ello se empleará un registro de la cantidad de RSO en una Tabla durante 10 días:

Tabla 1. Planilla de registro de RSO diarios en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué.

FECHA:	
N MUESTRA	KG/DÍA
1	
2	
3	
Promedio	
Total	

Fuente: Autor (2019)

Al finalizar el día se empleará la siguiente ecuación con el fin de estimar la producción total de la sección para realizar la caracterización y recolección de residuos sólidos orgánicos a compostar:

$$PPC = \frac{\text{Kg recolectados de RSO}}{\# \text{muestras}} * \text{total de puestos de la seccion}$$

Posterior a la determinación de la producción de RSO por número de muestra, se procederá a determinar la cantidad de Kg de RSO a transportar al área de establecimiento de modelos de compostaje. Para ello se aplicará el método de “Cuarteo” en el cual se depositan los residuos, se abre cada una de las bolsas donde vienen los residuos sólidos, luego se hace una circunferencia lo más uniforme posible con todos los residuos, de ésta se extraen dos cuartos, se hace otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacan otros dos cuartos, y así sucesivamente hasta poder tener una muestra representativa y manejable (Montoya, 2012, p, 68).

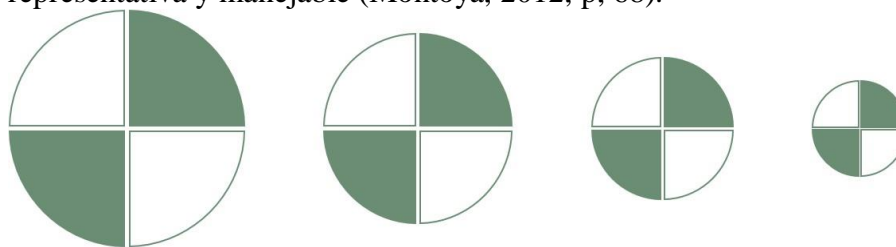


Ilustración Método de Cuarteo

Para continuar con el proceso de recolección de datos, información, elementos y materia prima para iniciar, se plantea el siguiente procedimiento:

- Al realizar el método de cuarteo, tomar una muestra de los RSO de 12 Kg/día, para así al final de los 12 días contar con 120 Kg de residuos totales, para establecer los 3 modelos de compostaje por Microorganismos Eficientes, Tradicional y Lombricultivo, mediante un paralelo similar en los tres modelos, en el que su componente

	<p>diferencial será el método de degradación de los residuos sólidos orgánicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos, así como el porcentaje de material en peso y la clasificación dada para cada uno de ellos (Ver tabla 2. Clasificación de los residuos según su naturaleza). • Reducir el volumen del RSO manualmente con el fin de acelerar el proceso de descomposición y tener una mezcla homogénea, según la FAO (2013) “La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato” (p, 30). • Exponer los RSO al sol, con el fin de eliminar el exceso de humedad presente y evitar la generación excesiva de lixiviados. • Establecer los modelos (convencional, Micro Organismos Eficientes EM y Lombricultivo) para compostar los residuos sólidos recolectados de tal forma que se realicen mediciones de volumen inicial, peso y componentes requeridos para el inicio del proceso de compostaje, considerando que sus cantidades deben ser iguales para cada uno de los modelos por establecer, donde la única variable será el componente diferencial en cada modelo en este caso Microorganismo y lombrices (Ver tabla 16, Valores iniciales para cada reactor). <p>El proceso de compostaje se realizará por medio de reactores o “canecas de plástico” de 200 litros, aforadas, con agujeros que permitan su aireación y un sistema de recolección de lixiviados. OPS “Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante” (p, 21).</p> <p>FASE 3. <i>Seguimiento y toma de datos.</i></p> <p>Para el establecimiento y toma de datos de los modelos tres modelos de compostaje establecidos (Microorganismos eficientes, Lombricultivo y Tradicional), se realizará en un periodo de 3 meses contados a partir de la siembra del compostaje, en ese momento, se debe determinar los siguientes parámetros, para así contar con una información primaria, la cual se comparará con la bitácora semanal y los resultados finales, estos parámetros iniciales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumen inicial • Porcentaje de humedad.
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Peso en Kg • Altura del RSO <p>Posterior a estos datos iniciales, se llevará una bitácora con el fin de analizar de registrar una vez por semana durante los tres meses establecidos, los aspectos físicos de los modelos de compostaje en el cual se determine los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso en Kg • pH • Volumen en cm³ • Textura • Olor. • Color • Lixiviados mL • Temperatura (°C) <p>Con el fin de evaluar una serie de parámetros fundamentales en cada uno de los modelos de compostajes en los 3 meses previstos para la maduración del compost, se tomará una muestra al finalizar cada mes con el fin de evaluar y comparar los aspectos distintivos y las correlaciones existentes dependiendo de las siguientes variables y su respectivo resultado de los análisis de laboratorio, en los cuales se determinará lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ pH ➤ Relación C/N ➤ % Materia Orgánica ➤ Nutrientes mayores (N, P, K) ➤ Carbono Orgánico <p>Basados en esta metodología, buscamos Analizar y comparar los resultados obtenidos de cada uno de los modelos en el que se priorice el tiempo/ beneficio y degradación de los residuos sólidos orgánicos de cada uno de los modelos de compostaje, generación de lixiviados y resultado del análisis de laboratorio, para así determinar cuál de los tres modelos se puede implementar de manera práctica como solución al problema de contaminación por residuos sólidos orgánicos.</p>
<p>9. Conclusiones</p>	<p>De acuerdo con los estudios del trabajo investigativo, se logró identificar el desconocimiento de los procesos de manejo y disposición final de residuos por parte de la comunidad Ibaguereña y de los comerciantes. Los cuales no se logran articular en los respectivos procesos de aprovechamiento, educación de reciclaje y recuperación de materiales orgánicos.</p> <p>En vista de la falta de apoyo gubernamental, la desinformación por parte de los vendedores de la plaza de mercado y las practicas inadecuadas realizadas por los consumidores locales, no se evidencia una aplicación práctica en ningún tipo de proceso para el aprovechamiento, básicamente porque la regulación y el seguimiento opta por pasos cortos y de “rápida solución” como recolección a tiempo en los respectivos sitios, trasporte adecuado hacia el relleno sanitario y su disposición modular en compañía de más residuos de diferente naturaleza, esto debido a la no acción implementada de separación en la fuente durante su generación.</p>

En términos de análisis, resulta siendo un obstáculo más el poco interés de las personas que interactúan en el entorno de la plaza de mercado si se mira desde un punto concreto de la gestión ambiental, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible. Ahora bien, se abre el espacio para ahondar en la problemática y proponer soluciones, para así determinar el tiempo que podrían tardar todos los organismos implicados en consensar sobre este tipo de estudios y medidas ofrecidas como posibles soluciones a la problemática de gestión de residuos, con visión a hacer de la ciudad, un territorio con una mejor sostenibilidad y con acciones integradas a la mejora continua del medio ambiente. Queda abierta la interrogativa de cómo aplicar cada detalle obtenido durante el proceso en la ciudad y en la disposición adecuada de los residuos que tanto urge en la capital tolimense.

Referente a la investigación realizada, se debe tener en cuenta al momento de ejecutar procesos de compostaje, que tipo de materiales orgánicos serán empleados para la ejecución de un proceso de compostaje, ya que, como resultado de los análisis de laboratorio, algunos parámetros pueden variar en función de la cantidad y calidad de residuos sólidos orgánicos por la naturaleza y su tipo, para así tener claridad durante todo el proceso y poder realizar los ajustes pertinentes.

Para el modelo de compostaje tradicional, se presentaron una serie de eventos temporales los cuales sirvieron para la determinación final del modelo más viable, estos eventos comprendieron la mayor generación de olor fuerte en los lixiviados obtenidos en las primeras semanas de siembra, además presento una etapa termófila mucho después en comparación con el modelo de los EM, lo cual insidioso en el aumento de temperatura.

Referente al modelo de lombricultivo, este presento la mayor generación de lixiviados en todo el proceso de compostación, siendo de un olor fuerte tras las primeras tres semanas de compostaje, esto debido a la utilización de material de origen con alto contenido de humedad como lo son las frutas, sin embargo este tipo de lixiviados provenientes de los procesos de degradación por lombrices, pueden servir para la transformación y utilización de abonos líquidos o comúnmente llamado “Humus Líquido” el cual después de un proceso de transformación logra ser reutilizado a las cadenas productivas.

Para el modelo de los microorganismos eficientes (EM), las características finales del proceso en comparación con los demás modelos se establecieron dentro de un rango optimo, sin embargo los EM presentaron unas mejores condiciones durante todo el proceso como lo fue, la menor generación de lixiviados, menor olor en la compostación de RSO, menor tiempo de degradación de los residuos, además en la percepción costo beneficio, el proceso de implementación de EM, no requiere una gran inversión, ya que dichos microorganismos los encontramos de manera natural en el ambiente y su forma de captura y propagación no requiere grandes inversiones de capital económico, lo cual justifica su implementación ya que se genera menos impactos al medio ambiente.

Así mismo los resultados arrojados en la investigación, permite recrear un panorama de aprovechamiento masivo de estos Residuos sólidos Orgánicos,

	<p>los cuales pueden ser transformados en compost orgánico, para que sirvan como fuente nutricional de cultivos que requieran ciertos parámetros nutricionales como los obtenidos en el análisis de laboratorio de los modelos establecidos, además dicho abono permite modificarse según los requerimientos nutricionales del consumidor final.</p> <p>En vista del crecimiento global y comercial del mercado de productos que generan altos contenidos de residuos sólidos orgánicos, la propuesta desde el desarrollo del proyecto de investigación, es la implementación de metodologías en el cual se tenga en cuenta el ciclo de vida de los productos y como las salidas de los procesos sirvan de materias primas para la implementación de nuevos sistemas, enfocados en la maximización de los recursos en cuanto a su reutilización y aprovechamiento, integrando tanto a los entes gubernamentales como a las comunidades de consumo, teniendo en cuenta los fenómenos actuales en el deterioro del medio ambiente. Con este panorama y como futuros ingenieros ambientales, estamos en las capacidades de brindar las herramientas para que cada vez más los procesos estén de la mano en la conservación del medio ambiente.</p> <p>Además para fortalecer la investigación desde la perspectiva ambiental, debemos tener en cuenta que si cambiamos la ideología de identificar los residuos sólidos como simple “Basura” y no generamos procesos de valoración y aprovechamiento de los mismos, no se podrá identificar los beneficios que se pueden adquirir tanto en los aspectos sociales, económicos como ambientales, ya que al integrar la adecuada disposición de residuos, estamos minimizando una serie de impactos que en términos de calidad de vida se verán reflejados a un futuro.</p>
<p>10. Bibliografía</p>	<p>Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Santa Fe de Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf</p> <p>APROLAB. (2007). Producción de Abono Orgánico con Microorganismos Eficaces EM-1. (Vol. 001). Lima, Perú.</p> <p>Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA. Santa Fe de Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf</p> <p>Arango, M. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Caldas, Antioquia, Colombia.</p> <p>Barrena, R., Font, X., Gabarrel, A., & Sanchez, A. (Julio de 2014). Home composting versus industrial composting: influence of composting system on compost quality with focus on compost stability. <i>Waste Management</i>, 34(7), 1109-1116. Recuperado el 04 de abril de 2019, de https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X14000609</p>

Bermúdez, E. (04 de septiembre de 2018). Generalidades de la plaza la 21. (J. Cardona, & J. Botero, Entrevistadores) Ibagué, Tolima, Colombia.

Bernache, G. (2011). Riesgo De Contaminación Por Disposición Final De Residuos. Un Estudio De La Región Centro Occidente De México. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, CIESAS, Unidad Occidente. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a14.pdf>

Camacho, A., & Martínez, L., & Ramírez Saad, H., & Valenzuela, R., & Valdés, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32 (4), 291-300.

Chien, C., Yee, L., Shin, W., & Shiun, J. (2017). A review on the global warming potential of cleaner composting and mitigation strategies. (E. BV, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 146, 149-157.

Craft, C. M. and E. B. Nelson. 1996. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 1550-1557

Del Borghi, A., L. Binaghi, A. Converti y M. Del Borghi. 2003. Combined treatment of leachate from sanitary landfill and municipal wastewater by activated sludge. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 17(4), 277-283.

FAO. (2013). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Fisher, A. Laing, J. Stoeckel, J. Townsend, J. (1991). Manual para el Diseño de Investigación Operativa en Planificación Familiar. Segunda Edición.

García, W. (junio 13 de 2010). PLAZAS DE MERCADO EN LA CIUDAD DE IBAGUE. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://generalidadesplazasibague.blogspot.com/>

Hoornweg D, Bhada, P. Qué desperdicio. Una revisión global de la gestión de residuos sólidos Unidad del Banco Mundial Urban Dev. Ser. Papilla. Urban Dev. Gobernador local, 15 (2012)

Ibarra, Y. (2011). Sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. Módulo didáctico. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

	<p>ICONTEC, 2009. Guía Técnica Colombiana GTC – 24, para la separación en la fuente.</p> <p>Jara, J., Pérez, M., & Bustamante, M. (10 de enero de 2017). Compostaje como estrategia sostenible para el manejo de desechos sólidos municipales en la Región de Chimborazo, Ecuador: Idoneidad de los composts obtenidos para la producción de plántulas. (Elsevier, Ed.) <i>Journal of Cleaner Production</i>, 141, 1349-1358.</p> <p>Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Medellín, Antioquía, Colombia: Universidad de Antioquía. Retrieved septiembre 2, 2018</p> <p>Jouquet, E., Bloquel, E., Doan, T., Ricoy, M., Orange, M., Rumpel, C., & Duc, T. (2011). ¿Compost, Vermicompost? ¿Mejora la retención de macronutrientes y el crecimiento de las plantas en suelos tropicales degradados? <i>Compost Science & Utilization</i>, 19, 15-24.</p> <p>Józwiakowski, K., Czernaś, K., & Szczurowska, A. (2009). Preliminary results of studies on the purification of water in a pond using the SCD Probiotics technology. <i>Ecohydrology & Hydrobiology</i>, 9(2-4), 307-309. Recuperado el 4 de abril de 2019, de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359309700564</p> <p>Jusoh, M., Manaf, L., & Latiff, P. (4 de febrero de 2013). Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. <i>Revista iraní de ciencia e ingeniería de salud ambiental</i>, 17. Recuperado el 4 de abril de 2019, de https://jehse.biomedcentral.com/articles/10.1186/1735-2746-10-17</p> <p>Khadelwal, H., & Dhar, H. (1 de febrero de 2019). Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 1-5.</p> <p>Koubová, A., Chroňáková, A., Pižl, V., Sánchez-Monedero, M., & Elhottová, D. (11 de Marzo de 2015). The effects of earthworms <i>Eisenia</i> spp. on microbial community are habitat dependent. <i>European Journal of soil biology</i>, 68, 42-55.</p> <p>Lauren, A., Bakas, L., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., & Hauschild, M. (3 de Marzo de 2014). Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I: Lessons learned and perspectives. <i>Waste Management</i>, 34(3), 573-588.</p> <p>León, J. M. P. 2001. Medio ambiente y desarrollo sostenido. Universidad Pontificia de Comillas.</p>
--	---

Li, H., Hu, F., Shen, Q., & Chen, X. (01 de diciembre de 2002). Effect of earthworm inoculation on soil carbon and nitrogen dynamics and on crop yield with application of corn residues. *Revista china de ecología aplicada*, 13(12), 1637-1641.

Lim S, & Lee H, TY. Sostenibilidad del uso de tecnologías de compostaje y vermicompostaje para la biotransformación de residuos sólidos orgánicos: visión general reciente, emisiones de gases de efecto invernadero y análisis económico. 111 (Parte A) (2016), pp. 262 – 278

Lim, S., Lee, L., & wU, T. (16 de enero de 2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. (J. Clean, Ed.) *Diario de producción más limpia*, 111, 262-278.

Marmolejo, F. Torres, P. & otros. (2011). Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle del Cauca, Colombia. *Revista EIA*, num. 16, 163-174.

Marmolejo, L., & Oviedo, É., & Jaimes, J., & Torres, P. (2010). Influencia de la separación en la fuente sobre el compostaje de residuos sólidos municipales. *Agronomía Colombiana*, 38 (2), 319-327.

Medina, C. (1999). Manejo de residuos sólidos. *Revista de la facultad de ingeniería*. Recuperado de:
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1501>

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MVADT. (2007). *Evaluación de las cadenas de reciclaje*. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. República de Colombia.

Montoya, A. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos. Recuperado de:
<http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/34/31/>

Nair, J., & Okamitsu, K. (junio de 2010). Microbial inoculants for small scale composting of putrescible kitchen wastes. *Waste Management*, 30(6), 977-982.

Neveen, B., & Talaat. (10-de marzo de 2019). Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae*, 250, 254-265.

	<p>Organización Panamericana De La Salud. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Presidencia de la republica oficina de planeamiento y presupuesto unidad de desarrollo municipal. Recuperado de: http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf</p> <p>Orthodoxou, D., Pettitt, T., Fuller, M., Newton, N., Caballero, M., & Smith, R. (2015). An Investigation of Some Critical Physico-chemical Parameters Influencing the Operational Rotary In-vessel Composting of Food Waste by a Small-to-Medium Sized Enterprise. <i>Waste and Biomass Valorization</i>, 6(3), 293.</p> <p>Oviedo-Ocaña, E., & Marmolejo-Rebellon, L., & Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. <i>Lecciones desde Colombia. Ingeniería. Investigación y Tecnología</i>, XVIII (1), 31-42.</p> <p>Oviedo - Ocaña, E., & Marmolejo - Rebellon, L., & Torres - Lozada, P. (2012). Perspectivas de Aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales. Un enfoque desde lo global a lo local. <i>Revista Ingenierías Universidad de Medellín</i>, 11 (20), 67-75.</p> <p>Padilla, A., & Trujillo, J. (abril de 2018). Waste disposal and households' heterogeneity. Identifying factors shaping attitudes towards source-separated recycling in Bogotá, Colombia. <i>Waste Management</i>, 74, 16-33.</p> <p>PAHO (Pan American Health Organization). 2005. "Report on the Regional Evaluation of Municipal Solid Waste Management Services in Latin America and the Caribbean." Area of Sustainable Development and Environmental Health.</p> <p>Pineda, E. Alvarado, E. Canales, F. (1994). Metodología de la Investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud. Organización Panamericana De La Salud. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/handle/10665/173982</p> <p>PPIAF (Public-Private Infrastructure Advisory Facility). (Octubre de 2007). Managing municipal solid waste in Latin America and the Caribbean. <i>GRID LINES</i>, 28.</p> <p>R, Jiménez. (2017). Introducción a la contaminación de los Suelos. Madrid, España.</p> <p>Salamanca, E. (2014). Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la plaza de mercado de Fontibón, Bogotá D.C. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas.</p>
--	--

	<p>Somers, C., Neudorf, K., Jones, K., & Lanza, S. (11 de marzo de 2011). Novel microsatellite loci for the compost earthworm <i>Eisenia fetida</i>: A genetic comparison of three North American vermiculture stocks. <i>Pedobiologia</i>, 54(2), 111-117</p> <p>Srivastava, P., Singh, P., Gupta, M., Sinha, A., & Vaish, A. (21 de marzo de 2011). Influence of earthworm culture on fertilization potential and biological activities of vermicomposts prepared from different plant wastes. <i>Journal of plant nutrition and soil science</i>, 174, 420-429. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.201000174</p> <p>Sztern, D., & Pravia, M. (1999). <i>Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos</i>. Montevideo, Uruguay.</p> <p>Tiquia, S., Tang, F., & Hodgkiss, I. (1997). Effects of bacterial inoculum and moisture adjustment on composting pig manure. <i>Environmental Pollution</i>, 96(2), 161-171. Recuperado el 4 de abril de 2019, de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749197000298</p> <p>World Bank. (2012). <i>What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management</i>. Urban Dev. Ser. Knowl. World Bank, 15, 116.</p> <p>Wei, Z., Xi, B., & Wang, S. (Junio de 2007). Effect of inoculating microbes in municipal solid waste composting on characteristics of humic acid. <i>Chemosphere</i>, 68(2), 368-374</p> <p>Zurbrügg, C. (2005). Decentralised composting in Bangladesh a win - win situation for all stakeholders. (ElSevier, Ed.) <i>Resources Conservation & Recycling</i>, vol. 43, 281 - 292.</p>
<p>11. Autor del RAE</p>	<p>Jeisson Wberly Cardona Cortes Juan Sebastián Botero Mondragón</p>

Contenido

1. Capítulo I. Introducción	38
1.1 Planteamiento del Problema	40
1.2 Justificación	43
1.3 Objetivos.....	46
1.3.1 Objetivo general.....	46
1.3.2 Objetivos específicos	46
2. Capitulo II. Fundamentación teórica.....	47
2.1.1 Residuos solidos	47
2.1.2. Los suelos en el compostaje.	49
2.1.3. Compost como tratamiento de RSO	50
2.1.4. Microorganismos eficientes EM.....	53
2.1.5. Lombricultura	56
3. Capitulo III. Metodología.....	57
3.1. FASE 1. Muestreo.....	59
3.2. FASE 2. Recolección y caracterización de los RSO.....	60
3.3. FASE 3. Seguimiento y toma de datos.....	63
4. Resultados.....	65
4.1. Fase 1	65
4.2. Fase 2.	66

4.2.1	Caracterización de residuos sólidos orgánicos.....	72
4.2.2	Manejo de los RSO cuarteados	88
4.2.3	Datos Iniciales.....	90
	Datos de materiales	91
4.3.	Fase 3. Seguimiento y toma de datos.....	94
4.3.1	Datos finales.....	99
4.4.	Parametros de seguimiento semanales	102
4.4.1	Resumen de los datos registrados en la bitácora de seguimiento.	148
5.	Resultados de Laboratorio.	177
5.1.	Primer análisis de laboratorio.	178
5.2.	Segundo análisis de laboratorio.....	186
5.3.	Relación de datos obtenidos entre análisis de laboratorio 1 y 2.	193
6.	Análisis general de los resultados obtenidos.	201
7.	Conclusiones.....	205
8.	Recomendaciones	208
9.	Anexos.....	210
10.	Bibliografía.....	224

Índice de Tablas

Tabla 1. Planilla de registro de RSO diarios en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué.	61
Tabla 2. Cantidad de comerciantes seleccionados, numero de puesto y cantidades suministradas	66
Tabla 3. Clasificación de los residuos según su naturaleza.	75
Tabla 4. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el primer día de recolección.	75
Tabla 5. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el segundo día de recolección.	76
Tabla 6. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el tercer día de recolección.	77
Tabla 7. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el cuarto día de recolección.	78
Tabla 8. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el quinto día de recolección.	79
Tabla 9. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el sexto día de recolección.	80
Tabla 10. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el séptimo día de recolección.	81
Tabla 11. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el octavo día de recolección.	82
Tabla 12. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el noveno día de recolección.	83
Tabla 13. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el décimo día de recolección.	84
Tabla 14. Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección.	85
Tabla 15. Valores iniciales para cada reactor	92
Tabla 16. Resumen de eventos en el seguimiento.	96
Tabla 17. Datos finales del proceso de compostaje entre modelos	99
Tabla 18. Seguimiento olor día 05 de diciembre del 2018.	105
Tabla 19. Seguimiento textura día 05 de diciembre del 2018.	105
Tabla 20. Seguimiento color día 12 de diciembre del 2018.	105
Tabla 21. Seguimiento olor día 12 de diciembre del 2018.	109

Tabla 22. Seguimiento textura día 12 de diciembre del 2018.	109
Tabla 23. Seguimiento color día 12 de diciembre del 2018.	109
Tabla 24. Seguimiento temperatura día 20 de diciembre del 2018.....	110
Tabla 25. Seguimiento olor día 20 de diciembre del 2018.....	113
Tabla 26. Seguimiento textura día 20 de diciembre del 2018.	113
Tabla 27. Seguimiento color día 20 de diciembre del 2018.	113
Tabla 28. Seguimiento olor día 27 de diciembre del 2018.....	116
Tabla 29. Seguimiento textura día 27 de diciembre del 2018.	117
Tabla 30. Seguimiento color día 27 de diciembre del 2018.	117
Tabla 31. Seguimiento olor día 04 de enero del 2019.....	120
Tabla 32. Seguimiento textura día 04 de enero del 2019.	120
Tabla 33. Seguimiento color día 04 de enero del 2019.....	120
Tabla 34. Seguimiento olor día 12 de enero del 2019.....	123
Tabla 35. Seguimiento textura día 12 de enero del 2019.	124
Tabla 36. Seguimiento color día 12 de enero del 2019.....	124
Tabla 37. Seguimiento olor día 19 de enero del 2019.....	127
Tabla 38. Seguimiento textura día 19 de enero del 2019.....	127
Tabla 39. Seguimiento color día 19 de enero del 2019.....	127
Tabla 40. Seguimiento generación de lixiviados día 26 de enero del 2019.	130
Tabla 41. Seguimiento olor día 26 de enero del 2019.....	130
Tabla 42. Seguimiento textura día 26 de enero del 2019.	130
Tabla 43. Seguimiento color día 26 de enero del 2019.....	131
Tabla 44. Seguimiento generación de lixiviados día 2 de febrero del 2019.	133

Tabla 45. Seguimiento olor día 2 de febrero del 2019.....	134
Tabla 46. Seguimiento textura día 2 de febrero del 2019.	134
Tabla 47. Seguimiento color día 2 de febrero del 2019.	134
Tabla 48. Seguimiento generación de lixiviados día 9 de febrero del 2019.	137
Tabla 49. Seguimiento olor día 9 de febrero del 2019.....	137
Tabla 50. Seguimiento textura día 9 de febrero del 2019.	137
Tabla 51. Seguimiento color día 9 de febrero del 2019.	138
Tabla 52. Seguimiento generación de lixiviados día 16 de febrero del 2019.....	140
Tabla 53. Seguimiento olor día 16 de febrero del 2019.....	140
Tabla 54. Seguimiento textura día 16 de febrero del 2019.	140
Tabla 55. Seguimiento color día 16 de febrero del 2019.	141
Tabla 56. Seguimiento generación de lixiviados día 23 de febrero del 2019.....	143
Tabla 57. Seguimiento olor día 23 de febrero del 2019.....	143
Tabla 58. Seguimiento textura día 23 de febrero del 2019.	144
Tabla 59. Seguimiento color día 23 de febrero del 2019.	144
Tabla 60. Seguimiento generación de lixiviados día 2 de marzo del 2019.	146
Tabla 61. Seguimiento olor día 2 de marzo del 2019.	147
Tabla 62. Seguimiento textura día 2 de marzo del 2019.....	147
Tabla 63. Seguimiento textura día 2 de marzo del 2019.....	147
Tabla 64. Seguimiento pH mediante el modelo tradicional durante todo el proceso.	148
Tabla 65. Seguimiento pH mediante el modelo de lombricultura durante todo el proceso.	149
Tabla 66. Seguimiento pH mediante el modelo EM durante todo el proceso.....	150
Tabla 67. Seguimiento a la temperatura en el modelo tradicional durante todo el proceso.....	152

Tabla 68. Seguimiento a la temperatura en el modelo lombricultura durante todo el proceso. ..	154
Tabla 69. Seguimiento a la temperatura en el modelo EM durante todo el proceso.	155
Tabla 70. Seguimiento del peso en el modelo tradicional durante todo el proceso.....	156
Tabla 71. Seguimiento del peso en el modelo lombricultura durante todo el proceso.	158
Tabla 72. Seguimiento del peso en el modelo EM durante todo el proceso.	159
Tabla 73. Seguimiento del volumen en el modelo tradicional durante todo el proceso.	161
Tabla 74. Seguimiento del volumen en el modelo lombricultura durante todo el proceso.	162
Tabla 75. Seguimiento del volumen en el modelo EM durante todo el proceso.	164
Tabla 76. Seguimiento de la generación de lixiviados en el modelo tradicional durante todo el proceso.....	165
Tabla 77. Seguimiento de la generación de lixiviados en el modelo lombricultura durante todo el proceso.....	167
Tabla 78. Seguimiento de la generación de lixiviados en el modelo EM durante todo el proceso.	168
Tabla 79. Comparación del seguimiento de la generación de lixiviados durante todo el proceso.	170
Tabla 80. Caída del volumen (cm ³) en cada uno de los modelos durante el tiempo de estudio.	171
Tabla 81. Caída del peso (kg) en cada uno de los modelos durante el tiempo de estudio.	173
Tabla 82. Comportamiento de la temperatura (°C) en cada uno de los modelos.	174
Tabla 83. Comportamiento del pH en cada uno de los modelos durante el tiempo de estudio...176	
Tabla 84. Resultados del primer laboratorio del modelo de compostaje en reactor por EM.	178
Tabla 85. Resultados del primer laboratorio del modelo de compostaje en reactor Lombricultivo.	179

Tabla 86. Resultados del primer laboratorio del modelo de compostaje en reactor de compostaje tradicional.	180
Tabla 87. Resultados del segundo laboratorio del modelo de compostaje en reactor por EM....	186
Tabla 88. Resultados del segundo laboratorio del modelo de compostaje en reactor Lombricultivo.	187
Tabla 89. Resultados del segundo laboratorio del modelo de compostaje en reactor de compostaje tradicional.....	188
Tabla 90. Comparación de resultados del análisis de laboratorio.....	193
Tabla 91. Elección de la viabilidad de los modelos de compostaje.....	201

Lista de figuras

Figura 1. Fases de implementación del proyecto de investigación.....	59
Figura 2. Ilustración del método de cuarteo	61
Figura 3. Puestos de las dos secciones de la plaza, dispuestas para el análisis	65
Figura 4. Recolección de residuos sólidos por Juan Sebastián Botero	68
Figura 5. Recolección de residuos sólidos por Jeisson Cardona	69
Figura 6. Kg totales de residuos generados por persona.....	70
Figura 7. Porcentajes de generación total de residuos generados por persona.....	72
Figura 8. Homogenización de los RSO recolectados por día	73
Figura 9. Primer cuarteo de la muestra	73
Figura 10. Extracción de dos cuartos de RSO.	74
Figura 11. Nuevo cuarteo de la muestra.....	74
Figura 12. Reducción de la muestra.....	74
Figura 13. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el primer día de recolección.....	76
Figura 14. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el segundo día de recolección.....	77
Figura 15. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el tercer día de recolección.....	78
Figura 16. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el cuarto día de recolección.....	79
Figura 17. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el quinto día de recolección.....	80

Figura 18. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el sexto día de recolección.....	81
Figura 19. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el séptimo día de recolección.....	82
Figura 20. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el octavo día de recolección.....	83
Figura 21. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el noveno día de recolección.....	84
Figura 22. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el décimo día de recolección.....	85
Figura 23. Cantidades (kg) totales de la clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección.....	86
Figura 24. Porcentajes de la Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección.....	87
Figura 25. Clasificación y caracterización de la muestra de RSO.....	89
Figura 26. Camas de solarización.....	89
Figura 27. Bolsas de Aireación.....	89
Figura 28. Muestra final a compostar.....	90
Figura 29. Cultivo de Lombriz Roja Californiana.....	91
Figura 30. Cultivo microbiano EM.....	91
Figura 31. Adecuación de Reactores.....	92
Figura 32. Establecimiento de Reactores.....	94
Figura 33. Toma de pH, Temperatura y aireación de los reactores.....	94

Figura 34. Recolección y medición de Lixiviados.....	95
Figura 35. Muestra Cruda al finalizar la 4 semana.	96
Figura 36. Preparación de las muestras para laboratorio.	98
Figura 37. Empaque y Rotulación de las muestras.	98
Figura 38. Porcentajes de la Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección.....	100
Figura 39. Resultado final modelo Lombricultivo.....	101
Figura 40. Resultado final modelo Tradicional.	101
Figura 41. Resultado final modelo EM.	101
Figura 42. Seguimiento pH día 05 de diciembre del 2018.	102
Figura 43. Seguimiento temperatura día 05 de diciembre del 2018.	103
Figura 44. Seguimiento peso día 05 de diciembre del 2018.....	103
Figura 45. Seguimiento volumen día 05 de diciembre del 2018.	104
Figura 46. Seguimiento generación de lixiviados día 05 de diciembre del 2018.	104
Figura 47. Seguimiento pH día 12 de diciembre del 2018.	106
Figura 48. Seguimiento temperatura día 12 de diciembre del 2018.	107
Figura 49. Seguimiento peso día 12 de diciembre del 2018.....	107
Figura 50. Seguimiento volumen día 12 de diciembre del 2018.	108
Figura 51. Seguimiento generación de lixiviados día 12 de diciembre del 2018.	108
Figura 52. Seguimiento pH día 20 de diciembre del 2018.	110
Figura 53. Seguimiento temperatura día 20 de diciembre del 2018.	111
Figura 54. Seguimiento peso día 20 de diciembre del 2018.....	111
Figura 55. Seguimiento volumen día 20 de diciembre del 2018.	112

Figura 56. Seguimiento generación de lixiviados día 20 de diciembre del 2018.	112
Figura 57. Seguimiento pH día 27 de diciembre del 2018.	114
Figura 58. Seguimiento temperatura día 27 de diciembre del 2018.	114
Figura 59. Seguimiento peso día 27 de diciembre del 2018.....	115
Figura 60. Seguimiento volumen día 27 de diciembre del 2018.	115
Figura 61. Seguimiento generación de lixiviados día 27 de diciembre del 2018.	116
Figura 62. Seguimiento de pH el día 27 de diciembre del 2018.....	117
Figura 63. Seguimiento temperatura día 04 de enero del 2019.	118
Figura 64. Seguimiento peso día 04 de enero del 2019.	118
Figura 65. Seguimiento volumen día 04 de enero del 2019.	119
Figura 66. Seguimiento generación de lixiviados día 04 de enero del 2019.	119
Figura 67. Seguimiento pH día 12 de enero del 2019.....	121
Figura 68. Seguimiento temperatura día 12 de enero del 2019.	121
Figura 69. Seguimiento peso día 12 de enero del 2019.	122
Figura 70. Seguimiento volumen día 12 de enero del 2019.	122
Figura 71. Seguimiento generación de lixiviados día 12 de enero del 2019.	123
Figura 72. Seguimiento pH día 19 de enero del 2019.....	124
Figura 73. Seguimiento temperatura día 19 de enero del 2019.	125
Figura 74. Seguimiento peso día 19 de enero del 2019.	125
Figura 75. Seguimiento volumen día 19 de enero del 2019.	126
Figura 76. Seguimiento generación de lixiviados día 19 de enero del 2019.	126
Figura 77. Seguimiento pH día 26 de enero del 2019.....	128
Figura 78. Seguimiento temperatura día 26 de enero del 2019.	128

Figura 79. Seguimiento peso día 26 de enero del 2019.	129
Figura 80. Seguimiento volumen día 26 de enero del 2019.	129
Figura 81. Seguimiento pH día 2 de febrero del 2019.	131
Figura 82. Seguimiento temperatura día 2 de febrero del 2019.	132
Figura 83. Seguimiento peso día 2 de febrero del 2019.	132
Figura 84. Seguimiento volumen día 2 de febrero del 2019.	133
Figura 85. Seguimiento pH día 9 de febrero del 2019.	135
Figura 86. Seguimiento temperatura día 9 de febrero del 2019.	135
Figura 87. Seguimiento peso día 9 de febrero del 2019.	136
Figura 88. Seguimiento volumen día 9 de febrero del 2019.	136
Figura 89. Seguimiento pH día 16 de febrero del 2019.	138
Figura 90. Seguimiento temperatura día 16 de febrero del 2019.	138
Figura 91. Seguimiento peso día 16 de febrero del 2019.	139
Figura 92. Seguimiento volumen día 16 de febrero del 2019.	139
Figura 93. Seguimiento pH día 23 de febrero del 2019.	141
Figura 94. Seguimiento temperatura día 23 de febrero del 2019.	142
Figura 95. Seguimiento peso día 23 de febrero del 2019.	142
Figura 96. Seguimiento volumen día 23 de febrero del 2019.	143
Figura 97. Seguimiento pH día 2 de marzo del 2019.	144
Figura 98. Seguimiento temperatura día 2 de marzo del 2019.	145
Figura 99. Seguimiento peso día 2 de marzo del 2019.	145
Figura 100. Seguimiento volumen día 2 de marzo del 2019.	146
Figura 101. Comportamiento del pH mediante el modelo tradicional durante todo el proceso. .	148

Figura 102. Comportamiento del pH mediante el modelo de lombricultura durante el proceso.	150
Figura 103. Comportamiento del pH mediante el modelo EM durante todo el proceso.	151
Figura 104. Comportamiento de la temperatura en el modelo tradicional durante todo el proceso.	153
Figura 105. Comportamiento de la temperatura del modelo lombricultura durante todo el proceso.....	154
Figura 106. Comportamiento de la temperatura en el modelo EM durante todo el proceso.....	156
Figura 107. Comportamiento del peso en el modelo tradicional durante todo el proceso.	157
Figura 108. Comportamiento del peso en el modelo lombricultura durante todo el proceso.	159
Figura 109. Comportamiento del peso en el modelo EM durante todo el proceso.....	160
Figura 110. Comportamiento del volumen en el modelo tradicional durante todo el proceso....	162
Figura 111. Comportamiento del volumen en el modelo lombricultura durante todo el proceso.	163
Figura 112. Comportamiento del volumen en el modelo EM durante todo el proceso.	165
Figura 113. Comportamiento de la generación de lixiviados en el modelo tradicional durante todo el proceso.	166
Figura 114. Comportamiento de la generación de lixiviados en el modelo lombricultura durante todo el proceso.	168
Figura 115. Comportamiento de lixiviados en el modelo EM durante todo el proceso.....	169
Figura 116. Seguimiento a la generación de lixiviados en cada uno de los modelos todo el proceso.....	171
Figura 117. Caída del volumen en cada uno de los modelos durante todo el proceso.	172
Figura 118. Caída del peso (kg) en cada uno de los modelos durante todo el proceso.	174

Figura 119. Comportamiento de la temperatura (°C) en cada uno de los modelos durante todo el proceso.....	175
Figura 120. Comportamiento del pH en cada uno de los modelos durante todo el proceso.	177
Figura 121. Valores arrojados en el pH del primer análisis de laboratorio.....	181
Figura 122. Concentración de % de M.O arrojado en análisis de laboratorio.....	182
Figura 123. Concentración de % de C.O arrojado en análisis de laboratorio.....	183
Figura 124. Concentración en el % de C.O arrojado en análisis de laboratorio.....	183
Figura 125. Relación C/N entre modelos, arrojado en análisis de laboratorio.	184
Figura 126. Concentración en el % de potasio arrojado en análisis de laboratorio para cada modelo.	185
Figura 127. Concentración en el % de fosforo arrojado en análisis de laboratorio para cada modelo.	185
Figura 128. Valores arrojados en el pH del análisis final de laboratorio.	189
Figura 129. Concentración de % de M.O arrojado en análisis final de laboratorio.....	189
Figura 130. Concentración de % de C.O arrojado en análisis final de laboratorio.	190
Figura 131. Concentración en el % de C.O arrojado en análisis final de laboratorio.	191
Figura 132. Relación C/N entre modelos, arrojado en análisis final de laboratorio.	191
Figura 133. Concentración en el % de potasio arrojado en análisis final de laboratorio para cada modelo.	192
Figura 134. Concentración en el % de fosforo arrojado en análisis final de laboratorio para cada modelo.	193
Figura 135. Comparación en el pH registrado en los respectivos análisis de laboratorio.....	195

Figura 136. Comparación en el % de M.O registrado en los respectivos análisis de laboratorio.	196
Figura 137. Comparación en el % de C.O registrado en los respectivos análisis de laboratorio.	197
Figura 138. Comparación en el % de Nitrógeno registrado en los respectivos análisis de laboratorio.....	198
Figura 139. Comparación en la relación C/N registrado en los respectivos análisis de laboratorio.	199
Figura 140. Comparación en el % de potasio registrado en los respectivos análisis de laboratorio.	200
Figura 141. Comparación en el % de fosforo registrado en los respectivos análisis de laboratorio.	200

Lista de anexos

Anexo 1. Bitácora de seguimiento	210
Anexo 2. Resultados del primer análisis de laboratorio.....	218
Anexo 3. Resultados del segundo análisis de laboratorio.	221

1. Capítulo I. Introducción

El fenómeno del crecimiento poblacional a nivel global, asociado con el consumismo de los seres humanos se convierte en una generación en constante crecimiento de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos. Este trabajo investigativo, aborda los residuos sólidos orgánicos y tres de las posibilidades existentes para darle un tratamiento de compostaje adecuado, entre las que se comprenden los Microorganismos Eficientes o EM, Lombricultivo y compostaje tradicional, en el cual se realizó un paralelo con la mismas condiciones para los tres modelos, lo cual permitió, identificar en diferentes parámetros la viabilidad y practicidad de uno de ellos, para así dar cumplimiento a una gestión integral de los Residuos Sólidos Orgánicos, haciendo un reintegro de elementos residuales y ciclando sus componentes nuevamente dentro de los ecosistemas. Sin embargo, el mundo cada día avanza hacia el uso de estos procesos debido a su facilidad y lo practico que resulta, además del bajo coste que lo representa debido a que el proceso es netamente microbiano y cuya acción depende de los medios que le brindemos para su reproducción como por ejemplo temperatura y humedad para que se produzca una aceleración de los procesos. Además de ello, se considera la utilidad del compost en los suelos, debido a su mejoramiento en la salud, en la fertilidad y en la calidad de los suelos que sean sometidos a cambios con el abono orgánico producido a partir del compost. El mayor beneficio radica en la disminución de peso total de la destinación de los residuos hacia los vertederos, aumentado su vida útil. (Arango, 2017).

Colombia no está exenta de la situación mencionada, basados en la guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura brindada por la Alcaldía Mayor de Bogotá (2014), para dicha ciudad los residuos orgánicos alcanzan un 55,22% en cuanto a la generación de las 6300 toneladas diarias, de los cales el 74%

pertenece al tipo residencial. El manejo que se le da allí y en general en el país, es recolección, transporte y disposición final en el relleno, generando con ello problemas ambientales asociados a la atmosfera como la producción de gases de efecto invernadero por las condiciones anaerobias que se viven dentro del relleno y además perdiendo la utilidad que se le puede ofrecer mediante un tratamiento como el compost. También, cabe mencionar el gasto energético que se tiene al transportar y los lixiviados que contaminan fuentes de agua y suelo.

A nivel departamental y especificando en la capital Tolimense que fue el escenario escogido para llevar a cabo el trabajo investigativo, la mejor definición del problema la ofrece el relleno sanitario la miel, en donde recién el año pasado estaba en construcción un nuevo módulo de recepción, con el ánimo de continuar con la funcionalidad del lugar, pero que deja entrever que los residuos están aumentando cada vez más, lo cual hace necesario tomar medidas y acciones en pro del freno de la disposición final hacia dicho sitio. Enfatizando más el sitio de interés, tenemos la plaza de la 21 como uno de los sitios que más produce residuos sólidos, en su mayoría de naturaleza orgánica, sin separación alguna y cuyo único control es el de recogerlos a tiempo, para que su degradación no ocurra dentro de las instalaciones y genere inconvenientes mayores. De acuerdo a lo anterior, una de las finalidades del proyecto desarrollado, es la de ofrecer un recurso que sirva como apoyo para el fortalecimiento de la reutilización y el adecuado manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos, en el cual los resultados obtenidos, den inicio a nuevas conclusiones o a nuevos proyectos que permitan evaluar los estados actuales de la problemática e implementar estrategias con menos tiempo de ejecución, para así actuar eficientemente, sobre la producción, la naturaleza y los resultados de cada modelo de compost de acuerdo a los intereses de quien lo desee.

1.1 Planteamiento del Problema

Los residuos sólidos orgánicos hoy por hoy, se han convertido en un gran problema ambiental por los grandes impactos que estos ocasionan al medio ambiente, especialmente en la generación de gases efecto invernadero debido a su inadecuada disposición, así mismo la producción de lixiviados lo cual altera la potabilidad de aguas superficiales y subterráneas. Por ello este proyecto de investigación, busca mediante el establecimiento de tres modelos de compostajes paralelos, identificar la viabilidad y practicidad de alguno de ellos para poder brindar una adecuada solución al inadecuado manejo realizado en la sección de frutas verduras y legumbres de la plaza de mercado en la ciudad de Ibagué. Para ello es importante globalizar y contextualizar el estado actual de la problemática identificada y como la población en crecimiento y económica, repercute en el panorama mundial en cuanto al manejo dado a estos residuos sólidos orgánicos.

De momento, hablando en términos de población, encontramos que globalmente tenemos una población aproximada de 4,028 billones de habitantes y cuyo aumento porcentual es del 2,035 % anual. Teniendo en cuenta dicha afirmación, necesariamente hay que hablar de la industrialización acelerada y el crecimiento económico, que se traduce en el aumento de la generación de residuos sólidos en todo el mundo (Khadelwal, et. al., 2019). Así mismo, se espera que para el 2025 la producción de residuos sea de 6,1 millones de toneladas métricas, dejando ver el considerable aumento en comparación con el año 2002 donde la producción era de 3,5 millones de toneladas métricas. Con la cifra que se espera para el 2025, se estima que el gasto para su gestión sea de aproximadamente 375 mil millones (World Bank, 2012). La tasa de generación de RSU es directamente proporcional al aumento en el nivel de ingresos de los países, es decir, los países con un PIB más alto producen más desechos con una mayor

proporción de residuos de papel y embalaje, mientras que los países con un PIB más bajo producen más desechos biodegradables (Shekdar, 2009). La problemática ambiental y las consecuencias de la mala gestión han impulsado a que las mega ciudades implementen proyectos basura cero y similares, con los cuales emprenden una búsqueda de la mitigación de los principales efectos que se producen con el mal manejo (Avendaño, 2015), como el calentamiento global, el agotamiento del ozono, los peligros para la salud humana, los daños al ecosistema, el agotamiento de los recursos abióticos, etc. (Lauren, et. al, 2014).

Colombia, cumple con la siguiente condición por lo que está sometida a la apreciación dada por Padilla & Trujillo, (2018): la cantidad de desechos domésticos producidos ha aumentado en los países en desarrollo como resultado directo del rápido crecimiento de la población y la urbanización. Así mismo en nuestro país debido a la ausencia de controles de planificación dirigidos por el estado, el reciclaje de residuos a nivel doméstico se está convirtiendo en un tema preocupante, por tanto, encontramos que, en las clases socioeconómicas más bajas, las actitudes hacia la separación de los desechos sólidos se ven influenciadas por el uso de Internet, la membresía a una organización ambientalista, el nivel de educación del jefe de familia y la propiedad de la vivienda. Por lo tanto, aumentar los niveles de educación dentro del segmento más pobre de la población, promover políticas de vivienda asequible y facilitar el acceso a Internet para la población vulnerable podría reforzar las actitudes de los hogares hacia un mayor esfuerzo de reciclaje separado por la fuente (Padilla & Trujillo, 2018). Las ideas planteadas en el proyecto, las conclusiones a las que se llegaron y las apreciaciones que se puedan tener al estudiarlo pueden ayudar a mejorar las consecuencias de la mala gestión de los residuos como la generación de los lixiviados, la contaminación de los suelos y los aljibes de agua subterránea y/o

fuentes superficiales cercanas a los rellenos, la emisión de gases de efecto invernadero debido a los procesos anaeróbicos propios de los microorganismos. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

La plaza la 21 de la ciudad de Ibagué, según García (2010), es la segunda plaza de mercado más grande que tiene la ciudad con un total de 682 puestos, en donde se ofertan los productos agrícolas que produce el departamento del Tolima, especialmente en el municipio de Cajamarca. También, frutas cultivadas en el norte del departamento y los secanos cosechados principalmente en la meseta del Tolima y municipios surorientales del departamento. La problemática identificada, es de acuerdo a los contextos mencionados (global; nacional, departamental) la ausencia de una política ambiental por parte de los entes gubernamentales, las cuales planteen medidas con cada persona implicada en el manejo de los residuos, buscando que la disposición sea diferente a la que se efectúa en el momento. En ese orden de ideas, encontramos que frente al problema una de las soluciones es llevar a cabo compostajes urbanos, como métodos de disposición final de los residuos orgánicos no solo de la plaza enfocada en el proyecto, sino de las demás de la ciudades y municipios del departamento. Por ello, este proyecto evalúa el comportamiento de tres modelos diferentes que pueden ser implementados como medida de cambio de la disposición final de los residuos orgánicos que se generan en la plaza eliminando la actual y convencional que conlleva a la generación de problemas ambientales, como la contaminación del suelo, vertimiento de lixiviados por la descomposición de los residuos y contaminación del área urbana.

“En cuanto a problemas de salubridad, encontramos las relacionadas con la proliferación de vectores transmisores de enfermedades a la comunidad. Algunos de estos son: las ratas, los zancudos, las cucarachas y las moscas. Todos estos, encuentran en medio de los residuos un ambiente de supervivencia donde pueden llevar su ciclo de

vida correctamente, por lo que su reproducción se ve beneficiada, generando focos de enfermedades, como Zika, dengue, etc. (zancudos); fiebre tifoidea (moscas cucarachas); salmonela, una de las principales causas de toxiinfecciones alimentarias. Estos vectores son parte del problema porque generan complicaciones de salud pública que se expresan desde simples diarreas hasta complicaciones de mayor complejidad” (McJunkin, 1992).

1.2 Justificación

El siguiente proyecto de investigación busca generar una importancia significativa al manejo, tratamiento y disposición final que reciben los residuos sólidos orgánicos en las plazas de mercado, brindando una alternativa práctica y eficiente que permita dar una solución a los problemas ambientales que estas acciones generan, logrando crear procesos alternos que involucren a las comunidades y entes gubernamentales. Toda esta problemática encaminada al crecimiento de la población y el desarrollo industrial en los países en rápido desarrollo, traducido en un aumento significativo en la producción de desechos. (Chien et al. 2017), quiere hacer referencia a la relación y proporcionalidad directa entre los dos factores que menciona: a mayor población, mayor cantidad de residuos.

“El tema de residuos sólidos es de gran interés y preocupación para las autoridades, instituciones y comunidad, que identifican en ellos una verdadera amenaza contra la salud humana y el ambiente específicamente en lo relacionado con el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural; en la proliferación de vectores transmisores de enfermedades y el efecto sobre la biodiversidad” (Medina, 1999).

Con esta información general, se busca aportar mediante la comparación de tres tipos de compostaje, para así determinar la viabilidad de uno de ellos, en que permita proponer

alternativas amigables con el medio ambiente y que generan procesos alternos donde se integren estos residuos sólidos orgánicos a las cadenas productivas agrícolas, específicamente en el departamento del Tolima .Con base en lo anterior, surge esta propuesta la cual busca ser parte de la solución, a partir de la comparación de efectividad de métodos donde priman los factores tiempo/caracterización y tipo de modelo de compostaje, ya que en la plaza de mercado de la 21 en la ciudad de Ibagué, se gesta una cantidad considerable de residuos, que pertenecen al área de orgánicos y cuya producción es la que marca una gran diferencia respecto a los inorgánicos, en cuanto a su disposición final, no solo por la cantidad sino por las características que poseen, como el contenido de humedad que es el encargado de propiciar los jugos lixiviados, desencadenando en un nuevo problema, la contaminación del suelo, acuíferos y aguas subterráneas para lo que se requiere un tratamiento especial.

Con la metodología propuesta, se busca llegar a una solución, cuyo resultado permita generar un cambio en la forma de disposición de estos residuos, empleado desde una pequeña hasta una gran escala en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, siempre y cuando se realice de manera correcta. También, como principio fundamental, está la utilización e implementación de los agentes microscópicos degradadores de la materia orgánica, como las Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp*), Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*) y las Levaduras (*Saccharomyces spp*) (APROLAB, 2007). Estos microorganismos son los que justifican la realización de este proyecto investigativo e indican mediante qué medios y condiciones (físicas, químicas, biológicas), se consigue que su acción sea la más óptima en cuanto a variables de tiempo, espacio y climatología.

El tratamiento de estos residuos se hace en vertederos o incineradoras que a menudo se encuentran en zonas minoritarias o deprimidas, generando un incremento en problemas de salud y de pobreza. (Castañeda & Rodríguez, 2017). Con esta afirmación, se justifica que se lleven a cabo estrategias de fácil y pronta solución, por lo que la realización del proyecto apunta hacia ese objetivo, con miras a aprovechar los residuos generados en el lugar de interés. Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental. (Jaramillo & Zapata, 2008).

Mediante la sistematización y la consolidación de la información que existe sobre el tema, se tiene la pretensión de realizar un análisis reflexivo sobre las acciones de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, por los métodos de compostaje, que en algún momento pueda operar como un insumo para formular lineamientos y directrices en los entes reguladores de la ciudad de Ibagué Tolima y generar acciones de cambio que permitan implantar políticas claras de manejo y transformación de estos residuos para producir abono orgánico y así evitar los grandes volúmenes que llegan a los rellenos sanitarios, los cuales producen contaminación hídrica, edáfica y atmosférica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar un modelo de compostaje eficiente de bajo costo que permita realizar un adecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos de la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza la 21 en la ciudad de Ibagué.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los residuos sólidos generados en la sección, así como su producción estimada mensual.
- Implementar los modelos de compostaje mediante la utilización de un sistema tradicional, lombricultivo y microorganismos eficientes (EM).
- Analizar el tiempo / beneficio en la degradación de los residuos orgánicos determinado por un respectivo análisis de laboratorio.

2. Capítulo II. Fundamentación teórica

2.1.1 Residuos solidos

Un residuo sólido es un producto inevitable de cualquier actividad humana (León 2001); “son materiales, objetos, sustancias o elementos sólidos que no tiene valor de uso directo para quien los genera y por lo tanto, se descartan” (ICONTEC 2006).

Hoornweg (2012) piensa que Los desechos sólidos municipales (RSU), tienen una generación mundial estimada entre 1.300 y 1.900 millones de toneladas por año y que se prevé que aumenten aproximadamente 2.200 millones de toneladas anuales para 2025, se han convertido en una cuestión de creciente preocupación mundial.

En el marco global y en especial en los países desarrollados, la mayor producción de residuos sólidos, se caracterizan por ser biorresiduos que, al ser descompuestos en rellenos sanitarios, acaban por producir efectos adversos en el ambiente y sanitarios, principalmente los lixiviados y la emisión de gases de efecto invernadero (aportando al calentamiento global) (Oviedo et al. 2017). De acuerdo a esto, a nivel mundial uno de los principales problemas del tema ambiental que manejan investigadores y científicos, es el inadecuado manejo de los residuos sólidos y su disposición final, así como los efectos producidos por los mismos a nivel ambiental y de salubridad. También, el cuidado más grande a nivel del globo con los biorresiduos generados por el hombre, pasa por el impedimento de los procesos biológicos de un relleno sanitario, donde el resultante son impactos ambientales generados por los lixiviados y los GEI, con el uso de técnicas de compost que permitan una reducción del problema.

“El compostaje permite disminuir el impacto ocasionado por su manejo y contribuye con la sostenibilidad de la producción agrícola. Aspectos como el alto grado de

contaminación de la materia prima, el uso de tecnologías inadecuadas, mínimas actividades operativas y de control del proceso, baja calidad del producto y la poca comercialización y mercadeo del mismo, han limitado la implementación del compostaje en mayor escala en países en desarrollo” (Oviedo-Ocaña, 2012).

La generación de residuos sólidos en América Latina, continuará creciendo: varios estudios recientes del Banco Mundial proyectan que los residuos sólidos municipales de la región aumentarán de 131 millones de toneladas en 2005 a aproximadamente 179 millones en el año 2030 (PPIAF, 2007). La región genera alrededor de 369,000 toneladas por día de desechos sólidos municipales, el 56 por ciento en los grandes centros urbanos, el 21 por ciento en los medianos y el 23 por ciento en los pequeños (PAHO, 2005).

“La tasa total per cápita de generación de desechos es de alrededor de 0.8 kilogramos por día, aunque puede exceder los 2.4 kilogramos por día durante las temporadas pico de turismo en algunos municipios. Las ciudades más grandes de la región tienen las tasas más altas de generación de desechos per cápita y los asentamientos más pequeños y más pobres” (PPIAF, 2007).

Por su parte, Espinoza (como lo citaron Jara y otros, 2017) testificó que, en América Latina, la generación diaria de Residuos sólidos urbanos se estima en aproximadamente 436,000 toneladas, con 0.93 kg / persona / día, y Hoornweg (Jara et al, 2017) piensa que la generación pronosticada de 1.5 kg habitante -1 día -1 para 2025, principalmente proveniente de la población urbana, dentro de lo cual se puede establecer los valores proximales, según cada punto de vista.

En comparación con otras regiones y economías similares, América Latina tiene tasas relativamente bajas de reciclado y compostaje como medio de tratamiento de desechos; Y tiene

prácticas generalmente pobres, aunque muy variables, para su eliminación final. (PPIAF, 2007). La falta de apoyo financiero y / o los conocimientos técnicos necesarios dificultan la eliminación y / o tratamiento seguro de los desechos, lo que retrasa los logros alcanzados en este sector (Lim, 2016)

De acuerdo a lo que se logra interpretar (según el artículo de PPIAF, 2007), en la región de Latinoamérica, han venido aumentando los rellenos sanitarios con calificación aceptable y algunos de ellos logran cumplir con los estándares internacionales de sanidad. Sin embargo, en muchos casos, los rellenos, están bajo la calificación de “rellenos sanitarios controlados”. Además, un 60% de los residuos generados en América Latina acaba en rellenos controlados.

2.1.2. Los suelos en el compostaje.

“El suelo es un cuerpo natural, tridimensional y dinámico que, a modo de epidermis, cubre la superficie de la tierra. Se trata de un sistema abierto, bastante complejo de carácter estructural y sobre todo poli funcional. Constituye uno de los recursos naturales más importantes, dado que realiza una multitud de funciones, entre la que destaca la producción de alimentos. Además, es clave como sostén de la vida y juega un papel importante dentro del medio ambiente” (Jiménez, 2017)

Dentro del concepto de manejo y tratamiento de residuos sólidos orgánicos, uno de los componentes que se debe tener en cuenta, es el suelo, ya que para el caso de la elaboración de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos, estos tienen un papel fundamental en los procesos de mejoramiento de las características físico químicas de estos, por lo cual la escasez de suelos fértiles reduce la calidad y la cantidad en la producción de alimentos sanos y de fácil acceso para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria familiar.

Una de las integraciones prácticas en relación del compost con el suelo según FAO (2013) “Compost viene de componer, de reunir en forma armónica la participación de diferentes elementos. Hacerlo bien, es un arte, que se refleja en la fertilidad de los suelos que lo reciben. Ello implica mantener una relación personal con este organismo en todo su proceso, desde el inicio de su formación hasta su término” (FAO, 2013, p, 87) Por ende uno de los modelos prácticos para la recuperación del suelo es la implementación y uso de abonos orgánicos compostados como alternativa de mitigación y reducción del impacto ambiental generado por los procesos de contaminación edáfica y erosión de los suelos en la agricultura.

2.1.3. Compost como tratamiento de RSO

“El tratamiento descentralizado del desperdicio de alimentos por compostación en el recipiente por parte de pequeñas y medianas empresas respalda el principio de proximidad de la gestión de residuos y el reciclaje, pero el proceso es susceptible a la inestabilidad de las reacciones acidogénicas y a las bajas temperaturas del proceso debido a la alta degradabilidad. Y contenido de humedad de la materia prima”
(Orthodoxou et al., 2015).

El compostaje puede ser una alternativa viable a la utilización de desechos orgánicos en los países en desarrollo debido a su bajo costo. Su potencial para la sostenibilidad ambiental, la rentabilidad y la aceptación del público es relativamente bien conocido (Lim et al., 2016). Por ello, Barrena et al. (2014), muestran que el compostaje doméstico puede producir una calidad de compost similar o incluso mejor que el compostaje industrial cuando se realiza de manera adecuada. Los residuos de alimentos se clasifican como residuos activos que tienen una baja proporción de carbono a nitrógeno (C: N) y un alto contenido de humedad. Un punto muy

importante y que es necesario tomar en consideración es que el compostaje doméstico suele ser de tamaño insuficiente e insuficiente para calentarse eficazmente (Orthodoxou et al., 2015).

Dos aspectos fundamentales dentro de los modelos de compostaje, están determinado por la humedad y la temperatura, la cual según FAO (2013) “Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas” (p, 23). Dentro del proceso de compostaje otro factor a tener en cuenta es el pH. El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (FAO, 2013, p, 29).

Los compost pueden mejorar el crecimiento de las plantas, así como las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, pero el compost inmaduro o de baja calidad puede tener un efecto adverso en las plantas y el ambiente del suelo (Fernández-Hernández et al., 2014).

Farrell y Jones (Camacho et al, 2014) dijeron que el compostaje es considerado como la descomposición biológica aerobia en donde parte de la materia orgánica es transformada a sustancias estables parecidas a los ácidos húmicos. Así mismo, Vinneras (Camacho et al, 2014) afirmó que la biotransformación de desperdicios a través del proceso de compostaje conduce a la eliminación de residuos potencialmente tóxicos. Todo ello, debido a que el producto final, la composta, mejora la calidad del suelo al adicionarse al mismo como abono orgánico y porque algunas compostas suprimen el desarrollo de fitopatógenos (Craft & Nelson, 1996).

Haug (como lo cito Oviedo, 2017) afirma que el compostaje es la descomposición biológica de sustratos orgánicos, se realiza por unas poblaciones microbiales diversa y en condiciones predominantemente aerobias, generando un material estable, libre de patógenos, que puede aplicarse al suelo; adicionalmente se generan CO₂, H₂O, NO₃ - y SO₄.

A nivel país, Las tecnologías de compostaje pueden constituir una alternativa viable para el manejo de la fracción orgánica de RSU en los países en desarrollo, debido a su simplicidad y su implementación rápida y fácil (Jara et al, 2017), entendiendo las implicaciones de bajo costo cuando se hace un estudio comparativo con otras opciones que tienen requerimientos mayores no solo económicas sino físicas. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (Jara et al, 2017) en un documento se refirió al tema, apuntando lo siguiente: El análisis costo-beneficio del vertido y compostaje indica que el compostaje es una alternativa más atractiva debido a sus menores costos ambientales y sociales. Con el compostaje se disminuye la cantidad de material enterrado, siendo un método económico y eficaz (Oviedo-Ocaña, 2012).

En Colombia, los biorresiduos representan alrededor de 65% de los RSM (MVADT, 2007) y en cabeceras municipales del Valle del Cauca con PMRS, representan entre 51 y 70%. Esta variación está influenciada tanto por los hábitos alimenticios como por las prácticas de manejo por los generadores (Oviedo-Ocaña, 2012). El contenido de materiales potencialmente aprovechables en los residuos sólidos alcanza proporciones significativas con un 65 % de materia orgánica, en nuestro país (Marmolejo, 2011). En los 471 municipios colombianos que completaron sus PGIRS, se identificaron 1.243 proyectos relacionados con la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos. (Marmolejo, 2011).

Willians (Marmolejo et al, 2010) dijo que se estima, que, en un periodo de 30 años, una tonelada de residuo dispuesto produce aproximadamente 276 L de lixiviado, este subproducto

contiene, además de materia orgánica biodegradable, compuestos orgánicos de difícil degradación e inorgánicos (Del Borghi, 2003).

En 2007 había en el país 34 plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS); de estas, 28 aprovechaban la fracción putrescible a través del compostaje (54%), lombricultura (15%) o ambos (31%) (Marmolejo, 2010). Pero también existen en el país, prácticas de disposición con consecuencias contrarias a las que se quieren presentar. Dentro de las prácticas inadecuadas de eliminación de RS, se mencionan el vertido en arroyos y ríos, que producen graves problemas de contaminación en el suelo y las aguas superficiales. Por lo tanto, es necesario desarrollar soluciones de gestión de residuos, teniendo en cuenta las características y limitaciones presentes en los países en desarrollo, como Colombia (Jara et al, 2017). Por lo tanto, para el país es prioritario el análisis de las experiencias existentes y la investigación y desarrollo alrededor del tema. (Marmolejo, 2011).

“Los primeros impactos asociados al inadecuado manejo de residuos sólidos se presentaron en la edad media, cuando la proliferación de las ratas que se alimentaban de toda clase de desperdicios dispuestos en las calles causó una devastadora epidemia de peste bubónica. A pesar de que los controles sanitarios de ese entonces se dirigían a erradicar la enfermedad, las afectaciones en la salud pública fueron quizá, las primeras aproximaciones a la necesidad de manejar y evacuar adecuadamente los desechos”.
(Ibarra, 2011, p.9).

2.1.4. Microorganismos eficientes EM

Los microorganismos eficaces (EM) son un inoculante microbiano que contiene muchas especies de microorganismos, por ejemplo, bacterias fotosintéticas, bacterias del ácido láctico,

levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación que pueden estimular el crecimiento de las plantas y mejorar la fertilidad del suelo (Neveen & Talaat, 2019).

Se supone que este conjunto de microorganismos actúa sinérgicamente para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas y dañinas a través de la exclusión competitiva, lo que da como resultado el predominio de especies beneficiosas. (Józwiakowski, 2009)

Tiquia et al., 1997 informaron que la inoculación con bacterias y hongos que pueden descomponer el material lignocelulolítico es eficaz en el compostaje. Por ejemplo, la inoculación de microorganismos complejos como *Bacillus casei*, *Lactobacillus buchnei* y *Candida rugopelliculosa* y hongos lignocelulolíticos (*Trichoderma*). sp, y hongos de la podredumbre blanca) aceleran la humificación y maduración en el proceso de compostaje (Wei et al., 2007).

Lim et al como lo citaron (Jusoh et al., 2013), afirmaron que el EM reduce el olor, aumenta la velocidad de descomposición y produce compost con contenidos más altos de nutrientes. Sin embargo, Otro estudio indicó que el uso de EM no era necesario para garantizar un buen compostaje, porque se informó que el efecto de la EM no fue significativo en el compostaje de desperdicios de cocina a pequeña escala (Nair & Okamitsu, 2010). Pero Jusoh et al., 2013 afirman que el potencial de compost a partir de residuos de animales o cultivos, cuyos resultados están aumentando los rendimientos de los cultivos suministrados con este material en comparación con la producción de los sistemas orgánicos tradicionales. Esto muestra una opinión diversa sobre la efectividad de la EM para el compostaje. La EM puede ser un aditivo útil para el compostaje cuando los microorganismos son compatibles con las características de los residuos a componer.

El producto es usado como acondicionador de suelos debido a que nutrientes y materia orgánica pueden potencialmente retornar a ellos (Zurbrügg, 2005).

“La tecnología EM, fue desarrollada por Teruo Higa, Ph. D., profesor de horticultura de la Universidad 5 de Ryukyus en Okinawa, Japón. A comienzos de los años sesenta, el profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos en el mundo entero” (APROLAB Perú. 2007, p. 4-5).

En la descripción de lo que se va a implementar en el proyecto, encontramos lo que dice el APROLAB Perú (2007) “EM es una combinación de varios microorganismos benéficos” (P. 4). Al ser una combinación esta puede ser utilizada en muchos campos, uno de ellos, la degradación de materia orgánica y su conversión en fertilizante natural.

Esta tecnología apareció hace varias décadas, pero aun es desconocida por muchas personas que no la utilizan, sino que, por el contrario, en el caso de la agricultura, optan por continuar con el tradicionalismo y el consumismo, utilizando fertilizantes sintéticos químicos, que a su vez dejan residuos que van disminuyendo la fertilidad del suelo. Se asume que el proceso se acelera incrementando el número de microorganismos mediante adición artificial de los mismos, aumentando o sustituyendo la población nativa microbiana, proceso que se conoce como bioaumentación (Camacho et al, 2014)

Como bien lo expresan Sztern y Pravia (1999) “para aprovechar los desechos orgánicos como abonos, estos deben pasar por un proceso previo antes de su integración al suelo, de forma que, el material que definitivamente se aporte, haya transcurrido por los procesos más enérgicos de la mineralización” (p. 15). De esta manera la necesidad de ejecución de procesos como el compost,

es necesario en el marco de la reducción de disposición final de residuos hacia los rellenos sanitarios.

Cabe hacer un énfasis que será de carácter importante a la hora de la investigación, conclusiones y certeza de cuál será el método más efectivo para el producto esperado. Este énfasis, es al que hacen alusión Sztern y Pravia (1999) “desde el punto de vista de la biodegradación se busca que el bioabono esté de la forma más estable posible, y con los macro y micro nutrientes en las formas más asimilables posibles para los productores primarios” (p. 16). Se puede asegurar que ya existen un par de puntos de comparación para el establecimiento de cuál es el mejor proceso, a la hora de la ejecución del proyecto.

2.1.5. Lombricultura

Las lombrices de tierra son componentes importantes de los ecosistemas del suelo en todo el mundo y se han utilizado ampliamente como especies indicadoras en estudios de ecotoxicología. Nuestra comprensión de los sistemas de apareamiento, la estructura de la población y la diversidad genética en las lombrices de tierra está limitada por la falta actual de herramientas genéticas disponibles. (Somer et al., 2011).

Srivastava, P et al. (2011), mencionaron en un estudio que el producto de la tecnología de vermicultura, es un excelente fertilizante orgánico. Sus características fisicoquímicas, actividades enzimáticas y población microbiana son significativamente más altas que los fertilizantes sin inóculos de lombrices de tierra. La *Eisenia fétida*, es la especie más común usada en la tarea de descomposición de residuos orgánicos.

Las lombrices de tierra influyen en la composición microbiana, la biomasa y la actividad, y desempeñan un papel muy importante en la promoción del reciclaje de nitrógeno de los residuos

de cultivos y la productividad de las plantas (Li, et al. 2002). Por otro lado, (Jouquet et al. 2012) afirmaron que el vermicompost ha demostrado ser una alternativa relevante a los fertilizantes químicos que mejora el crecimiento de las plantas, aumenta la calidad del suelo y disminuye la lixiviación de nutrientes.

El paso del material de alimentación a través del intestino de la lombriz de tierra conduce a una composición bacteriana diferente del intestino y las heces en comparación con la del suelo o compost original (Koubová et al., 2015).

3. Capítulo III. Metodología

En este proyecto de investigación, se busca identificar un modelo de compostaje que sea de bajo costo, de fácil aplicación y de poco tiempo de ejecución, que permita optimizar los recursos y generar rapidez en la producción de abono orgánico compostado, para así brindar una solución práctica y una alternativa ambientalmente amigable, que sirva para mitigar la inadecuada disposición final de residuos sólidos orgánicos, en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué. Para esta metodología, se empleará un proceso aeróbico.

“Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características

nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada". (Sztern, et al, 1999, p 18).

Este proyecto de investigación, se desarrolla bajo un diseño experimental de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, el cual busca explicar los fenómenos que ocurren en los modelos de compostaje implementados, especificando cada uno de los componentes y factores a ser analizados, a partir de las mediciones de diferentes características dentro del proceso de compostaje en cada uno de los modelos, para así durante un periodo de tiempo determinar cómo es su relación en función del tiempo y costos empleados. Los estudios descriptivos son la base y punto inicial de los otros tipos y son aquellos que están dirigidos a determinar "cómo es" o "cómo está" la situación de las variables que se estudian en una población. La presencia o ausencia de algo, la frecuencia con que ocurre un fenómeno (prevalencia o incidencia), y en quiénes, dónde y cuándo se está presentando determinado fenómeno (Pineda Et al, 1994, p, 82).

Como actividades determinantes en el proyecto de investigación, se dividirán en una serie de fases implementadas a lo largo de la ejecución del proyecto, el cual es la base fundamental del éxito de los resultados en cada uno de los modelos de compostaje a implementar. En el siguiente esquema se determina las fases correspondientes:

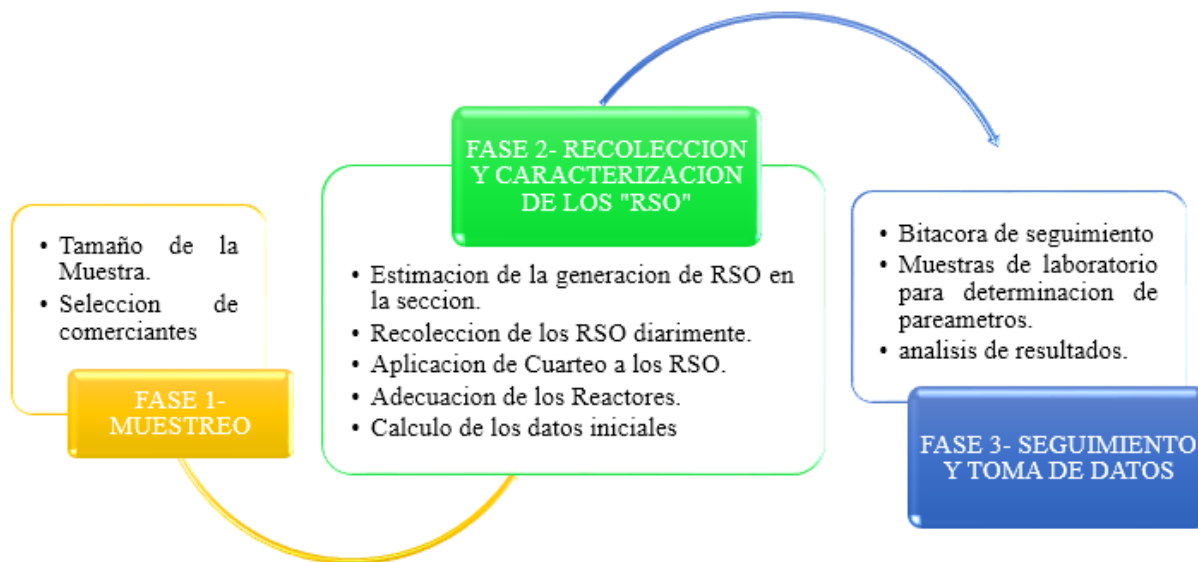


Figura 1. Fases de implementación del proyecto de investigación.

Fuente: Autor (2019).

3.1. FASE 1. Muestreo.

El plan de muestreo para la determinación de la cantidad de residuos generados en la sección de frutas, verduras y legumbres de la plaza de la 21 de la ciudad de Ibagué, estará enmarcado en un muestro probabilístico aleatorio simple el cual según expresa Pineda (1994) “Es uno de los más sencillos y tal vez el más utilizado; se caracteriza porque cada unidad tiene la probabilidad equitativa de ser incluida en la muestra. En este tipo de muestreo hay varias modalidades” (p, 114). Con este muestreo permitirá realizar una estimación en cuanto a la generación de residuos sólidos orgánicos, determinado durante un periodo de 10 días.

Para estimar el tamaño de la muestra, se establece el número total de locales comerciales en estudio y posteriormente determinar el número de muestras basados en el muestreo aleatorio

simple, el cual según Fisher 1991 plantea que “el tamaño de la muestra deberá ser suficiente para permitir un análisis confiable de los cruces de variables, para obtener el grado de precisión requerido en la estimación de proporciones, y para probar si las diferencias entre proporciones son estadísticamente significativas” (p,56).

Para este muestreo se aplicará la caracterización de residuos sólidos orgánicos al 25 % de puestos del total de la sección evaluada, el cual se destaca lo dicho por Pineda Et al, 1994:

Lo importante no es la proporción que la muestra representa del total del universo, sino el tamaño absoluto de la muestra. Por ejemplo, si se tiene una población de 100 individuos habrá que tomar por lo menos el 30% para no tener menos de 30 casos, que es lo mínimo recomendado para no caer en la categoría de muestra pequeña. Pero si la población fuese de 50.000 individuos, una muestra del 30% representará 15.000; 10% serán 5.000 casos y 1 % dará una muestra de 500. En este caso es evidente que una muestra de 1 % o menos podrá ser adecuada para cualquier tipo de análisis que se desee realizar. (p, 112)

3.2. FASE 2. Recolección y caracterización de los RSO

La recolección de residuos sólidos orgánicos se realizará en la fuente, es decir, en común acuerdo con los vendedores de la sección, se les pedirá que, en una bolsa distintiva, depositen los residuos generados en cada uno de los puestos, para así poder realizar una estimación y calcular el peso en Kg/ día de residuos generados por vendedor. Para ello se empleará un registro de la cantidad de RSO en una Tabla durante 10 días:

Tabla 1. Planilla de registro de RSO diarios en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué.

FECHA:	
N MUESTRA	KG/DÍA
1	
2	
3	
Promedio	
Total	

Fuente: Autor (2019)

Al finalizar el día se empleará la siguiente ecuación con el fin de estimar la producción total de la sección para realizar la caracterización y recolección de residuos sólidos orgánicos a compostar:

$$PPC = \frac{Kg \text{ recolectados de RSO}}{\# \text{ muestras}} * \text{total de puestos de la seccion}$$

Posterior a la determinación de la producción de RSO por número de muestra, se procederá a determinar la cantidad de Kg de RSO a transportar al área de establecimiento de modelos de compostaje. Para ello se aplicará el método de “Cuarteo” en el cual se depositan los residuos, se abre cada una de las bolsas donde vienen los residuos sólidos, luego se hace una circunferencia lo más uniforme posible con todos los residuos, de ésta se extraen dos cuartos, se hace otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacan otros dos cuartos, y así sucesivamente hasta poder tener una muestra representativa y manejable (Montoya, 2012, p, 68).

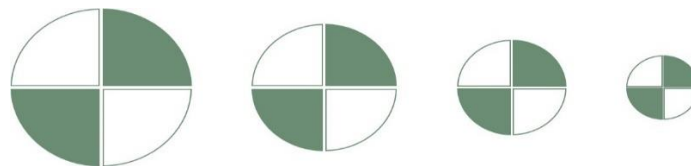


Figura 2. Ilustración del método de cuarteo

Fuente: Autor (2019)

Para continuar con el proceso de recolección de datos, información, elementos y materia prima para iniciar, se plantea el siguiente procedimiento:

- Al realizar el método de cuarteo, tomar una muestra de los RSO de 12 Kg/día, para así al final de los 12 días contar con 120 Kg de residuos totales, para establecer los 3 modelos de compostaje por Microorganismos Eficientes, Tradicional y Lombricultivo, mediante un paralelo similar en los tres modelos, en el que su componente diferencial será el método de degradación de los residuos sólidos orgánicos.
- Identificar los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos, así como el porcentaje de material en peso y la clasificación dada para cada uno de ellos (Ver tabla 2. Clasificación de los residuos según su naturaleza).
- Reducir el volumen del RSO manualmente con el fin de acelerar el proceso de descomposición y tener una mezcla homogénea, según la FAO (2013) “La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato” (p, 30).
- Exponer los RSO al sol, con el fin de eliminar el exceso de humedad presente y evitar la generación excesiva de lixiviados.
- Establecer los modelos (convencional, Micro Organismos Eficientes EM y Lombricultivo) para compostar los residuos sólidos recolectados de tal forma que se realicen mediciones de volumen inicial, peso y componentes requeridos para el inicio del proceso de compostaje, considerando que sus cantidades deben ser iguales para cada uno de los modelos por establecer, donde la única variable será el componente diferencial en

cada modelo en este caso Microorganismo y lombrices (Ver tabla 16, Valores iniciales para cada reactor).

El proceso de compostaje se realizará por medio de reactores o “canecas de plástico” de 200 litros, aforadas, con agujeros que permitan su aireación y un sistema de recolección de lixiviados. OPS “Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante” (p, 21).

3.3. FASE 3. Seguimiento y toma de datos.

Para el establecimiento y toma de datos de los modelos tres modelos de compostaje establecidos (Microorganismos eficientes, Lombricultivo y Tradicional), se realizará en un periodo de 3 meses contados a partir de la siembra del compostaje, en ese momento, se debe determinar los siguientes parámetros, para así contar con una información primaria, la cual se comparará con la bitácora semanal y los resultados finales, estos parámetros iniciales son:

- Volumen inicial
- Porcentaje de humedad.
- Peso en Kg
- Altura del RSO

Posterior a estos datos iniciales, se llevará una bitácora con el fin de analizar de registrar una vez por semana durante los tres meses establecidos, los aspectos físicos de los modelos de compostaje en el cual se determine los siguientes parámetros:

- Peso en Kg

- pH
- Volumen en cm³
- Textura
- Olor.
- Color
- Lixiviados mL
- Temperatura (°C)

Con el fin de evaluar una serie de parámetros fundamentales en cada uno de los modelos de compostajes en los 3 meses previstos para la maduración del compost, se tomará una muestra al finalizar cada mes con el fin de evaluar y comparar los aspectos distintivos y las correlaciones existentes dependiendo de las siguientes variables y su respectivo resultado de los análisis de laboratorio, en los cuales se determinará lo siguiente:

- pH
- Relación C/N
- % Materia Orgánica
- Nutrientes mayores (N, P, K)
- Carbono Orgánico

Basados en esta metodología, buscamos Analizar y comparar los resultados obtenidos de cada uno de los modelos en el que se priorice el tiempo/ beneficio y degradación de los residuos sólidos orgánicos de cada uno de los modelos de compostaje, generación de lixiviados y resultado del análisis de laboratorio, para así determinar cuál de los tres modelos se puede implementar de manera práctica como solución al problema de contaminación por RSO.

4. Resultados

4.1. Fase 1

“Según la información suministrada por uno de los comerciantes de la plaza la 21, el señor Bermúdez, en esta plaza de mercado existe un área destinada para la disposición de todos sus residuos sólidos, los cuales no cuentan con una separación previa, si no por el contrario se evidencia una mezcla de todo tipo de residuos, tanto orgánicos como inorgánicos e incluso algunos que se pueden categorizar como peligrosos provenientes de la sección de carnes. Dicha problemática está basada en la poca cultura ciudadana de quienes se lucran de este sector económico y no tienen una conciencia sobre el efecto al medio ambiente que se genera. Además de ello, no existe un programa establecido al interior de la plaza que permita realizar una separación en la fuente y así poder generar un proceso alterno a cada uno de los residuos generados”. (Bermúdez, Comerciante, 04 de septiembre del 2018).

Luego de realizar el sondeo de las secciones de interés dentro de las instalaciones de la plaza de la 21, se encontraron los datos que se muestran en la siguiente figura.

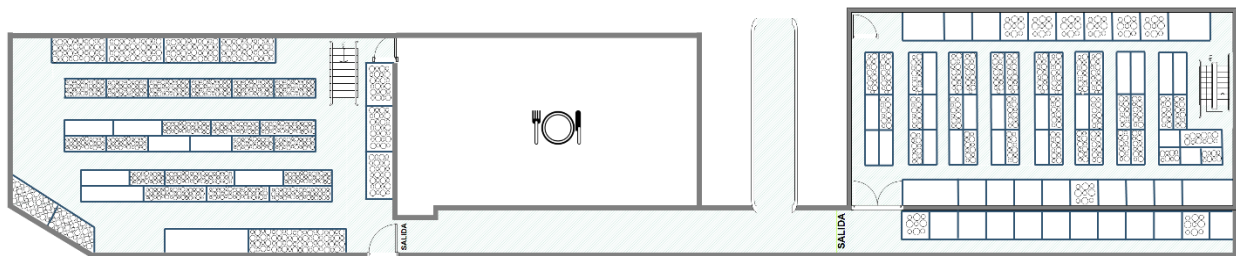


Figura 3. Puestos de las dos secciones de la plaza, dispuestas para el análisis

Fuente: Autor (2019)

En la figura anterior, se puede apreciar los puestos que se encontraban en funcionamiento, al momento del sondeo y de la recolección de los residuos sólidos orgánicos para ser estudiados,

mediante los modelos previamente establecidos. Los segmentos que aparecen en blanco son los que no se encontraban ocupados, en los instantes en que se hicieron las visitas diarias.

A partir de los 69 puestos en funcionamiento, la muestra a aplicar obedece al 30%, buscando que sea representativa, al igual que la implementación del método de cuarteo durante la recolección de los 10 días establecidos. Dado que el 30% de 69, es 20,7, se hizo la elección de 21 puestos.

Como dato adicional, tenemos el hecho de que algunos puestos, son trabajados únicamente en días donde la demanda de público es elevada, es decir, que las personas solo hacen su uso cuando saben que tendrán buenos ingresos y en los demás, permanecen inactivos, por lo que su generación de RSO se ve relacionada con dicha mención.

4.2. Fase 2.

Como segunda instancia dentro de las actividades propuestas en la ejecución del proyecto y seguido del muestreo realizado en la sección de frutas, verduras y legumbres, se presentan los datos de las personas que participaron en la recolección de los RSO durante los 10 días, así como las cantidades expresadas en Kg por puesto para poder obtener un control y un cálculo final en la generación de residuos sólidos orgánicos en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué.

Tabla 2. *Cantidad de comerciantes seleccionados, número de puesto y cantidades suministradas*

Nº	Nombre y Apellido	Ficha de ID	Kg/día										Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Patricia Hernández	512	9,7	6,2	6	11,8	10,9	16,9	22,1	8,3	5,2	5	102,1
2	Luis Alberto Conde	509	1	19,2	3,2	3,1	2,2	21	10,5	0,7	11,2	6,2	78,3
3	Angélica Jiménez	552	11	5,1	9	6,2	4,2	6,2	4	9,1	6,3	8,4	69,5

4	Fanny Carvajal	547	1,5	16,5	3,1	11,1	10,4	19	2,3	0,9	-	2,6	67,4
5	Ofelia Hernández	537	-	1,2	13,1	28,5	16,2	-	8,2	0,5	11,2	15,2	94,1
6	Otilia Capera	523	6,5	6,5	5,2	3,1	0,4	3,5	3,3	5,5	4,5	5	43,5
7	Luis López	570	0,5	22,9	11,6	8,3	11,5	11,1	4,1	4,1	15,2	12,6	101,9
8	Ángela Beltrán	506	5,2	2,6	4,2	4,7	5,2	6,2	2	5,1	3,4	4,1	42,7
9	Leonardo Sánchez	488	1,6	0,3	0,3	5	0,8	1,8	21	2,8	1,2	0,5	35,3
10	Elder Lugo	499	-	21,5	23	27	19,2	29,2	18,2	-	15,6	25,8	179,5
11	Flor Montes	474	22,5	65,8	41	79,4	39,2	1,1	42,3	26,7	40,5	53,1	411,6
12	Ofelia Ramírez	470	4,9	4,1	1,1	2,3	3,9	-	3,2	5,2	3,6	3	31,3
13	Albeiro Caballero	448	10,2	5,6	23,8	25,7	24,2	11,2	10,5	9,8	15,3	14	150,3
14	Emilse Carvajal	273	9	3,5	1,3	2,3	3,1	3,1	4,4	6	5,2	2	39,9
15	Mercedes Castro	322	10,8	19,4	2,6	2,9	1,4	7,4	16	7,5	9,2	6,3	83,5
16	Martha Cardona	326	4,8	3,9	16,2	27,5	9,4	5,8	9,2	9,6	8,4	12,6	107,4
17	Aidé Rodríguez	302	-	-	7,5	21,8	17,8	16,9	15,2	-	5,2	10,6	95
18	Zoila Hernández	280	3	2,4	9	6,3	4,2	7,4	11,6	1	3,6	5,3	53,8
19	Florinda Navarro	305	4,2	5,7	8,2	4,3	2,8	4,8	6	3	4,1	7,4	50,5
20	Carlos Perdomo	290	-	2,2	4,2	1,3	0,2	5	3,5	1,1	2,8	3,7	24
21	Mayerli López	343	22,5	24,9	28,6	105	56,1	61,2	46,2	29,6	35,2	30,4	439,7

Total	129	240	222	388	243	239	264	137	207	234	2301,3
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------

Fuente: Autor (2019)

En esta tabla informativa, los espacios que no reflejan una cantidad de Kg, es debido a que las personas decidieron no trabajar en aquellos días, como se hizo mención en el párrafo anterior, debido a situaciones particulares, entre las que se puede nombrar las ventas bajas para ellos. Esta acción es repetitiva en dichas personas, quienes consideran que no se justifica trabajar bajo esas condiciones y es preferible invertir su tiempo de otra manera.



Figura 4. Recolección de residuos sólidos por Juan Sebastián Botero

Fuente: Autor (2019)



Figura 5. Recolección de residuos sólidos por Jeisson Cardona

Fuente: Autor (2019)

Al finalizar el día se empleó la siguiente ecuación con el fin de estimar la producción de residuos sólidos orgánicos en la sección:

$$PPC = \frac{Kg \text{ recolectados de RSO}}{\# \text{ muestras}} * \text{total de puestos de la seccion}$$

$$PPC_{\text{dia}} = \frac{Kg \text{ recolectados de RSO}}{21} * 69$$

$$PPC_1 = \frac{128.9 \text{ Kg}}{21} * 69 = 423,52 \text{ Kg}$$

$$PPC_2 = \frac{239.5 \text{ Kg}}{21} * 69 = 786,92 \text{ Kg}$$

$$PPC_3 = \frac{222.2 \text{ Kg}}{21} * 69 = 730,08 \text{ Kg}$$

$$PPC_4 = \frac{387.6 \text{ Kg}}{21} * 69 = 1.273,54 \text{ Kg}$$

$$PPC_5 = \frac{243.3 \text{ Kg}}{21} * 69 = 799,41 \text{ Kg}$$

$$PPC_6 = \frac{238.8 \text{ Kg}}{21} * 69 = 784,62 \text{ Kg}$$

$$PPC_7 = \frac{263.8 \text{ Kg}}{21} * 69 = 866,77 \text{ Kg}$$

$$PPC_8 = \frac{136.5 \text{ Kg}}{21} * 69 = 448,5 \text{ Kg}$$

$$PPC_9 = \frac{206.9 \text{ Kg}}{21} * 69 = 679,81 \text{ Kg}$$

$$PPC_{10} = \frac{233.8 \text{ Kg}}{21} * 69 = 768,2 \text{ Kg}$$

Por otro lado, al sumar la cantidad total de los RSO generados alcanza las 2,3 toneladas, una cantidad considerable si se tiene en cuenta que el tiempo de recolección fue de únicamente 10 días. Llevando este dato a una proyección mensual, la cantidad aproximada es de 7 toneladas, lo que hace ver aún más abultado el resultado y en ese orden de ideas, la necesidad de realizar alguna actividad que permita mejorar el problema ambiental generado, que sirva como solución, brindando un producto aprovechable y acoja un método de disposición final adecuada.

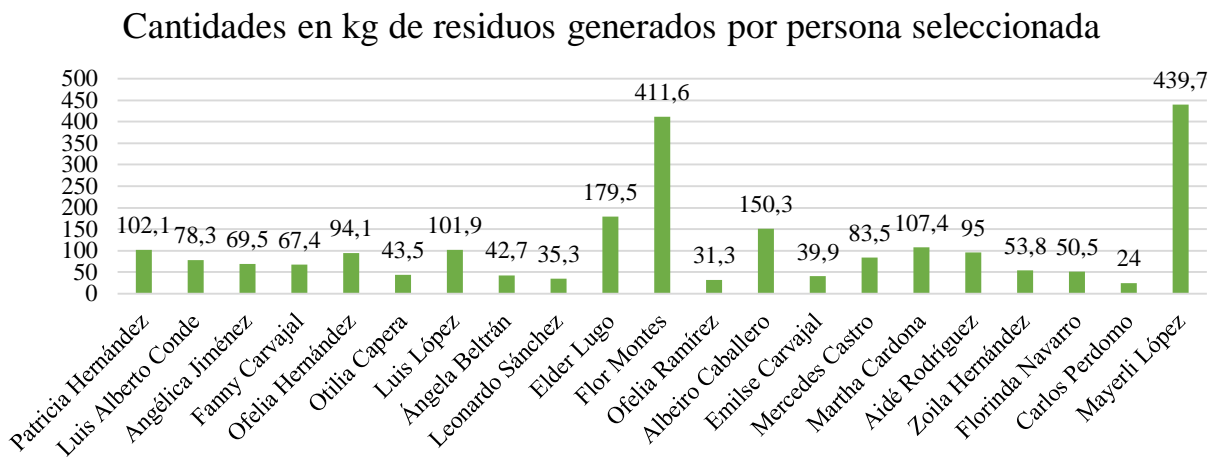


Figura 6. Kg totales de residuos generados por persona

Fuente: Autor (2019)

En la figura se puede observar como los vendedores Mayerli López y Flor Montes, se encuentran en una generación muy por encima de los demás, a razón de la actividad que tienen dentro del centro. En el caso de la Sra. Mayerli, se tiene que su actividad es la venta de frutas, no solo en pepa, sino también despulpada y esta actividad genera gran cantidad de RSO como resultante. En el segundo caso, el de la Sra. Flor Montes, se tiene una situación muy diferente, la generación alta de residuos, se debe específicamente a que su labor es preparar maíz tierno para la venta. Por ende los residuos, son la capucha del maíz y las tusas luego del desgrano. Si bien, ambos provienen de la misma actividad y producto, son de características muy diferentes, debido a su naturaleza. Podemos destacar la diferencia ofrecida en la relación volumen/peso. En conclusión, los Kg altos que se ve en la figura se debe al peso de las tusas del producto.

Para nuestra labor investigativa, estas dos situaciones, fueron condicionantes de los procesos, porque en el primer caso, nos ocasiono un volumen destacable de jugos lixiviados en cada uno de los reactores. Ya para la segunda, la naturaleza de las tusas hizo que, aunque se realizó una fragmentación de dicho residuo lo más menuda posible, su periodo de descomposición fue mayor y más complejo.

PORCENTAJES DE PRODUCCION TOTAL POR PERSONA EN LOS 10 DIAS

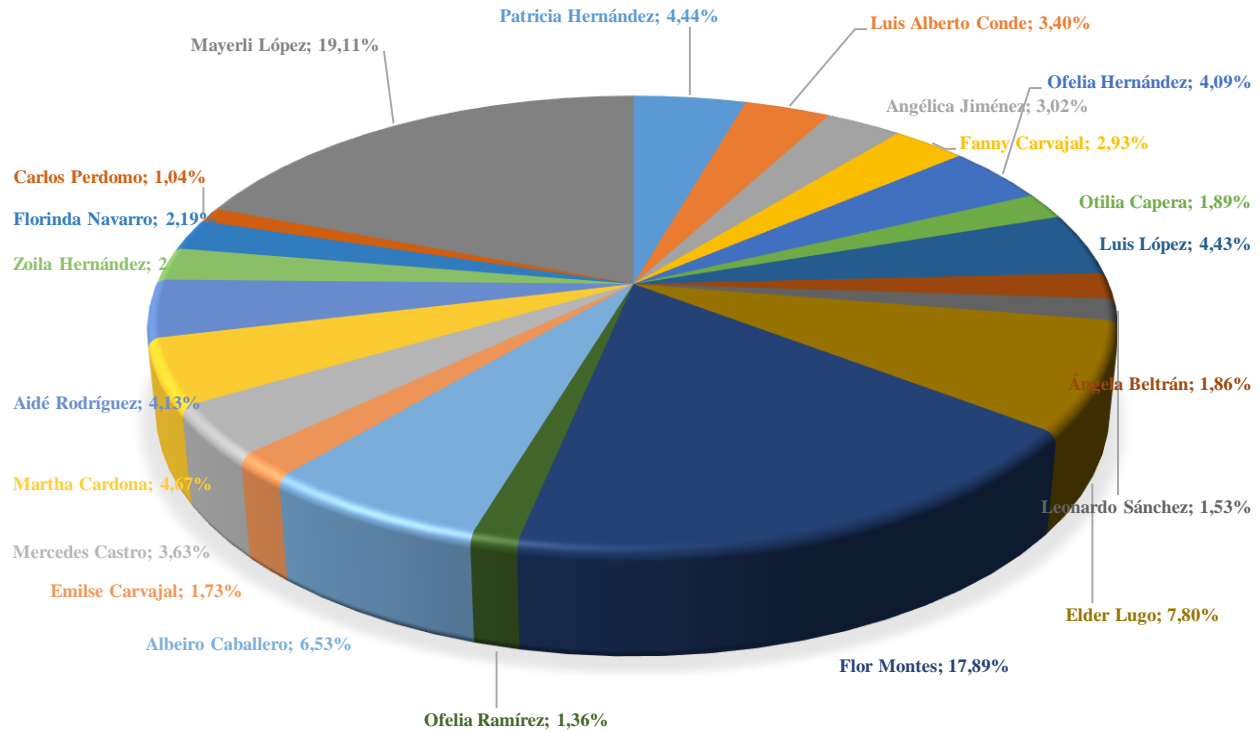


Figura 7. Porcentajes de generación total de residuos generados por persona

Fuente: Autor (2019)

En la figura 7, se identifica una mayor generación de residuos sólidos orgánicos por parte de las señoras Flor Montes y Mayerli Capera, con una sumatoria del 37% sobre el total generado, un valor de amplitud tomando en consideración que son veintiuna las personas a las cuales se les hizo la recolección. En los demás casos, los porcentajes de RSO recolectados no son tan altos.

4.2.1 Caracterización de residuos sólidos orgánicos

Dentro del proyecto de investigación, se contempló un valor fijo de caracterización de RSO diarios, en el cual después de recolectar los residuos sólidos orgánicos de la sección a los puestos intervenidos, se procedió a registrar el peso en Kg aportado por cada uno de los puestos, para

posteriormente mesclar homogéneamente y aplicar el método de cuarteo de estos residuos, esto con el fin de tomar un total de 12 kg/ día, obteniendo una muestra significativa de los 21 puestos elegidos de la muestra de la sección de frutas, verduras y legumbres. El método de cuarteo se realizó durante los 10 días recolección de los residuos sólidos orgánicos, repitiendo tres veces el proceso de cuarteo por muestra con el fin de extraer 12 Kg de RSO lo más homogénea posible, posteriormente se realizó la caracterización de la muestra final por día, determinando el peso individual de los tipos y naturaleza de los residuos sólidos orgánicos.



Figura 8. Homogenización de los RSO recolectados por día

Fuente: Autor



Figura 9. Primer cuarteo de la muestra

Fuente: Autor (2019)



Figura 10. Extracción de dos cuartos de RSO.

Fuente: Autor (2019)



Figura 11. Nuevo cuarteo de la muestra.

Fuente: Autor (2019)



Figura 12. Reducción de la muestra.

Fuente: Autor (2019)

En adelante se relacionará la clasificación de los residuos de acuerdo con la siguiente relación:

Tabla 3. *Clasificación de los residuos según su naturaleza.*

Clasificación	Contenidos
R. Frutas	Melón – Papaya – Naranja – Mango – Tomate de Árbol – Piña – Maracuyá – Gulupa – uchuva - Guanábana
R. Tubérculos	Papa – Zanahoria – Yuca – Arracacha
R. Legumbres	Arveja – frijol – Habichuela
R. Cereales	Maíz
R. Hortalizas de hoja	Cilantro – Apio – lechuga – Repollo – Brócoli – Coliflor – Acelga – Cebolla
R. Hortalizas de fruto	Tomate – Pimentón – Pepino Cohombro – Pepino de Guiso – Cidra – Ahuyama – Plátano

Fuente: Autor (2019)

Con el fin de interpretar las cantidades diarias de los tipos de residuos sólidos orgánicos recolectados de las cantidades cuarteadas en los 12 Kg totales, se representan las tablas y graficas respectivas:

Tabla 4. *Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el primer día de recolección.*

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 1
R. Frutas	4
R. Tubérculos	0,5
R. Legumbres	1,9
R. Cereales	1,6
R. Hortalizas de hoja	0,8
R. Hortalizas de fruto	3,2
Total	12

Fuente: Autor (2019)

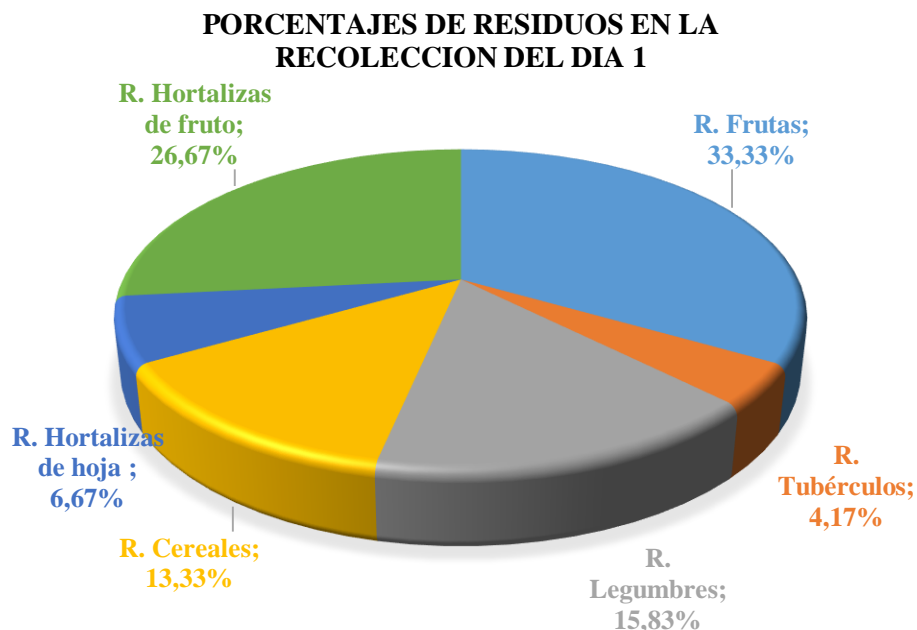


Figura 13. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el primer día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 13, se puede observar que el mayor porcentaje es para los residuos de frutas, mientras que el de menor para el primer día fue el de los tubérculos. La recolección total fue de 129 Kg, de donde se obtuvieron los 12 Kg de interés, luego de los cuarteos necesarios.

Tabla 5. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el segundo día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 2
R. Frutas	4,6
R. Tubérculos	1
R. Legumbres	2,4
R. Cereales	1,3
R. Hortalizas de hoja	1,6
R. Hortalizas de fruto	1,1
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 2

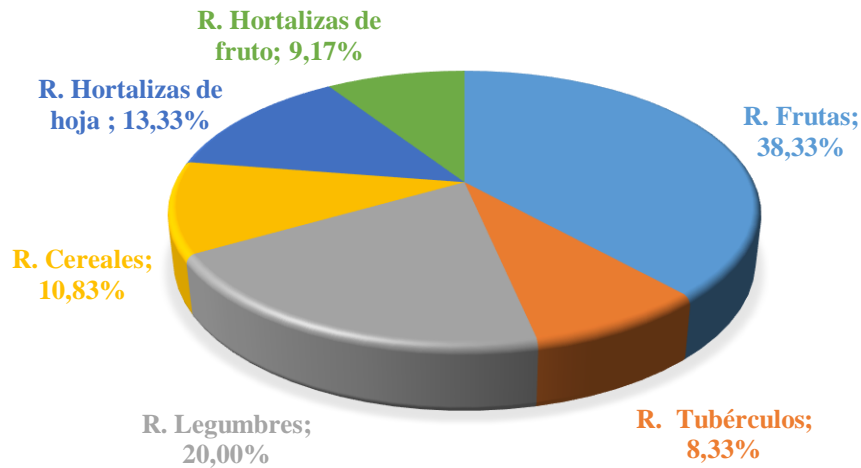


Figura 14. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el segundo día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

La mayor porción obedece a la recolección durante este segundo día a los residuos de frutas con un 38,33%. Por otro lado, las legumbres han sido, después de las frutas las que han ofrecido la segunda mayor parte de residuos con un 20%. La menor generación, estuvo a cargo de los residuos de las hortalizas de fruto.

Tabla 6. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el tercer día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 3
R. Frutas	3,5
R. Tubérculos	2,4
R. Legumbres	1,1
R. Cereales	1,4
R. Hortalizas de hoja	1,7
R. Hortalizas de fruto	1,9
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 3

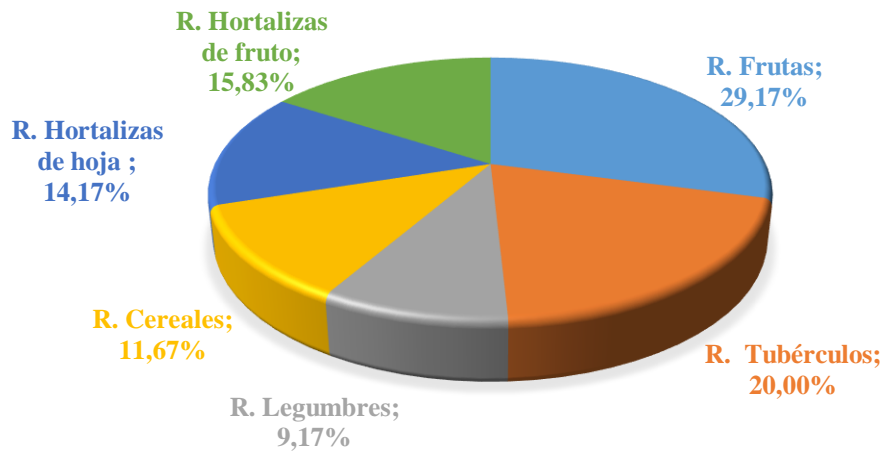


Figura 15. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el tercer día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

Como se ha venido observando y de acuerdo a la proporción de los residuos, está dentro de la normalidad, en la figura 15, se encuentra de nuevo a las frutas en el primer lugar con la mayor generación, esta vez se hizo la selección de 3,5 kg que corresponden a un 29,17%. En este día, los de menor generación fueron los residuos d legumbres que solo nos han proporcionado un 9,17% luego del cuarteo respectivo.

Tabla 7. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el cuarto día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 4
R. Frutas	3,2
R. Tubérculos	2
R. Legumbres	1,7
R. Cereales	0,5
R. Hortalizas de hoja	3,8
R. Hortalizas de fruto	0,8
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 4

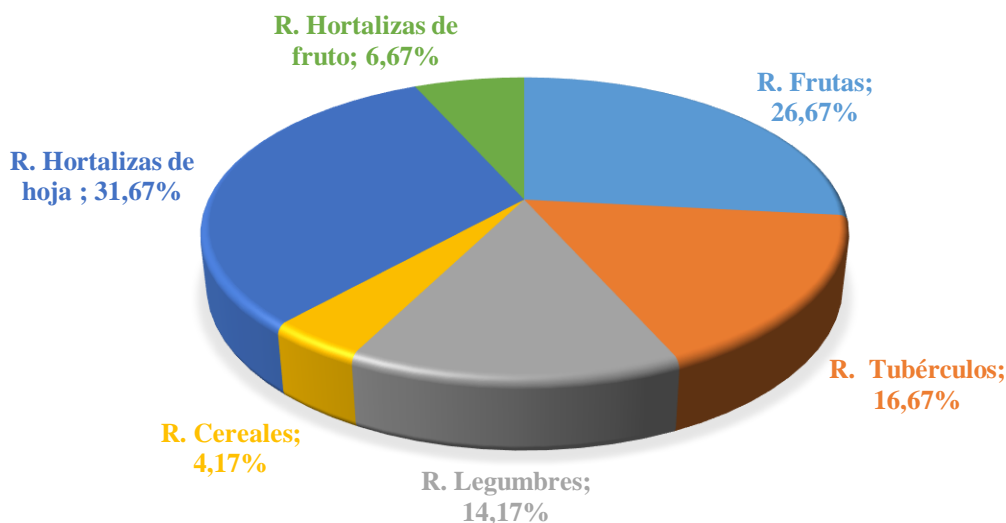


Figura 16. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el cuarto día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 16, se observa la clasificación para el 4 día, en el cual los residuos de los cereales arrojo un porcentaje de 4,17. Entre tanto, los residuos de hortalizas se colocan en el primer lugar, superando a los de las frutas, debido a los efectos de consumo por parte de la comunidad visitante de la plaza.

Tabla 8. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el quinto día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 5
R. Frutas	6
R. Tubérculos	0,9
R. Legumbres	0,5
R. Cereales	1
R. Hortalizas de hoja	2,5
R. Hortalizas de fruto	1,1
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 5

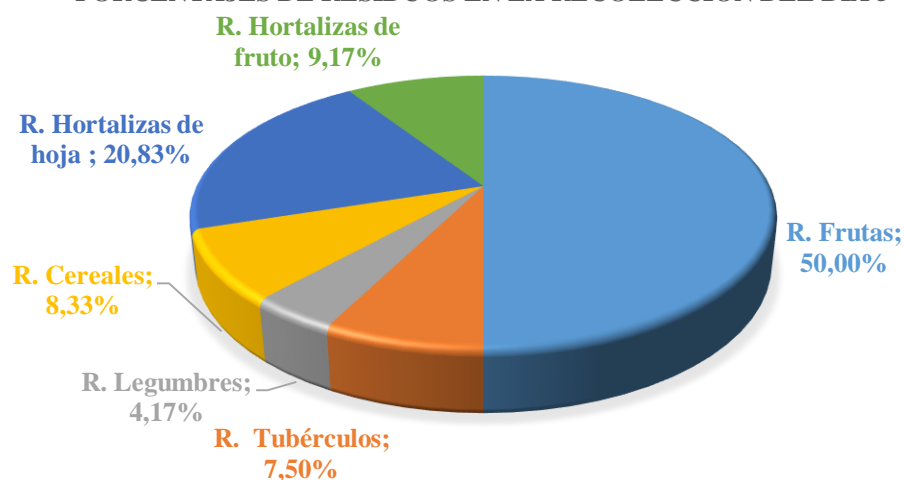


Figura 17. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el quinto día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En la mitad de los días de recolección y rescatando que durante el día 4 la generación estuvo baja en cuanto a los residuos de frutas, en este día se compenso la situación y estos residuos se adueñan del 50% de la torta estadística. Por su parte, las legumbres estuvieron por debajo del 5% con solo 4,17%. De acá se concluye que las frutas en la acción de despulpar, terminan siendo grandes generadoras de restos de semillas y cascaras.

Tabla 9. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el sexto día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 6
R. Frutas	5,8
R. Tubérculos	0,6
R. Legumbres	1,8
R. Cereales	0,8
R. Hortalizas de hoja	2,1
R. Hortalizas de fruto	0,9
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 6

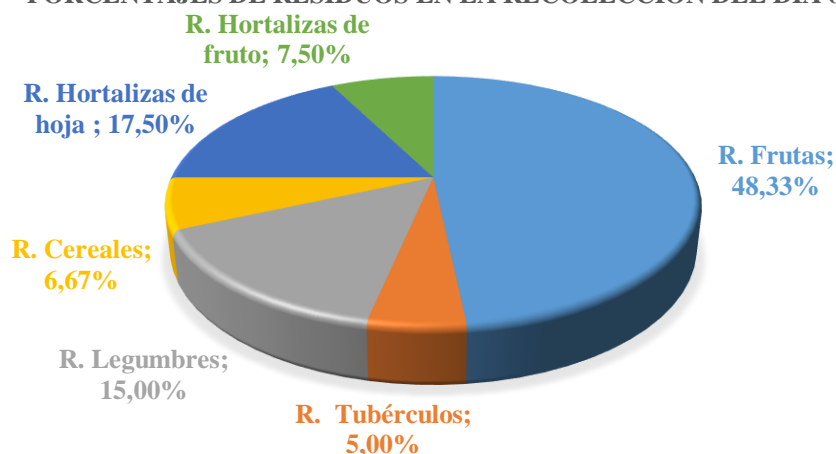


Figura 18. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el sexto día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 18, se interpreta los valores de recolección, en el cual 0,8 Kg es el valor de los residuos de cereales cuarteados, significan solo un 6,67% y que le valen para ser el de menor cantidad para este día. Por otra parte, la constante de las frutas continúa sobresaliendo sobre los demás como en cada uno de los días anteriores.

Tabla 10. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el séptimo día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 7
R. Frutas	2,7
R. Tubérculos	0,9
R. Legumbres	1,8
R. Cereales	0,9
R. Hortalizas de hoja	3,7
R. Hortalizas de fruto	2
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA

7

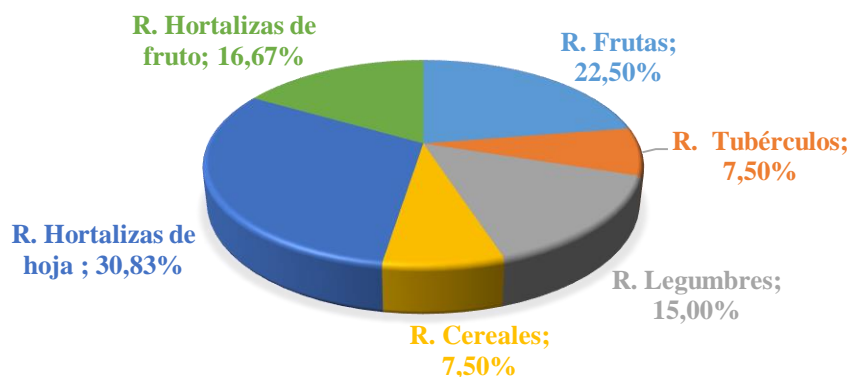


Figura 19. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el séptimo día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En el séptimo día de recolección, encontramos que de nuevo la mayor parte del cuarteo corresponde a los residuos de las hortalizas de hoja, desplazando a los de las frutas hasta segundo lugar en cuanto a cantidad y porcentaje. En este día, se produjo una paridad entre los residuos de cereales y los de los tubérculos, ambos con un porcentaje del 7,5% respecto a los demás así mismo los registros para residuos de legumbres y los de las hortalizas de fruto, muestran una escasa diferencia de 1,6%, lo que da lugar a hablar de algo de similitud porcentual.

Tabla 11. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el octavo día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 8
R. Frutas	3,9
R. Tubérculos	1,2
R. Legumbres	2
R. Cereales	1,6
R. Hortalizas de hoja	1,1
R. Hortalizas de fruto	2,2
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 8

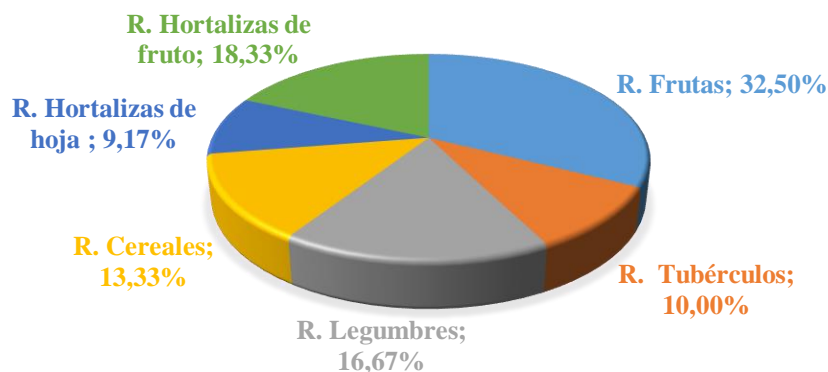


Figura 20. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el octavo día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

Para el antepenúltimo día de recolección, encontramos que el único porcentaje que conserva un rango grande de diferencia es el de las frutas, porque los demás se encuentran es una línea porcentual con diferencias no tan largas.

Tabla 12. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el noveno día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 9
R. Frutas	4,4
R. Tubérculos	2
R. Legumbres	1,7
R. Cereales	1,4
R. Hortalizas de hoja	1,2
R. Hortalizas de fruto	1,3
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 9

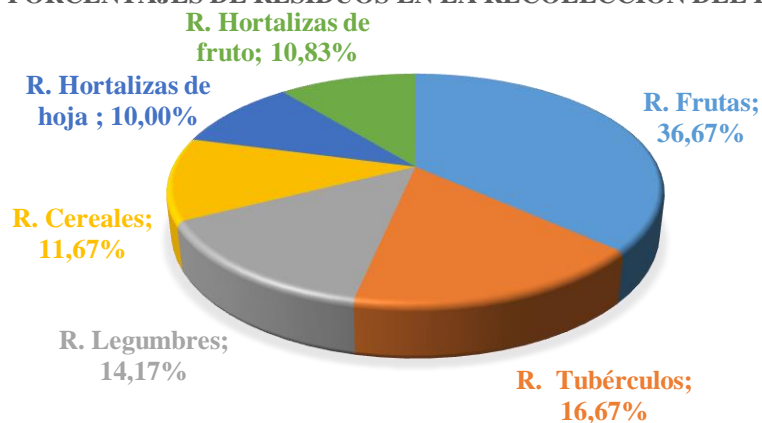


Figura 21. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el noveno día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 21, el 36,67% es el valor de porcentaje correspondiente a los residuos de las frutas y con los que se mantiene en constancia la excesiva generación de residuos de esta clasificación. El segundo lugar para este penúltimo día es para los residuos de tubérculos, por su porcentaje del 16,67% correspondiente a 2 Kg.

Tabla 13. Clasificación de los residuos luego del cuarteo en el décimo día de recolección.

Tipo de residuo orgánico	Kg / Día 10
R. Frutas	3,5
R. Tubérculos	0,8
R. Legumbres	1,5
R. Cereales	2
R. Hortalizas de hoja	1,8
R. Hortalizas de fruto	2,4
Total	12

Fuente: Autor (2019)

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION DEL DIA 10

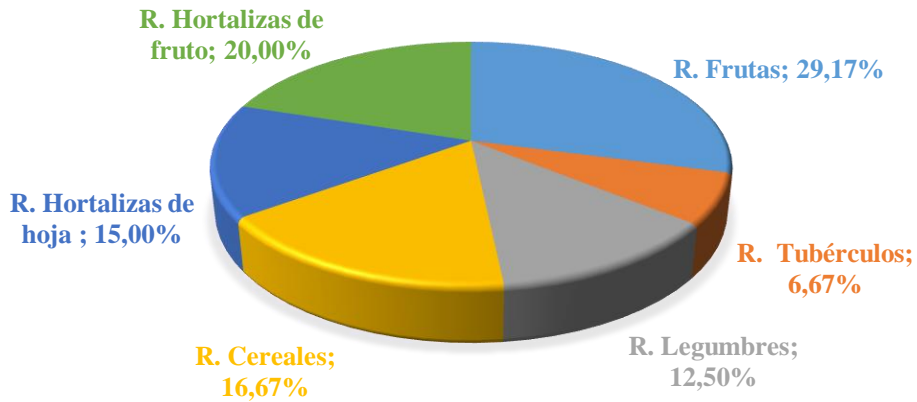


Figura 22. Porcentajes de la clasificación de los residuos luego del cuarteo en el décimo día de recolección.

Fuente: Autor (2019)

En este último día, el porcentaje de más diferencia entre uno con otro es el de los residuos de tubérculos, dado que solo llega al 6,67% en comparación con los demás comparados, que en este día reflejan una equivalencia. Este fue el día de la mezcla, para la posterior separación hacia cada uno de los tres reactores biológicos con los respectivos modelos.

Ahora bien, para hablar en términos generales, se hace necesario la siguiente presentación en Tabla y figura donde están claramente representados los datos de interés como la recolección total en toda esta fase del proyecto y las cantidades porcentuales a lo que equivale cada clasificación residual.

Tabla 14. Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección.

Tipo de residuo	Kg / Día											Total	%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
orgánico														
R. Frutas	4	4,6	3,5	3,2	6	5,8	2,7	3,9	4,4	3,5		41,6	34,67%	

R. Tubérculos	0,5	1	2,4	2	0,9	0,6	0,9	1,2	2	0,8	12,3	10,25%
R. Legumbres	1,9	2,4	1,1	1,7	0,5	1,8	1,8	2	1,7	1,5	16,4	13,67%
R. Cereales	1,6	1,3	1,4	0,5	1	0,8	0,9	1,6	1,4	2	12,5	10,42%
R. Hortalizas de hoja	0,8	1,6	1,7	3,8	2,5	2,1	3,7	1,1	1,2	1,8	20,3	16,92%
R. Hortalizas de fruto	3,2	1,1	1,9	0,8	1,1	0,9	2	2,2	1,3	2,4	16,9	14,08%
Total	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120	100,00%

Fuente: Autor (2019)

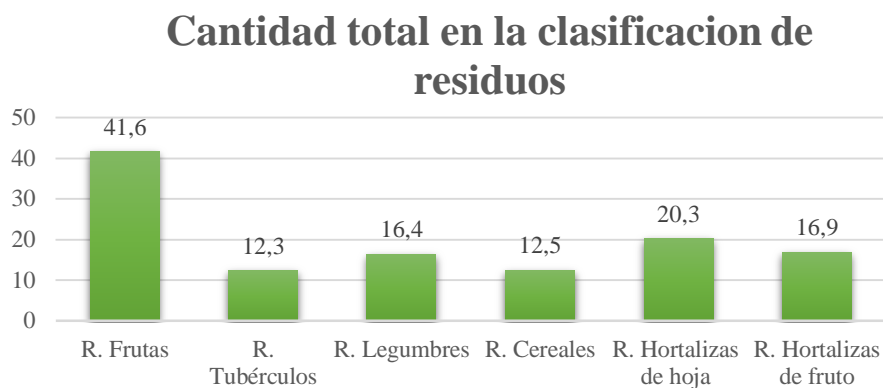


Figura 23. Cantidades (kg) totales de la clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección

Fuente: Autor (2019)

En la figura 23, se registra las cantidades en Kg de RSO recolectados y las respectivas interpretaciones día a día, los residuos de frutas son quienes reflejan la mayor cantidad, duplicando los valores de los demás, debido a la ya manifestada acción de despulpar

PORCENTAJES DE RESIDUOS EN LA RECOLECCION TOTAL

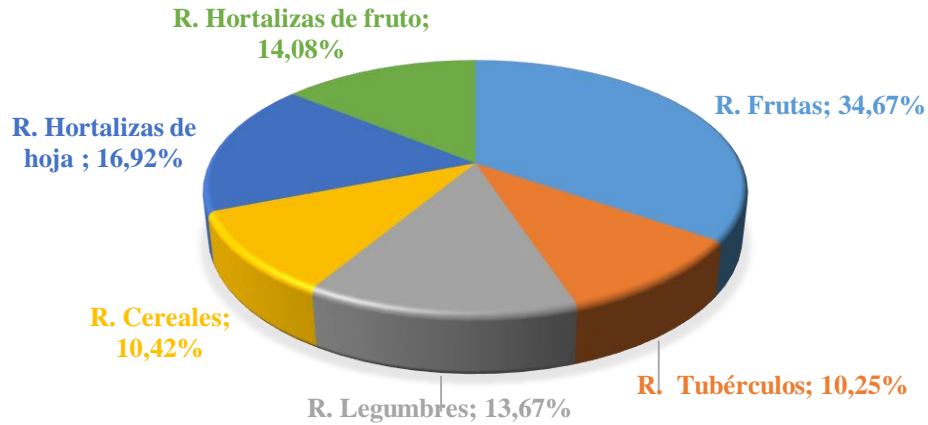


Figura 24. Porcentajes de la Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección

Fuente: Autor (2019)

En orden de generación ascendente, se obtuvo que los de menor proporción acabaron siendo los residuos de tubérculos, debido a su porcentaje de 10,25%, lo que da la clara idea, que los residuos de esta naturaleza entregan cantidades residuales en menor medida, por condicionamientos como los de su durabilidad ante la descomposición. Después, se puede observar que con solo un 0,17% respecto a los anteriores, están los de los cereales que, si bien las cantidades generadas son grandes en cuanto a volumen y peso, para conveniencia del proyecto en términos de durabilidad en referencia a la descomposición, se hizo un ajuste de selección, consiguiendo que la muestra fuera baja, pero manteniendo la línea de incidencia que esta pudiera tener dentro de los procesos.

En una especie de escala encontramos los residuos de legumbres, hortalizas de fruto y hortalizas de hoja con porcentajes de 13,67%, 14,08 y 16,92 respectivamente, mostrando la equivalencia necesaria para el objeto del proyecto.

Finalmente, al hablar de los residuos de las frutas, posterior a los cuarteos se recolectaron un 34,67% tal y como lo muestra la figura. El principal elemento para destacar en esta clasificación es el contenido de humedad que resguardan las frutas asociado directamente con la sobre hidratación que guardan algunas como el melón y sus consideraciones de diurética, es la generación de lixiviados cuanto se empezó a dar la normal deshidratación y lo que implica dentro de los modelos trabajados que debían sostener un contenido humedad con índice de favorabilidad que acelerara la descomposición del material residual.

4.2.2 Manejo de los RSO cuarteados

Posterior a la caracterización diaria de los RSO, se realizó el proceso de solarización, con el fin de reducir significativamente el contenido de humedad de los residuos, ya que por ser frutas, verduras y legumbres, estas contienen gran cantidades de agua, aumentando los volúmenes de lixiviados, para ello se adecuo una cama de solarización destinada a la recepción del sol, en la que una capa no mayor de 10 cm de altura expuesta sobre un plástico negro, el cual permitió la reducción de humedad y por ende la deshidratación de los residuos. Además de ello se tuvo sumo cuidado al momento de presentar condiciones climatológicas de lluvia que pudieran retroceder el proceso, así mismo las muestras eran cubiertas en las noches para evitar la absorción de humedad. Por último, al pasar de los días se observó que algunos materiales reducían su humedad interna más rápido que otros, por lo cual se recolectaron en una bolsa de aireación, el cual permitiera por medio del viento continuar con el secado de la muestra.



Figura 25. Clasificación y caracterización de la muestra de RSO.

Fuente: Autor (2019)



Figura 26. Camas de solarización.

Fuente: Autor (2019)



Figura 27. Bolsas de Aireación.

Fuente: Autor (2019)

4.2.3 Datos Iniciales

Con el fin de determinar los datos iniciales para iniciar los procesos de siembra en los modelos de compostaje, se deben tener en cuenta una serie de datos importantes para poder calcular los respectivos parámetros, los cuales se identifican en la siguiente información:

Cálculo del porcentaje de humedad

Residuos sólidos orgánicos húmedos: 120 Kg

Residuos sólidos orgánicos secos: 68.6 Kg

$$\text{Reduccion del RSO} = 120 \text{ kg} - 68.6 \text{ kg} = 51.4 \text{ kg}$$

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Residuos solidos organico reducido}}{\text{Residuos solidos organicos Iniciales}} * 100$$

$$\% \text{Humedad} = \frac{51.4 \text{ Kg}}{120 \text{ Kg}} * 100 = 42.8 \% \text{ de humedad}$$



Figura 28. Muestra final a compostar.

Fuente: Autor (2019)

Datos de materiales:

Cultivo de lombriz roja Californiana: 8 Kg con tierra húmeda.



Figura 29. Cultivo de Lombriz Roja Californiana.

Fuente: Autor (2019)

Cultivo de EM: 2 litros en dilución 2/2



Figura 30. Cultivo microbiano EM.

Fuente: Autor (2019)

Posteriormente, se realizó la adecuación de las canecas plásticas, para así transfórmalas en reactores aeróbicos que permitieran tres funciones indispensables: La recolección de los lixiviados, para lo cual se instaló en la parte inferior de la caneca el cual permitiera la extracción y medición de los respectivos lixiviados, la elaboración de agujeros en la caneca con el fin de

permitir el flujo de aire continuo y por último se aforo dicho reactor, para así registrar la disminución de los volúmenes de los RSO en cada uno de los reactores.



Figura 31. Adecuación de Reactores.

Fuente: Autor (2019)

En la siguiente tabla, se relaciona los parámetros de medición inicial y los datos aportados como base fundamental para realizar el proyecto de investigación, aplicado en paralelo a los tres modelos de compostaje aeróbicos establecidos:

Tabla 15. Valores iniciales para cada reactor

DATOS INICIALES							
Reactores	Peso por Caneca (Kg)	Radio por caneca en (cm)	(Kg) de RSO en seco	Agua suministrada (L)	Altura del RSO (cm)	Componentes adicionales	Peso Kg Inicial de cada reactor
Reactor 1 – Compostaje tradicional	8.2	29	22.8	4 L	28	N/A	35
Reactor 2 – Compostaje lombricultivo	10	29	22.8	4 L	29	8 Kg totales entre lombriz roja californiana y tierra húmeda.	44.8
Reactor 3 – Compostaje EM	9.9	29	22.8	4 L	28	N/A	36.7

Fuente: Autor (2019)

Además, con el fin de determinar los volúmenes a compostar en cada reactor, se empleó la ecuación de cálculo de volumen para determinar la cantidad de residuo sólido a compostar.

Reactor 1 – Compostaje tradicional

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = 3,14 * 841 * 28$$

$$V = 73,978 \text{ cm}^3$$

Reactor 2 – Compostaje lombricultivo

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = 3,14 * 841 * 29$$

$$V = 76,620 \text{ cm}^3$$

Reactor 3 – Compostaje EM

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = 3,14 * 841 * 28$$

$$V = 73,978 \text{ cm}^3$$



Figura 32. Establecimiento de Reactores.

Fuente: Autor (2019)

4.3. Fase 3. Seguimiento y toma de datos

Dentro de las actividades de seguimiento y control en los reactores establecidos, se permite evaluar los diferentes cambios en sus características físico químicas, en las cuales se lleva un registro cada 8 días sobre las condiciones cambiantes de cada uno de los reactores establecidos, esto con el fin de determinar las variables más importantes dentro de los objetivos propuestos en el proyecto de investigación. Para llevar a cabo la tabulación de dicha información, se cuenta con una bitácora, la cual recopila las variables analizadas (ver anexo 1).



Figura 33. Toma de pH, Temperatura y aireación de los reactores.

Fuente: Autor (2019)

Adicionalmente, dentro de las actividades de seguimiento toma de datos, se ha llevado el registro de los lixiviados extraídos de los RSO compostados en cada uno de los reactores. Continuamente se lleva el registro del peso de cada uno de los reactores con el fin de determinar la reducción en el contenido de humedad y la compactación de las muestras.



Figura 34. Recolección y medición de Lixiviados.

Fuente: Autor (2019)

Uno de los objetivos fundamentales para el desarrollo del proyecto de investigación, fue la determinación por medio de análisis de laboratorio las características químicas de cada una de las muestras obtenidas por los diferentes métodos de compostaje propuestos. Dichos análisis se propusieron realizar al terminar el primero, segundo y tercer mes, con el fin de obtener datos representativos a la hora de determinar la viabilidad de cada uno de los modelos. Sin embargo, al finalizar el primer mes de “siembra” de compostaje, las muestras aún se encontraban crudas y no contaban con las condiciones ideales para ser analizadas correctamente.



Figura 35. Muestra Cruda al finalizar la 4 semana.

Fuente: Autor (2019)

En la siguiente tabla, se registran los eventos más importantes ocurridos en el transcurso de los 3 meses de compostaje de los tres modelos establecidos, en el cual se determinaron valores de referencia y días transcurridos desde el momento de siembra del compostaje.

Tabla 16. Resumen de eventos en el seguimiento.

Eventos	Días transcurridos	Valores de referencia
Siembra de los tres modelos de compostaje	0	22.8 Kg de RSO en cada reactor
Primera obtención de muestras para análisis de laboratorio	30	No se pudo obtener una muestra adecuada, ya que los modelos se encontraban “crudos”
Monitoreo de la humedad de los RSO en cada reactor	45	A partir de la 7 semana de siembra de los modelos de compostaje, la cantidad de lixiviados

		provenientes de los reactores fue de 0 mL.
Segunda obtención de muestras para análisis de laboratorio	60	Se extrajeron 500 Gr de RSO compostado de cada uno de los tres modelos establecidos.
Adición de agua para mantenimiento de la humedad relativa de los reactores	68	Incorporación de 300 mL de agua a cada reactor para estabilizar la humedad requerida en los reactores.
Adición de agua para mantenimiento de la humedad relativa de los reactores	77	se agregó 400 ml mezclando homogéneamente cada una de las muestras compostadas en cada reactor
Adición de agua para mantenimiento de la humedad relativa de los reactores	83	Se adiciono 300 mL de agua para tener los parámetros de humedad en los niveles óptimos para el proceso de compostaje.
Seguimiento y toma de datos finales	92	Evaluación final de los parámetros evaluados a lo largo de los tres meses de seguimiento en la respectiva bitácora.

Obtención de muestra final para análisis de laboratorio.

92

Se extrajeron 500 Gr de cada uno de los modelos de compostaje de los reactores establecidos, con el fin de enviarlos para ser analizadas en laboratorio.

Fuente: Autor (2019)



Figura 36. Preparación de las muestras para laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

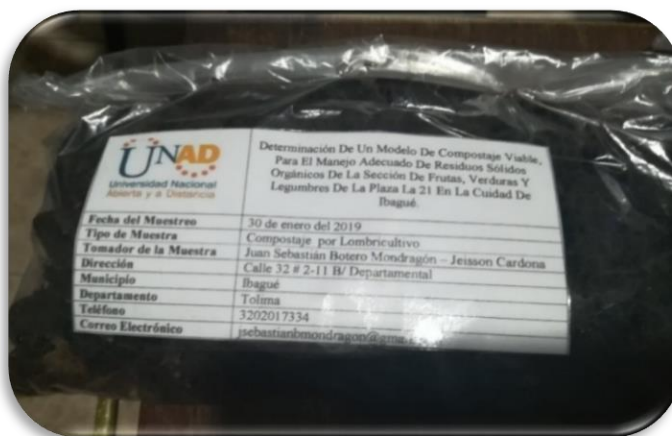


Figura 37. Empaque y Rotulación de las muestras.

Fuente: Autor (2019)

Al finalizar la semana 12 de seguimiento y toma de datos, se registraron los últimos valores y se determinó el peso total compostado, se realizó el cernido del RSO transformado por cada

reactor con el fin de determinar la cantidad de RSO que no se logró descomponer y el tipo de residuo orgánico que presentaba un tamaño considerable, además de ello después de realizar el peso, se extrajo una muestra representativa de cada reactor con el fin de enviar a laboratorio las muestras para definir los parámetros mencionados anteriormente.

4.3.1 Datos finales

Al finalizar la etapa de compostación en cada uno de los reactores establecidos, se procedió a extraer cada uno de los modelos de compostaje y se depositaron en una cama de aireación protegido del sol por 24 horas con el fin de eliminar excesos de humedad en los compostajes realizados, posteriormente, se realizó la extracción de 1,8 Kg de lombriz roja californiana del reactor del lombricultivo con el fin de determinar el material compostado total. Posteriormente se realizó por separado el cernido y extracción de los RSO no compostados, en la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos.

Tabla 17. Datos finales del proceso de compostaje entre modelos

Modelo de Compostaje	Kg retirados en las dos muestras	Kg de RSO Compostado y Cernido	Kg de RSO no compostado	Total	% de RSO No compostado
Tradicional	1	5.4	0.9	7.3	12.3
Lombricultivo	1	7.4	0.8	9.2	8.6
EM	1	5.8	0.5	7.3	6.8

Fuente: Autor (2019)

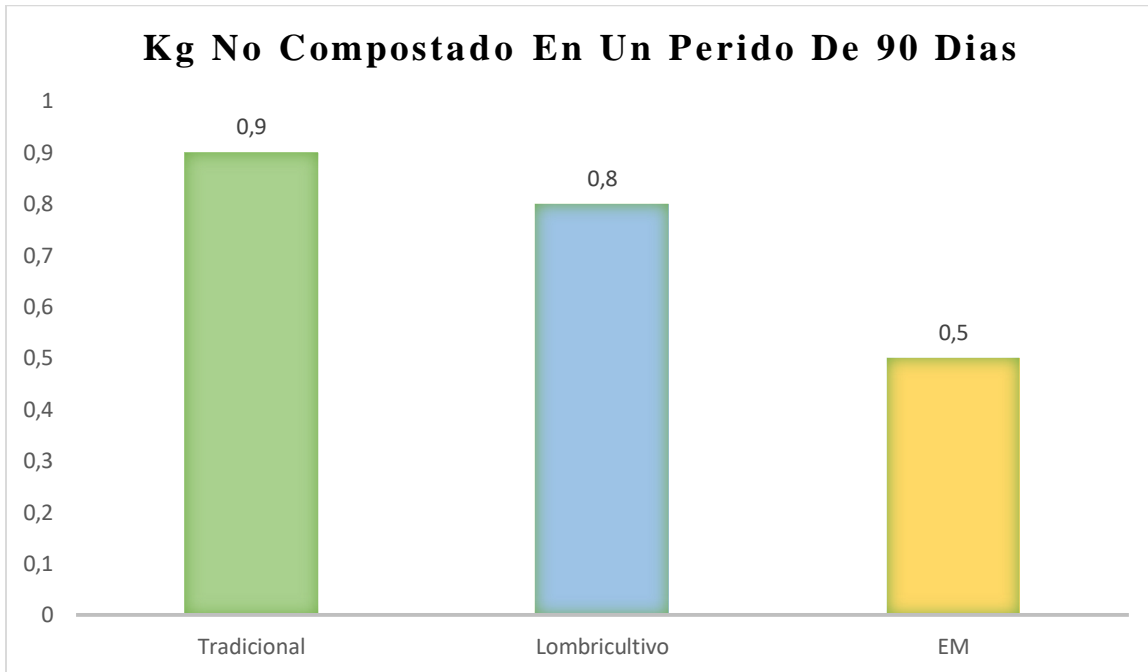


Figura 38. Porcentajes de la Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección

Fuente: Autor (2019)

Cabe resaltar que en cada reactor, se depositaron 22,8 Kg de RSO despues de un proceso de eliminacion de excesos de humedad, para asi al finalizar el proceso de compostacion de cada modelo se obtuvieron en el modelo tradicional 5.4 Kg con 12.3 % de material no compostado, compostaje por lombricultivo un total de 7.4 Kg y un 8.6% de RSO no compostado y por ultimo del reactor de los Microorganismos Eficientes se logro obtener 5.8 Kg con un 6.8% de RSO que no logro ser compostado.



Figura 39. Resultado final modelo Lombricultivo.
Fuente: Autor (2019)



Figura 40. Resultado final modelo Tradicional.
Fuente: Autor (2019)



Figura 41. Resultado final modelo EM.
Fuente: Autor (2019)

Entre los RSO identificados que no completaron el proceso de degradación, tenemos los siguientes:

- **Semillas:** entre las cuales encontramos las semillas de mango, en la que su pericarpio es bastante dura y gruesa, en las cuales se encontraron residuos de gran tamaño de dichas semillas, por otro lado se encontraron semillas de la fruta de guanabana, la cual se encontraba en perfecto estado y no presentó degradación en ningún modelo de compostaje.
- **Tusas de maíz:** en el proceso de cernido de los modelos de compostaje un común denominador, fue hallar fragmentos de tusas de maíz las cuales no completaron en algunos casos su compostación total, esto debido al grosor de alguno de estos residuos.

4.4. Parametros de seguimiento semanales

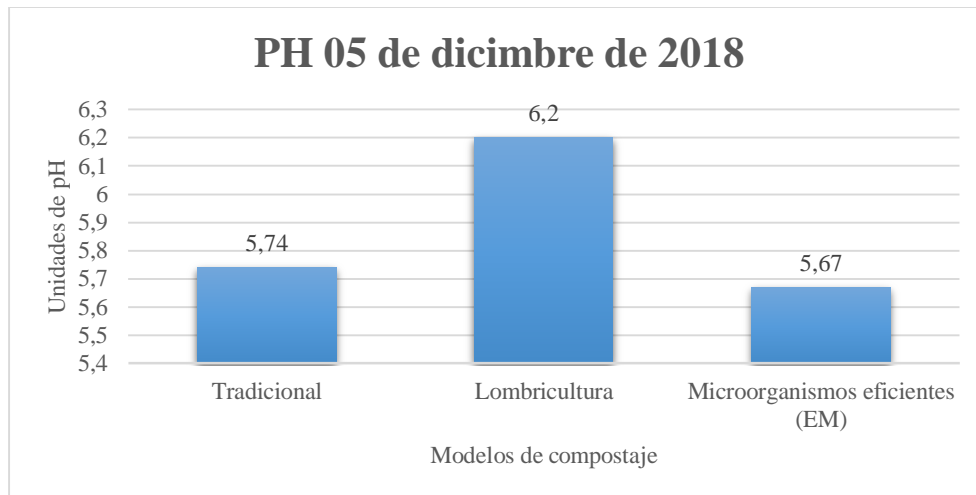


Figura 42. Seguimiento pH día 05 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la primera semana de siembra del compostaje, el pH en los reactores de compostaje tradicional y EM se acidificó por la formación de ácidos orgánicos, en el reactor del lombricultivo, la tendencia de esta primera semana fue neutral.

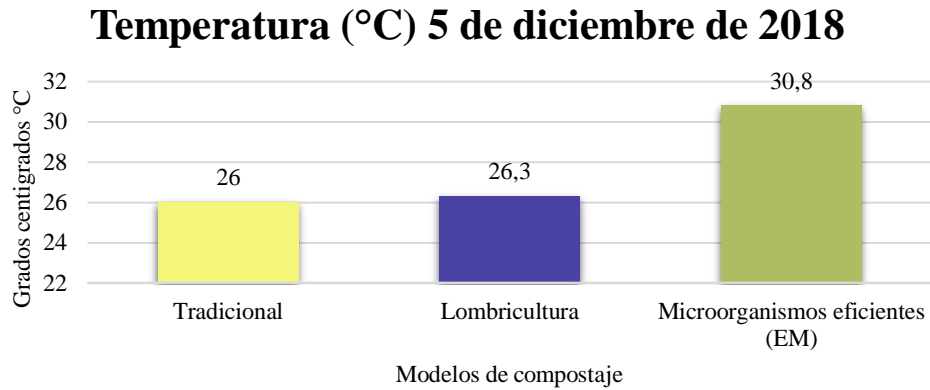


Figura 43. Seguimiento temperatura día 05 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

La temperatura registrada, tuvo un incremento significativo en el reactor de los EM, en el cual su temperatura se elevó hasta los 30.8 °C, por el contrario, los reactores tradicional y lombricultivo, presentaron una temperatura mínima.

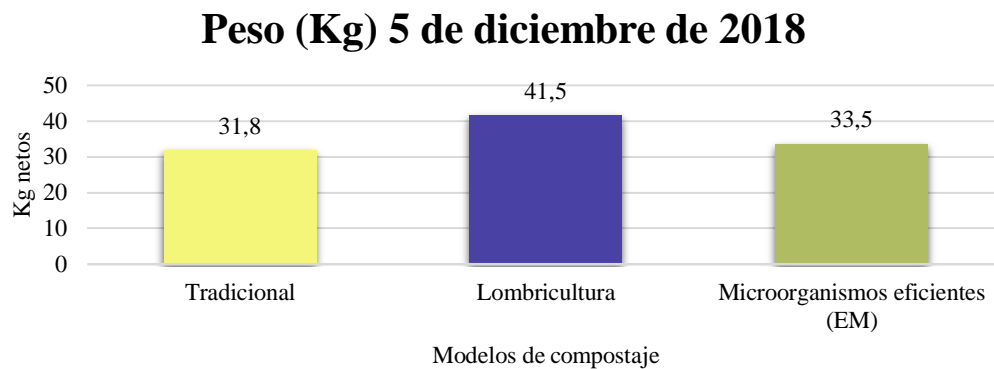


Figura 44. Seguimiento peso día 05 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 44, se observa la reducción del peso en Kg de cada uno de los reactores, la cual presentó una disminución de 3,2 Kg en el tradicional, 3,3 Kg en el lombricultivo y 3,2 Kg en el reactor de los EM.

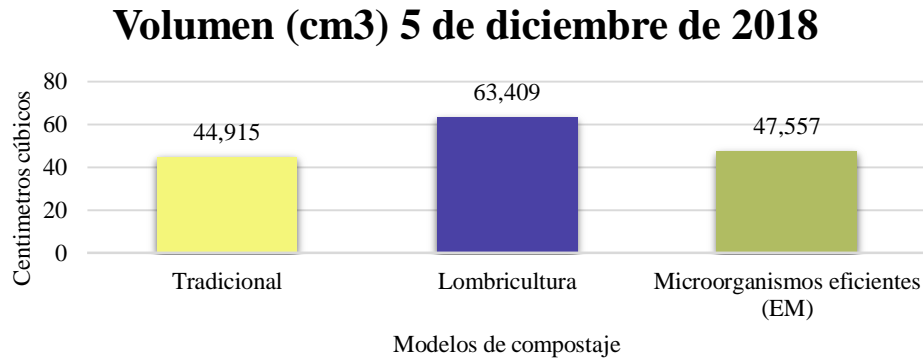


Figura 45. Seguimiento volumen día 05 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

La reducción en el volumen inicial frente a la evaluación de la primera semana de siembra, se determinó por el contenido de humedad de los RSO compostados en cada uno de los reactores, disminuyendo significativamente su volumen.

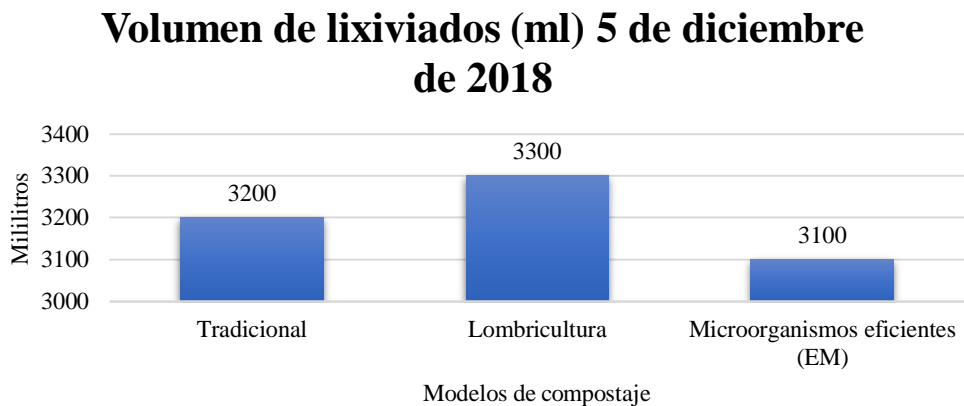


Figura 46. Seguimiento generación de lixiviados día 05 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la primera semana de observación y extracción de lixiviados, se determinó los volúmenes de lixiviados de cada reactor, obteniendo un gran volumen de lixiviados provenientes de la reducción de la humedad de los RSO, en el cual se obtuvo más de 3000 mL de lixivios por reactor.

Tabla 18. Seguimiento olor día 05 de diciembre del 2018

Olor	Tradicional Lombricultura Microorganismos eficientes (EM)		
	Fuerte	Bajo	Moderado

Fuente: Autor (2019)

Referente al olor en la primera semana, se determinó que el reactor del compostaje tradicional presentaba un olor mucho más fuerte que los demás reactores, esto debido a que en los reactores de lombricultivo y EM, se tenía organismos descomponedores trabajando en la descomposición del RSO.

Tabla 19. Seguimiento textura día 05 de diciembre del 2018.

Textura	Tradicional Lombricultura Microorganismos eficientes (EM)		
	Áspera	Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

No se registraron cambios significativos respecto a la textura de los RSO en los tres reactores evaluados.

Tabla 20. Seguimiento color día 12 de diciembre del 2018.

Color	Tradicional Lombricultura Microorganismos eficientes (EM)		
	Marrón	Marrón	Marrón

Fuente: Autor (2019)

Se presenta una coloración marrón en cada uno de los tres reactores, a causa de la pérdida de humedad de los RSO.

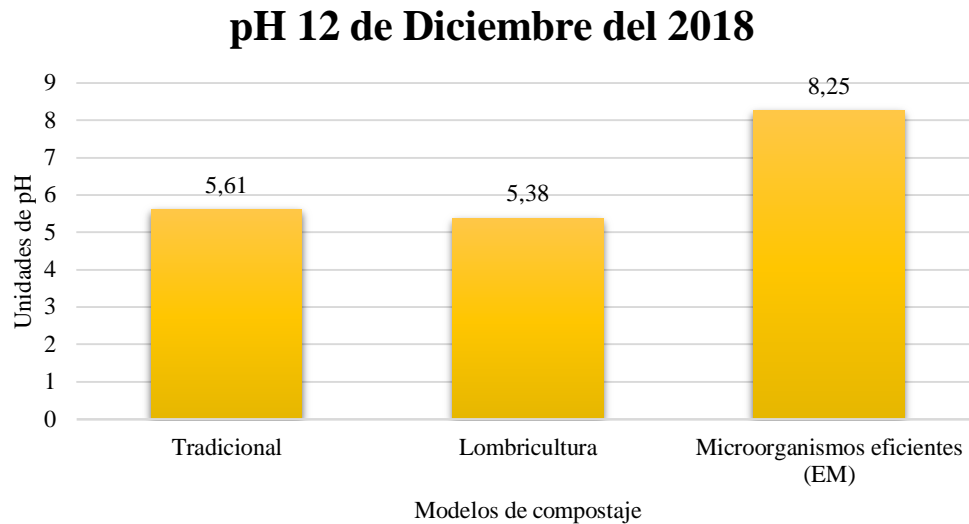


Figura 47. Seguimiento pH día 12 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

Se evidencio que, para la segunda semana de siembra de los compostajes, en el reactor de los EM, presento un pH alcalino frente a los reactores de tradicional y lombricultivo, los cuales permanecieron con tendencia a la acidificación.

Temperatura (°C) 12 de diciembre de 2018

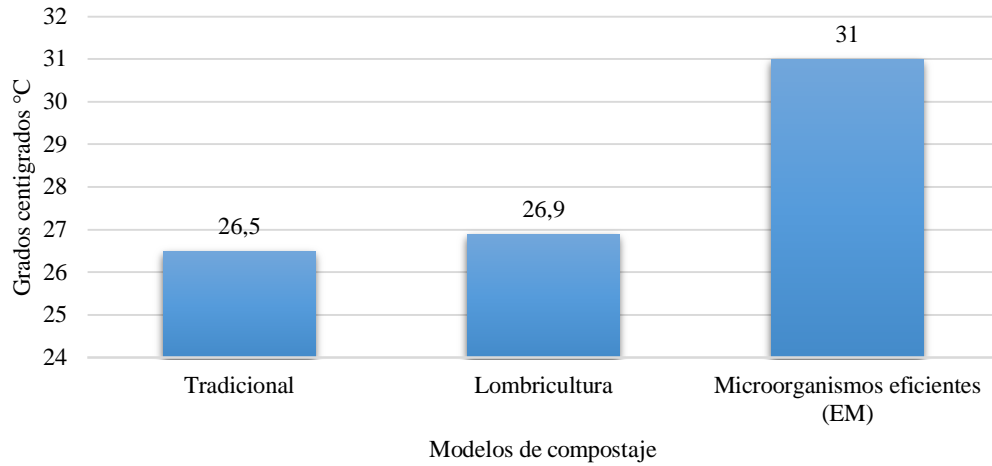


Figura 48. Seguimiento temperatura día 12 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

Se presenta la etapa mesotérmica dentro del compostaje en cada uno de los reactores, para el cual los EM, cumplen su función de acelerar el proceso, superando por más de 4°C los demás reactores.

Peso (Kg) 12 de diciembre de 2018

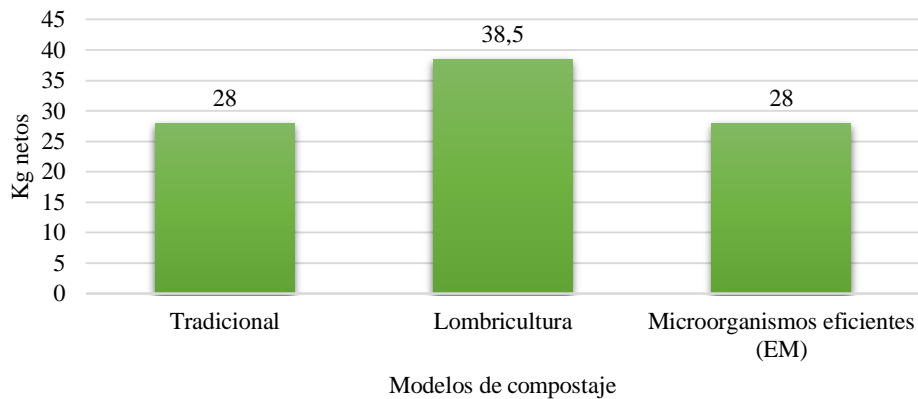


Figura 49. Seguimiento peso día 12 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

Se evidencia una reducción en el peso en Kg de RSO compostado en cada uno de los reactores, lo cual se determina por el volumen y el contenido de humedad de los procesos de compostaje.

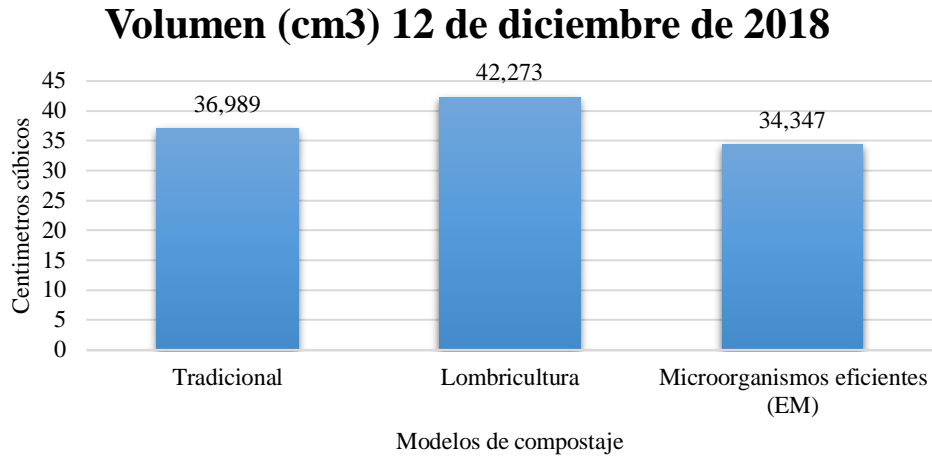


Figura 50. Seguimiento volumen día 12 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

Se evidencia una mayor reducción de volumen de RSO en el reactor de los EM, seguido del reactor de compostaje tradicional y por último el reactor del lombricultivo, presenta una menor reducción en cuanto a su volumen frente a la semana anterior.

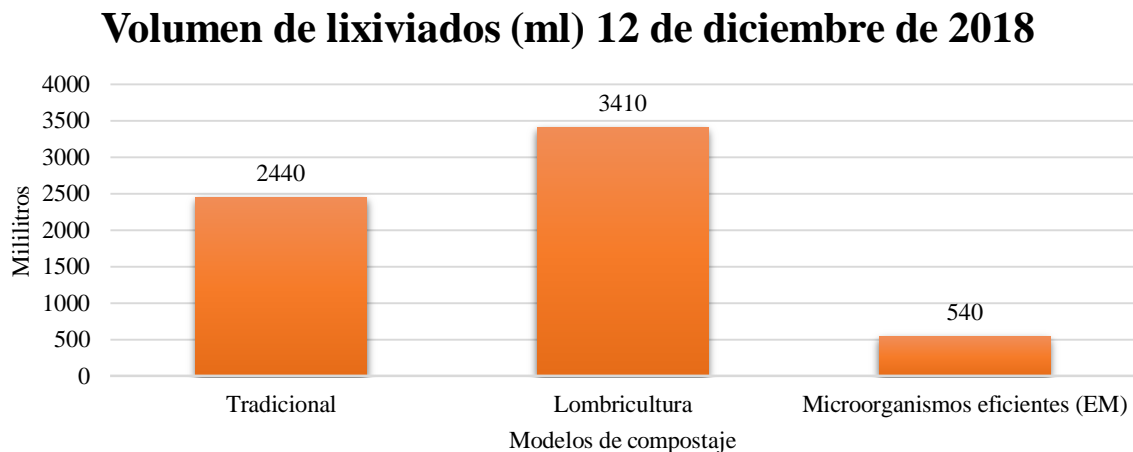


Figura 51. Seguimiento generación de lixiviados día 12 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

Se registró una reducción muy amplia en la generación de lixiviados del reactor de los EM, frente a la semana anterior, además en reactor del lombricultivo tuvo un aumento de 110 mL de lixiviados, esto debido a la generación de humus líquido. Por último, el reactor de compostaje tradicional presento también una reducción en cuanto a la generación de lixiviados.

Tabla 21. Seguimiento olor día 12 de diciembre del 2018.

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Moderado	Moderado

Fuente: Autor (2019)

Referente al olor generado, se presentó una baja concentración en el reactor de los EM, ya que dichos organismos evitan la generación de olores fuertes, por otro lado, el reactor tradicional y lombricultivo disminuyeron la generación de olores fuertes.

Tabla 22. Seguimiento textura día 12 de diciembre del 2018.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

No se registraron cambios significativos respecto a la textura de los RSO en los tres reactores evaluados durante la segunda semana.

Tabla 23. Seguimiento color día 12 de diciembre del 2018.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón	Marrón

Fuente: Autor (2019)

No se registraron cambio significativo respecto al color, continuo de la misma tonalidad a la semana anterior.

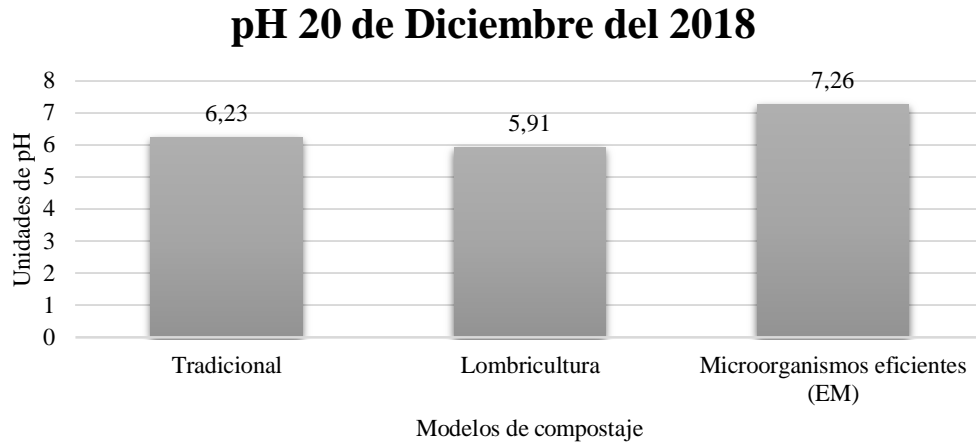


Figura 52. Seguimiento pH día 20 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 52, el parámetro de pH se evidencia que, en el reactor de los EM, presenta un índice con tendencia alcalino, respecto a los dos reactores restantes, los cuales están en un rango de neutralidad.

Tabla 24. Seguimiento temperatura día 20 de diciembre del 2018.

	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
Temperatura (°C)	27,2	25,9	27,8

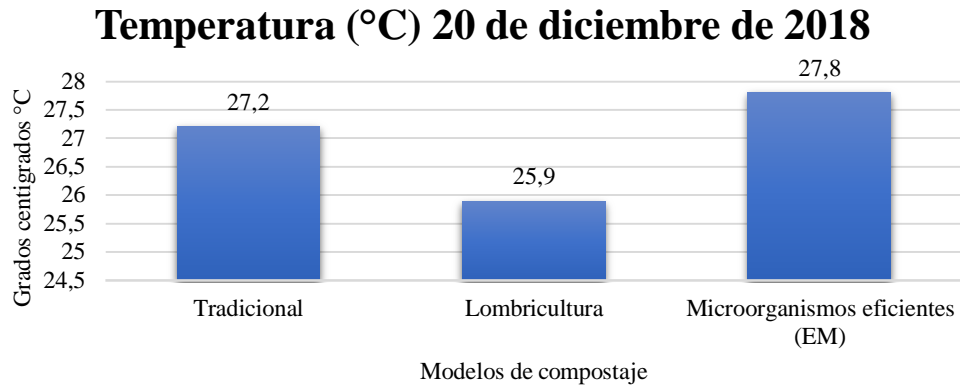


Figura 53. Seguimiento temperatura día 20 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la gráfica que representa la temperatura, se observa que el reactor de los EM, presenta la temperatura más alta al encontrarse aun en etapa mesotérmica, el reactor del lombricultivo su temperatura es mucho más baja, por el contrario el reactor de compostaje tradicional se obtuvo una temperatura media entre los tres reactores.

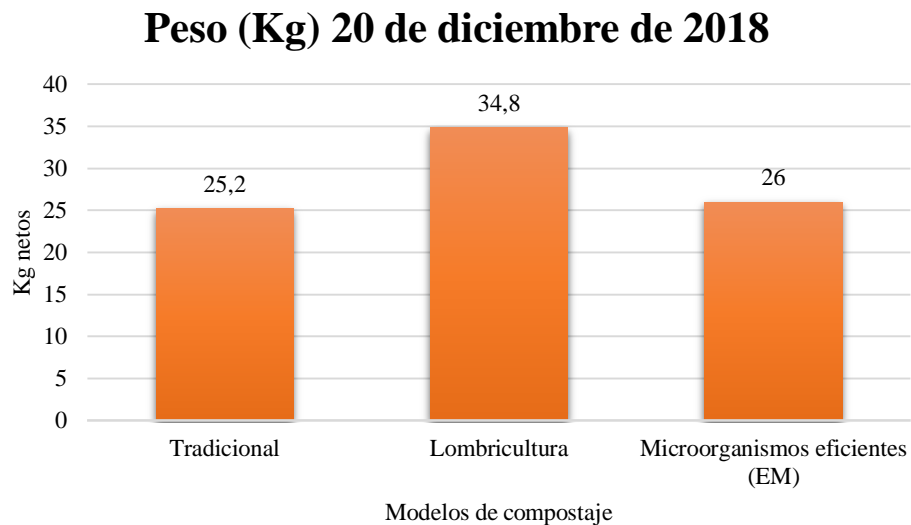


Figura 54. Seguimiento peso día 20 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 54, se observa la evaluación de la tercera semana, el peso disminuye frente a la pérdida de humedad de los reactores y homogenización de los RSO en cada reactor.

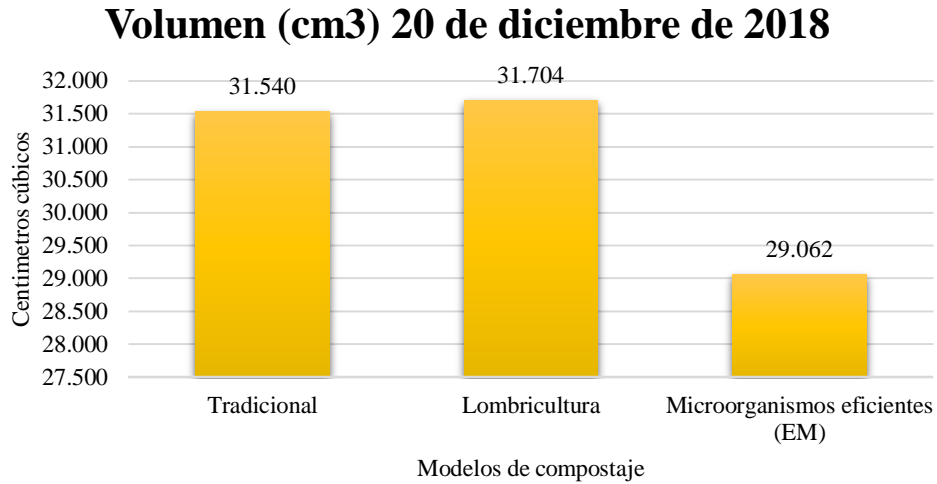


Figura 55. Seguimiento volumen día 20 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la gráfica se observa una reducción significativa en el volumen de los RSO del reactor de los EM, lo cual por evidencia el trabajo realizado por los diferentes microorganismos descomponedores. Por otro lado, los reactores de compostaje tradicional y lombricultivo, se mantuvieron con una reducción mínima en su volumen.

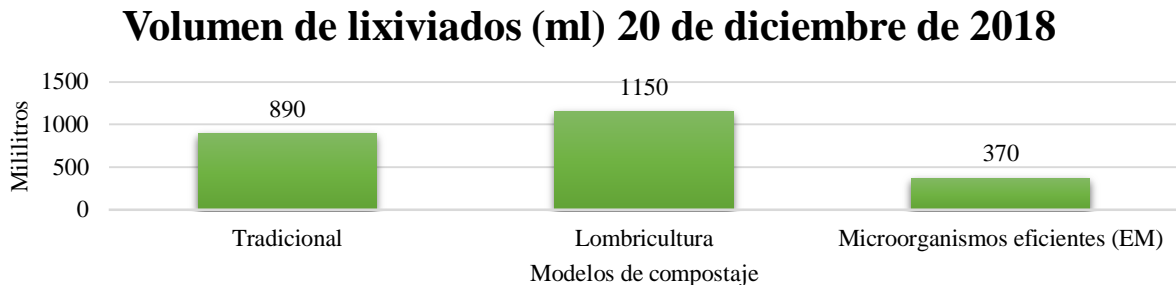


Figura 56. Seguimiento generación de lixiviados día 20 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

Frente a la generación de lixiviados, se evidencio una amplia reducción en los lixiviados del reactor de los EM, comparado con los demás reactores los cuales presentaron una disminución frente a la semana anterior, lo cual es favorable para la generación del compostaje.

Tabla 25. Seguimiento olor día 20 de diciembre del 2018.

Olor	Tradicional Lombricultura Microorganismos eficientes (EM)		
		Moderado	Moderado

Fuente: Autor (2019)

En la evaluación del olor generado por los reactores, los EM, cumplen su función de reducir notablemente la generación de olores, por otro lado, el reactor de compostaje tradicional y lombricultivo presenta un olor característico a residuos en descomposición.

Tabla 26. Seguimiento textura día 20 de diciembre del 2018.

Textura	Tradicional Lombricultura Microorganismos eficientes (EM)		
		Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

No se evidencian cambios significativos frente a la textura de los RSO Compostados en los tres reactores.

Tabla 27. Seguimiento color día 20 de diciembre del 2018.

Color	Tradicional Lombricultura Microorganismos eficientes (EM)		
		Marrón	Marrón

Fuente: Autor (2019)

No se evidencian cambios en la coloración de los RSO en la tercera semana.

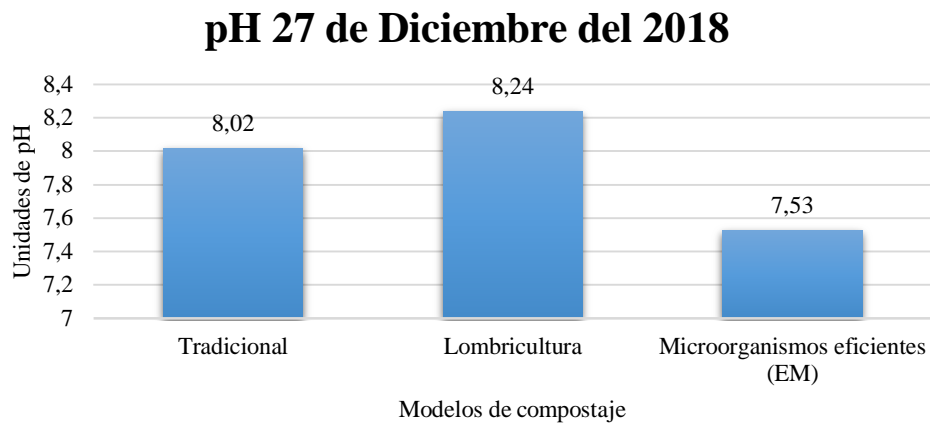


Figura 57. Seguimiento pH día 27 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la gráfica, se representa la caída en el pH del reactor de los EM, estableciendo un rango de neutralidad, por otro lado, los demás reactores tuvieron un aumento en el pH referente a la semana anterior.

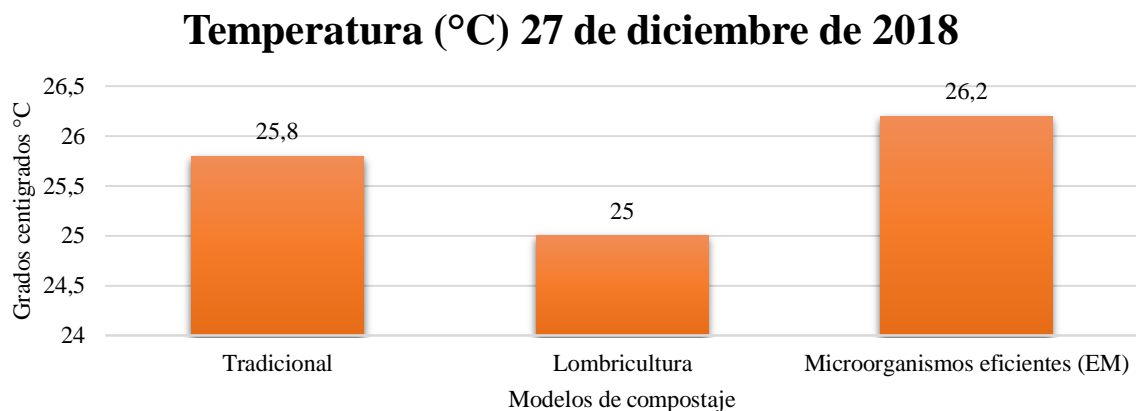


Figura 58. Seguimiento temperatura día 27 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la cuarta semana, la temperatura registrada en cada uno de los reactores, tuvieron una reducción mínima en los °C, sin embargo, el reactor de los EM, sigue presentando la temperatura más alta de los tres modelos.

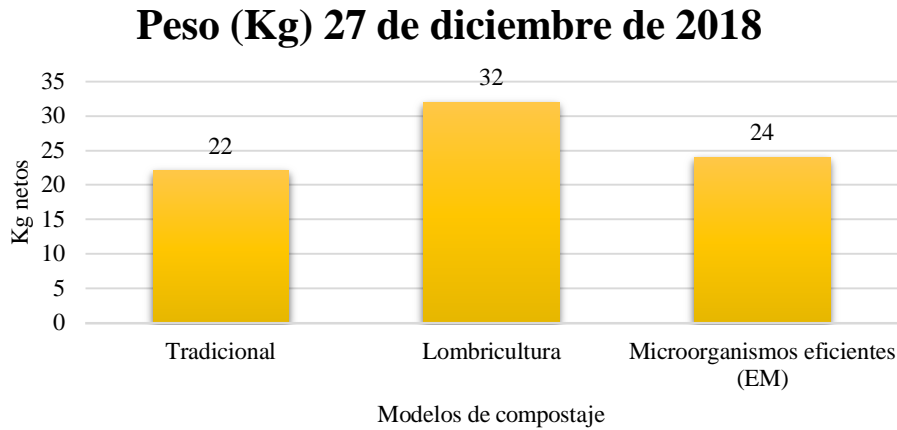


Figura 59. Seguimiento peso día 27 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

El peso en Kg de cada reactor, tuvo una reducción significativa, frente a la semana anterior, esto debido a la reducción en los lixiviados y la pérdida de humedad de los RSO Compostados.

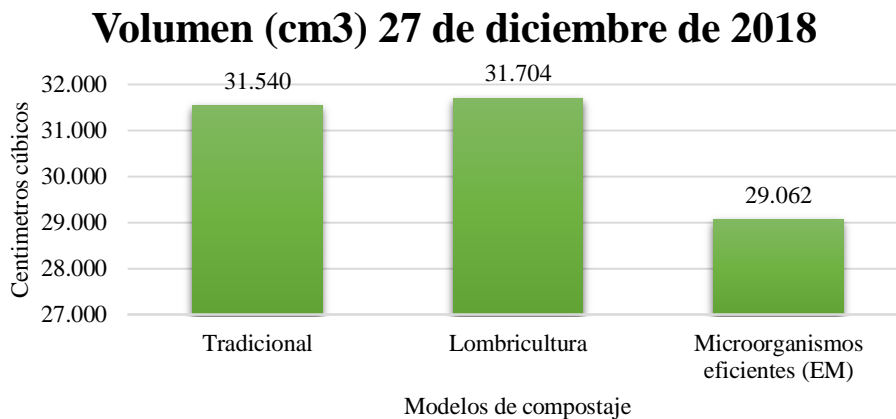


Figura 60. Seguimiento volumen día 27 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En esta gráfica, se observa la reducción avanzada del volumen de RSO Compostados en el reactor de los EM, mientras que los demás reactores, presentaron una disminución menor en el volumen frente a la semana anterior.

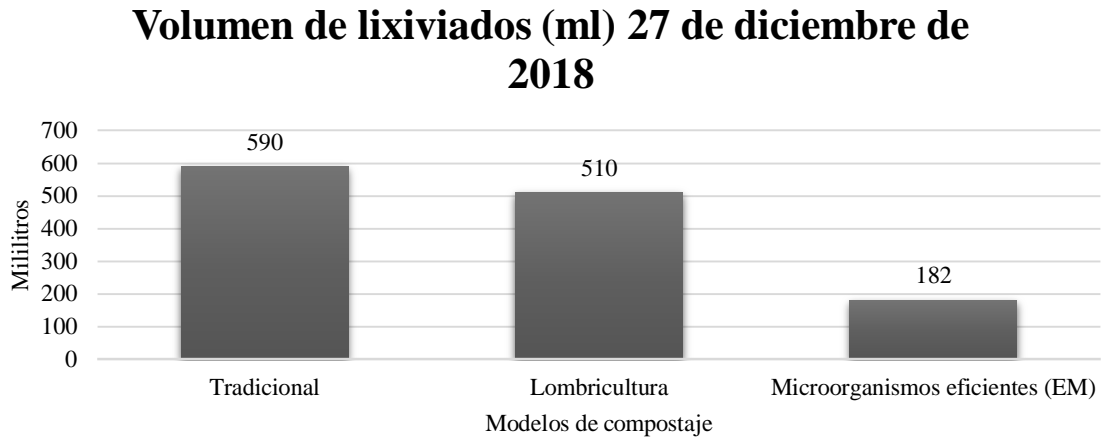


Figura 61. Seguimiento generación de lixiviados día 27 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 61, se registra la extracción semanal de los lixiviados de cada reactor, en el cual el de los EM, presenta una menor generación de lixiviados frente a los demás reactores los cuales redujeron los lixiviados con respecto a la semana anterior.

Tabla 28. Seguimiento olor día 27 de diciembre del 2018.

	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
Olor	Moderado	Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

Para esta semana de observación, el olor fue bajo en los reactores de EM y Lombricultivo, por el contrario en el Tradicional el olor aún estaba muy presente.

Tabla 29. Seguimiento textura día 27 de diciembre del 2018.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

No se evidencian cambios significativos en la textura de los RSO Compostados en cada uno de los reactores.

Tabla 30. Seguimiento color día 27 de diciembre del 2018.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón	Marrón oscuro

Fuente: Autor (2019)

El color de los RSO Compostados en cada uno de los reactores es el mismo, presentando una tonalidad marrón y un poco más oscura en el reactor de la lombricultura.

pH 4 de enero de 2019

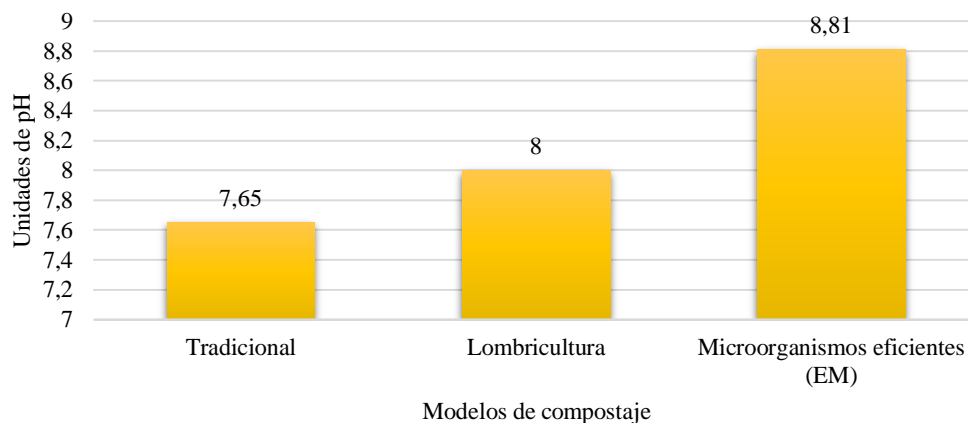


Figura 62. Seguimiento de pH el día 27 de diciembre del 2018.

Fuente: Autor (2019)

La gráfica refleja los cambios de pH registrados, en el cual tuvo una variación respecto a la semana anterior, evidenciando un gran incremento en el reactor de los EM, siendo un pH alcalino, en cuanto a los reactores de lombricultura y tradicional, se evidenció una reducción en su pH.

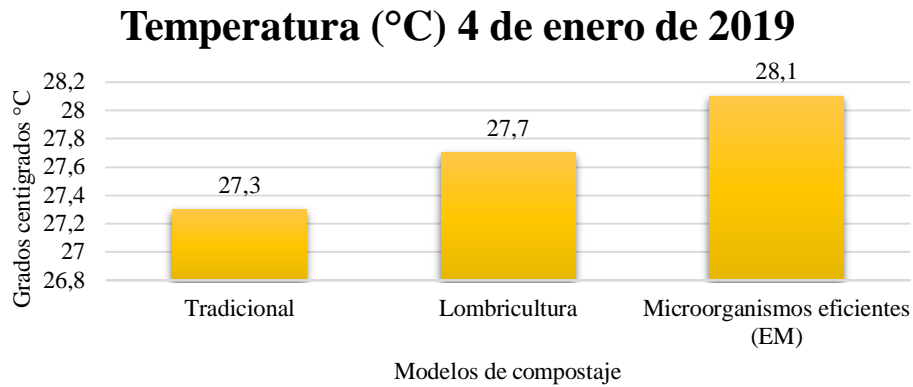


Figura 63. Seguimiento temperatura día 04 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

En la figura 63, se observa un aumento en la temperatura de los reactores frente a los datos registrados en la semana anterior, por otra parte, continua el reactor de los EM siendo quien presenta una mayor temperatura de compostaje.

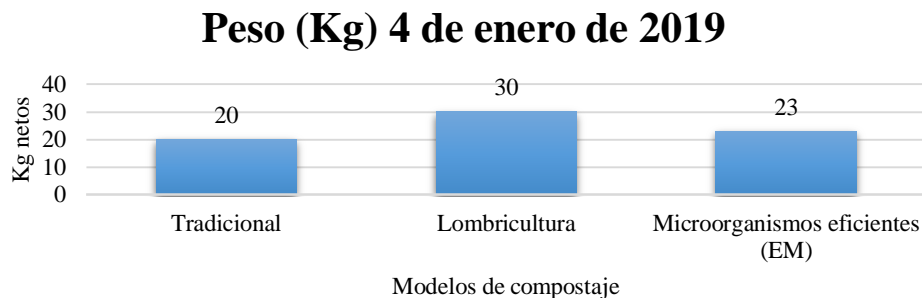


Figura 64. Seguimiento peso día 04 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se observa en la gráfica una reducción de 2 Kg en los reactores de compostaje tradicional y lombricultivo, mientras que, en el reactor de los EM, su reducción fue de 1 Kg.

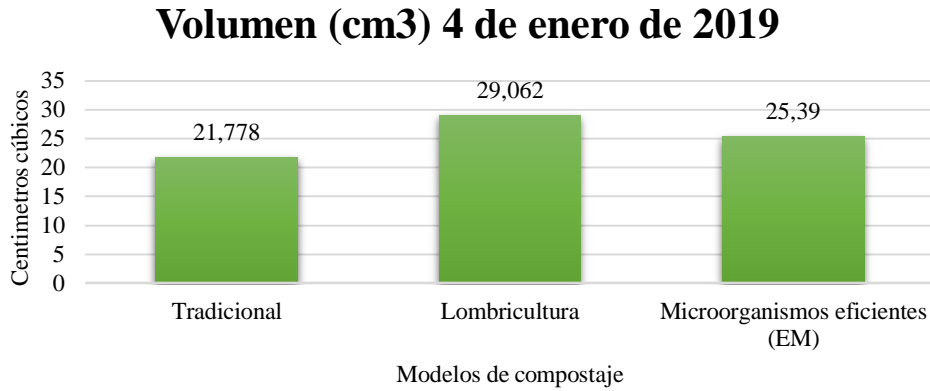


Figura 65. Seguimiento volumen día 04 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

La reducción en el volumen de los RSO se calculó por la altura de los residuos en cada uno de los reactores, teniendo en cuenta que el reactor del compostaje tradicional, presento el volumen más bajo de los tres.

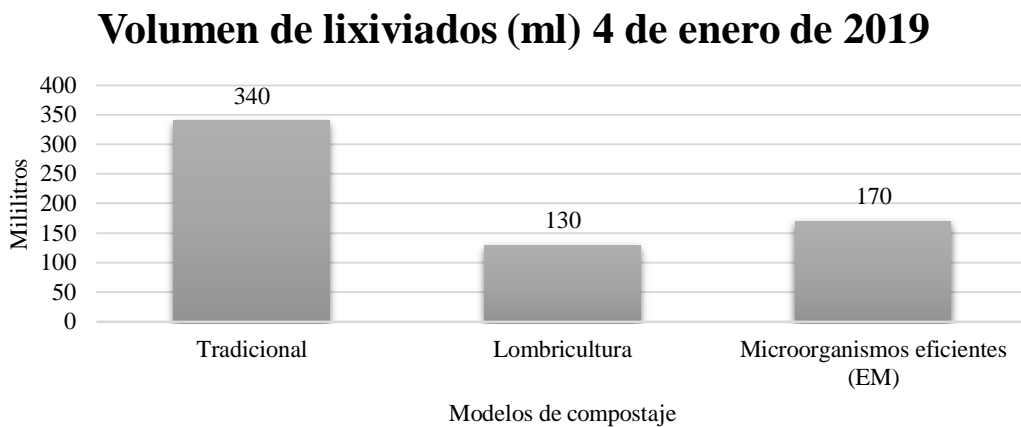


Figura 66. Seguimiento generación de lixiviados día 04 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Los lixiviados generados por cada reactor están determinados por el volumen de los RSO y el contenido de humedad, en el cual se contó con una reducción en la cantidad de lixiviado, teniendo en cuenta que el reactor del lombricultivo presento la menor cantidad de lixiviados seguido de los EM y posteriormente del reactor tradicional.

Tabla 31. *Seguimiento olor día 04 de enero del 2019.*

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

Dentro de las características organolépticas evaluadas, la compostación de los RSO en cada reactor tuvo un olor bajo.

Tabla 32. *Seguimiento textura día 04 de enero del 2019.*

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

En la característica de la textura, no hubo cambios significativos presentando una textura áspera al tacto en cada uno de los reactores implementados.

Tabla 33. *Seguimiento color día 04 de enero del 2019.*

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón oscuro	Marrón oscuro

Fuente: Autor (2019)

En esta semana de observación, se registró una tonalidad marrón oscura en cada uno de los reactores establecidos.

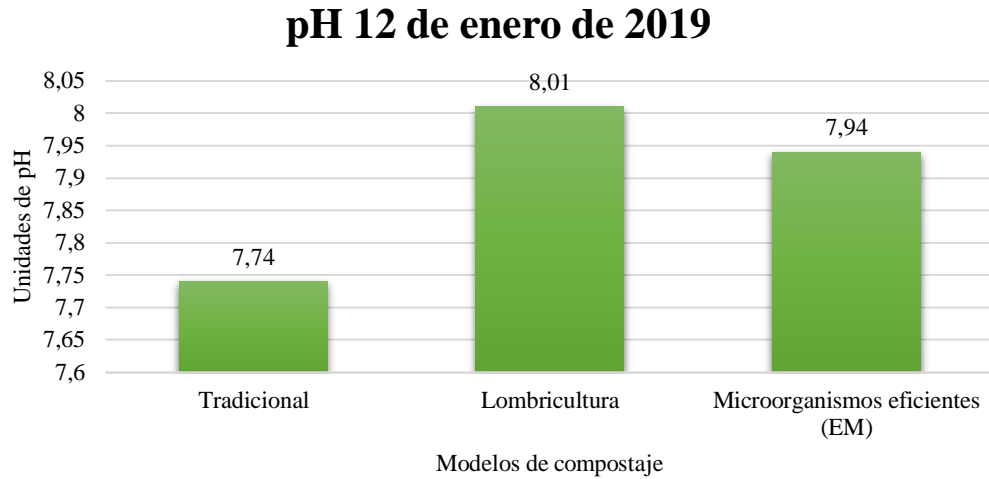


Figura 67. Seguimiento pH día 12 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se observa en la gráfica una reducción en el pH del reactor de los EM, frente a la semana anterior y un aumento mínimo en los reactores restantes.

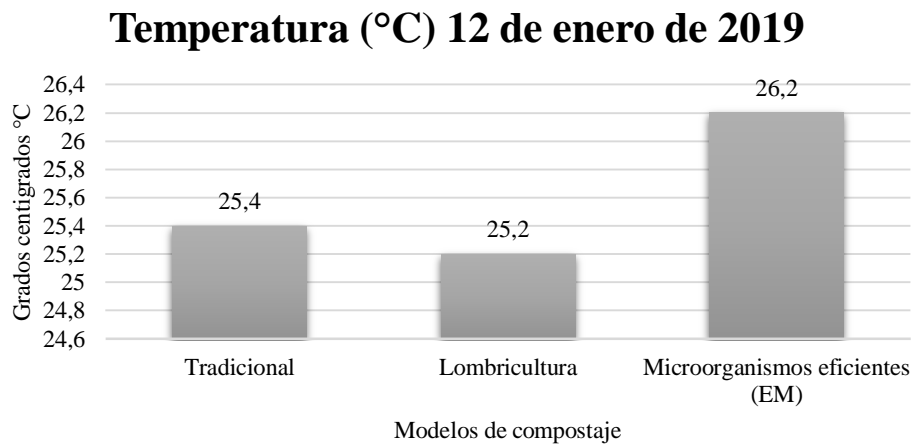


Figura 68. Seguimiento temperatura día 12 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

En la gráfica se representa la temperatura obtenida en relación a la semana anterior en la cual en los tres reactores se presentó una caída de temperatura.

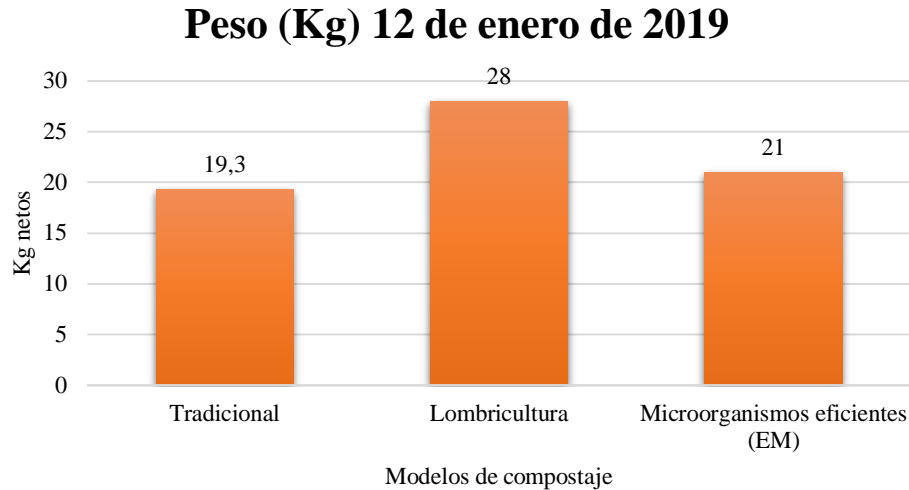


Figura 69. Seguimiento peso día 12 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El peso de los RSO compostados en los tres reactores, presentaron una disminución en sus Kg, siendo el reactor del compostaje tradicional quien presenta un menor peso comparado con los otros dos reactores, los cuales presentaron una menor reducción en su peso.

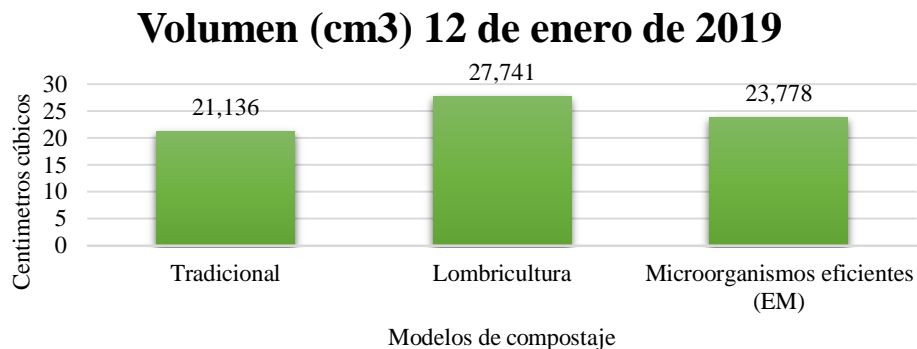


Figura 70. Seguimiento volumen día 12 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

En la gráfica, se observa un menor volumen del reactor del compostaje tradicional, seguido del reactor EM y por ultimo con un mayor volumen de RSO compostados está el reactor de lombricultivo.

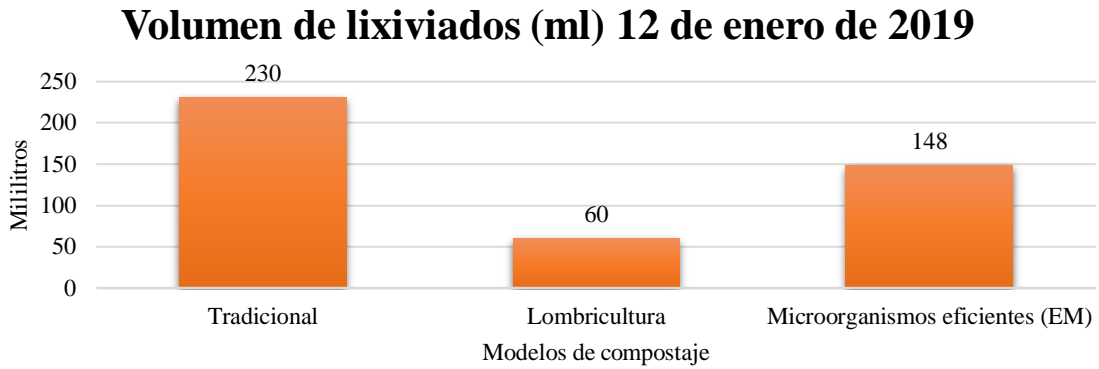


Figura 71. Seguimiento generación de lixiviados día 12 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

En la generación de lixiviados, en esta etapa de compostaje de los RSO en cada uno de los reactores fue cada vez menor, en el cual quien tuvo menor generación de lixiviados fue el reactor del lombricultivo, seguido de los EM y por último el reactor de compostaje tradicional.

Tabla 34. Seguimiento olor día 12 de enero del 2019.

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

Los RSO compostados presentaron una tendencia a la baja en generación de olores, lo cual indica un estado adecuado en la generación de compostaje.

Tabla 35. Seguimiento textura día 12 de enero del 2019.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

Referente a la textura, no se observaron cambios notables en el tacto realizado a los RSO, siendo aún ásperos.

Tabla 36. Seguimiento color día 12 de enero del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón oscuro	Marrón oscuro

Fuente: Autor (2019)

Referente al color de los RSO en cada uno de los reactores, estos presentaron la misma tonalidad de marrón oscuro, prosiguiendo con el mismo patrón de color de las semanas anteriores.

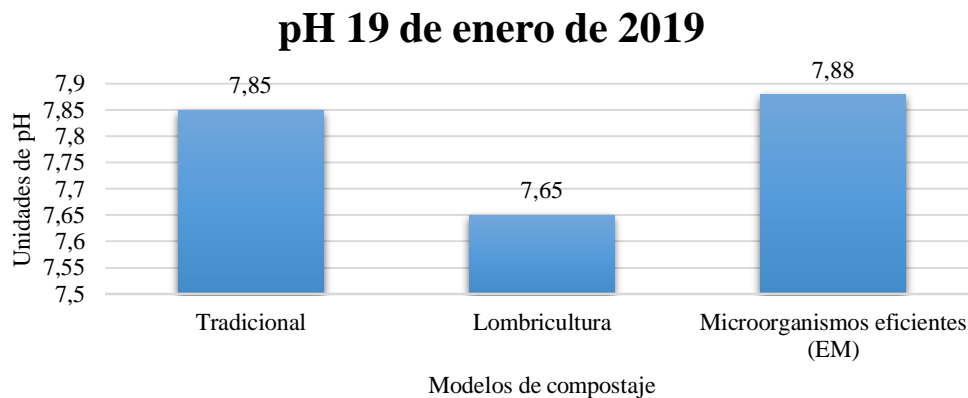


Figura 72. Seguimiento pH día 19 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El pH registrado en esta semana de seguimiento, presento una variación mínima, respecto a la semana anterior, estos pH presentan un poco las características alcalinas de las muestras compostada.

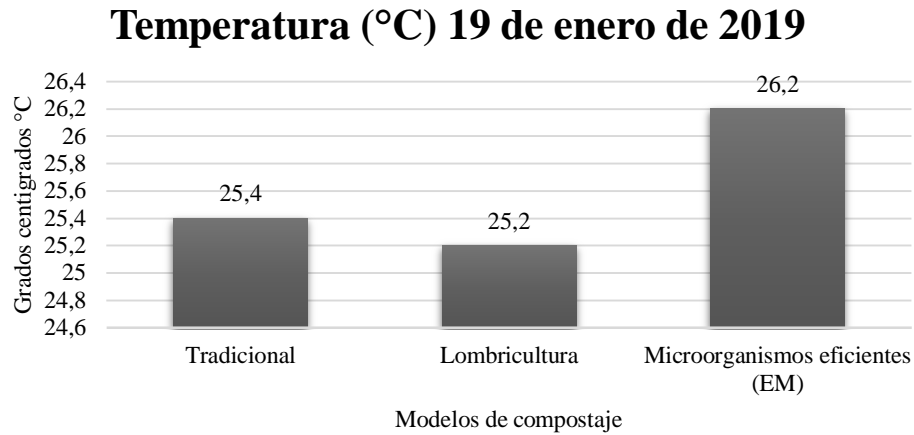


Figura 73. Seguimiento temperatura día 19 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se evidencia un incremento en la temperatura del reactor de los EM, con respecto a la semana anterior, en comparación con los demás reactores, sigue siendo los EM, los cuales, por sus características propias de descomposición, generar altas temperaturas.

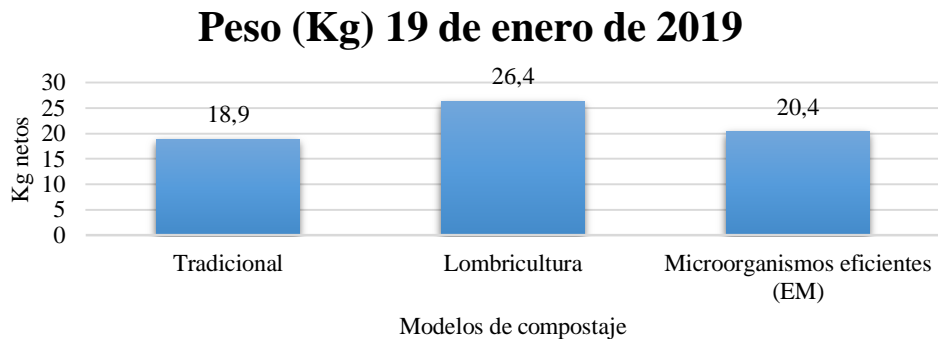


Figura 74. Seguimiento peso día 19 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El peso establecido en cada uno de los tres reactores, tuvo una disminución porcentual frente al peso total establecido en cada reactor.

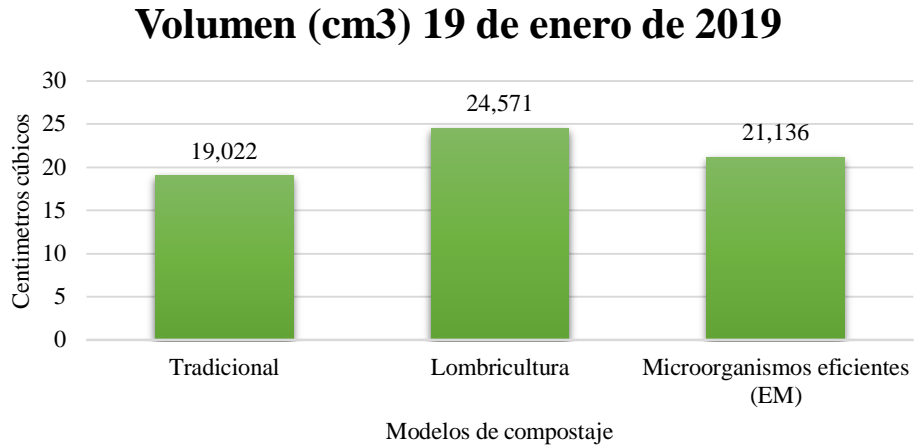


Figura 75. Seguimiento volumen día 19 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El cálculo de volumen establecido para esta semana de seguimiento, presento una disminución relativa en cada uno de los reactores de los modelos de compostaje, esto debido a los procesos idóneos de compostaje y homogenización de las muestras.

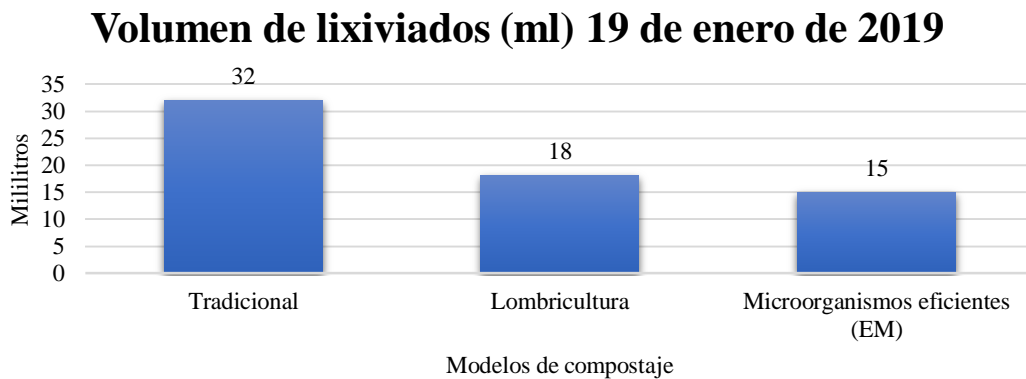


Figura 76. Seguimiento generación de lixiviados día 19 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

La generación de lixiviados se redujo significativamente hasta esta semana de seguimiento desde el momento de siembra de los compostajes en cada modelo, se evidencio una mayor generación de lixiviados en el reactor de compostaje tradicional frente a los demás reactores.

Tabla 37. *Seguimiento olor día 19 de enero del 2019.*

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

La generación de olores en esta semana de seguimiento fue baja, ya que los RSO compostados presentan unas condiciones de maduración ideales, su aireación es secuencial y los valores de humedad son constantes.

Tabla 38. *Seguimiento textura día 19 de enero del 2019.*

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Áspera	Áspera

Fuente: Autor (2019)

La textura evidenciada en cada uno de los reactores continúa siendo áspera.

Tabla 39. *Seguimiento color día 19 de enero del 2019.*

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón oscuro	Marrón oscuro

Fuente: Autor (2019)

El color evidenciado en esta semana de seguimiento continúa siendo marrón oscuro.

pH 26 de enero de 2019

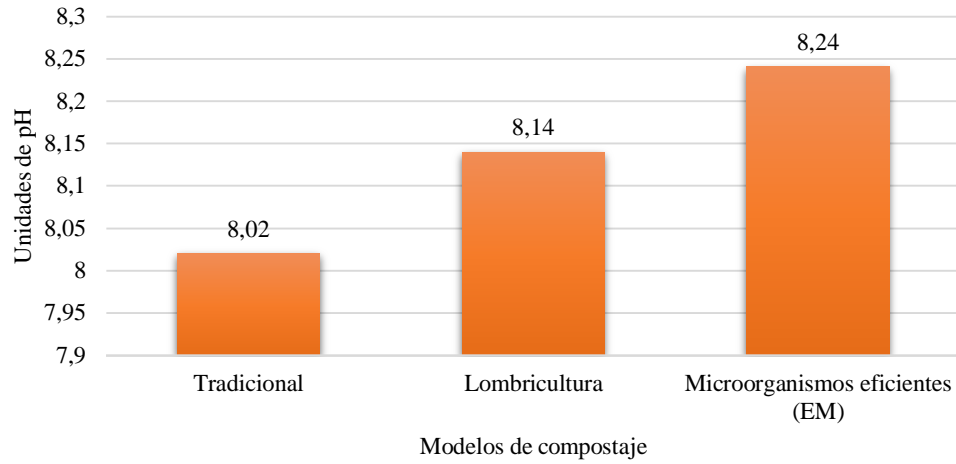


Figura 77. Seguimiento pH día 26 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se registra un aumento en el pH de cada uno de los reactores frente a la semana anterior, con una tendencia en el rango establecido en la fase termogénica del compostaje en cada reactor.

Temperatura (°C) 26 de enero de 2019

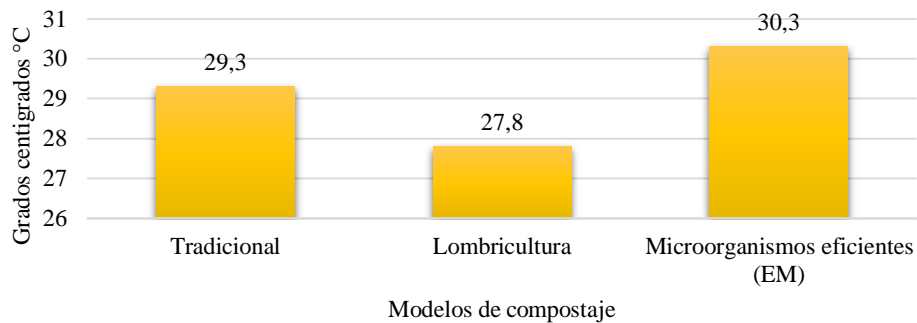


Figura 78. Seguimiento temperatura día 26 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se registró un incremento de la temperatura de cada reactor, esto generado a partir de los procesos de termogénicos en esta etapa de compostaje, se evidencia que el reactor de los EM presenta la temperatura más alta en el seguimiento semanal.

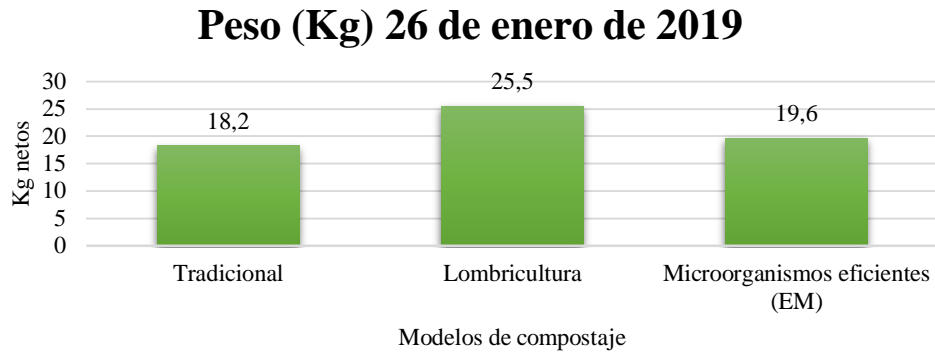


Figura 79. Seguimiento peso día 26 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se registró una reducción en el peso de cada reactor, esto ligado a la pérdida de humedad de las muestras, los tiempos de maduración y los procesos de homogenización de los RSO.

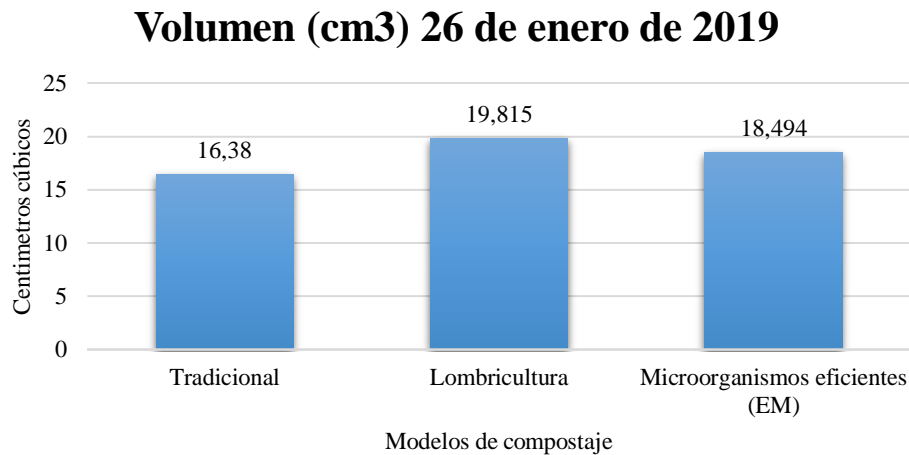


Figura 80. Seguimiento volumen día 26 de enero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El volumen y su reducción, está ligado a los procesos de generación de lixiviados y maduración de los compostajes, por ello se presenta una reducción en el volumen compostado en cada uno de los reactores.

Tabla 40. *Seguimiento generación de lixiviados día 26 de enero del 2019.*

Generación de lixiviados (ml)	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	0	0	0

Fuente: Autor (2019)

En esta semana de seguimiento, se redujo a cero la generación de lixiviados en cada uno de los reactores establecidos, sin embargo, las muestras compostadas presentaban cierta humedad.

Tabla 41. *Seguimiento olor día 26 de enero del 2019.*

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

El olor en cada uno de los reactores permaneció bajo.

Tabla 42. *Seguimiento textura día 26 de enero del 2019.*

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Blanda	Blanda	Blanda

Fuente: Autor (2019)

Se registró el cambio en la textura de los RSO compostados en cada uno de los reactores, en la cual, al tacto, aun se siente blanda los RSO procesados.

Tabla 43. Seguimiento color día 26 de enero del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro

Fuente: Autor (2019)

No se registraron cambios significativos en el color.

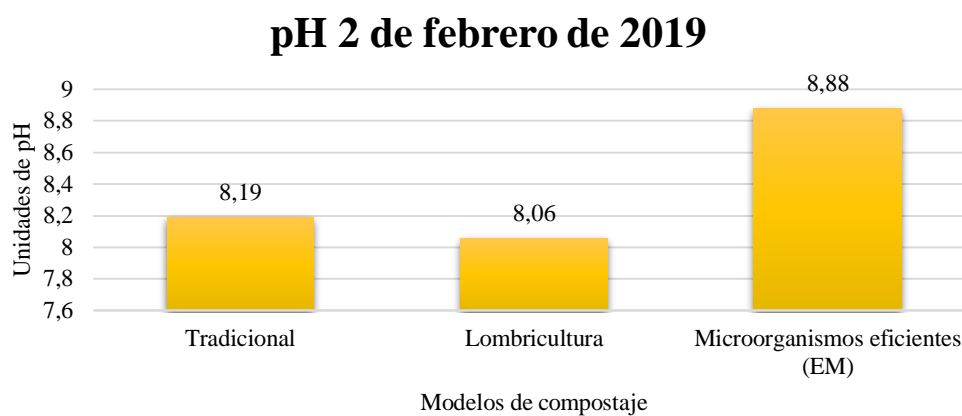


Figura 81. Seguimiento pH día 2 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se registró un aumento en el pH del reactor de los EM, con gran tendencia a la alcalinidad de la muestra compostada, frente a los demás reactores.

Temperatura (°C) 2 de febrero de 2019

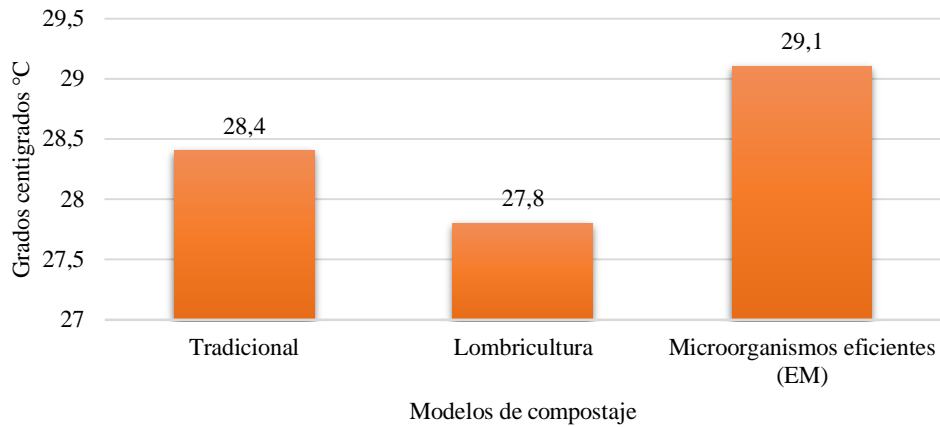


Figura 82. Seguimiento temperatura día 2 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

La temperatura, tuvo una reducción baja en el reactor de los EM y el compostaje tradicional, sin embargo, en el reactor de Lombricultura, se mantuvo en la temperatura respecto a la semana anterior.

Peso (Kg) 2 de febrero de 2019

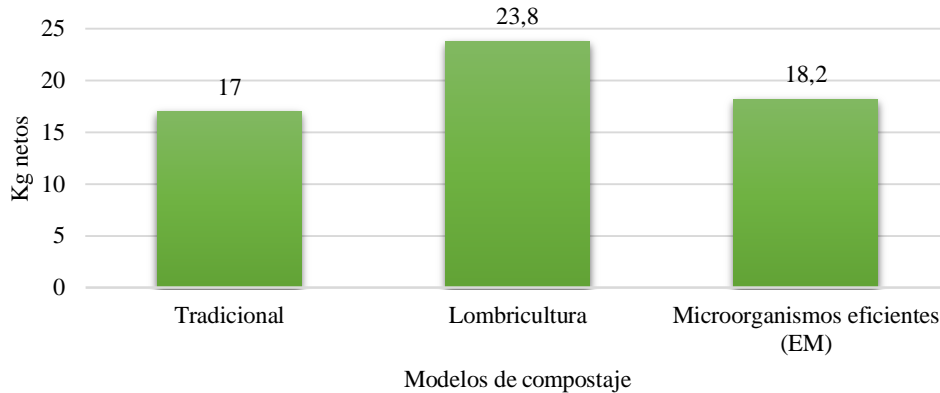


Figura 83. Seguimiento peso día 2 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El peso registrado, en esta semana de seguimiento, se redujo, iniciando así un proceso de estabilización de los RSO compostados.

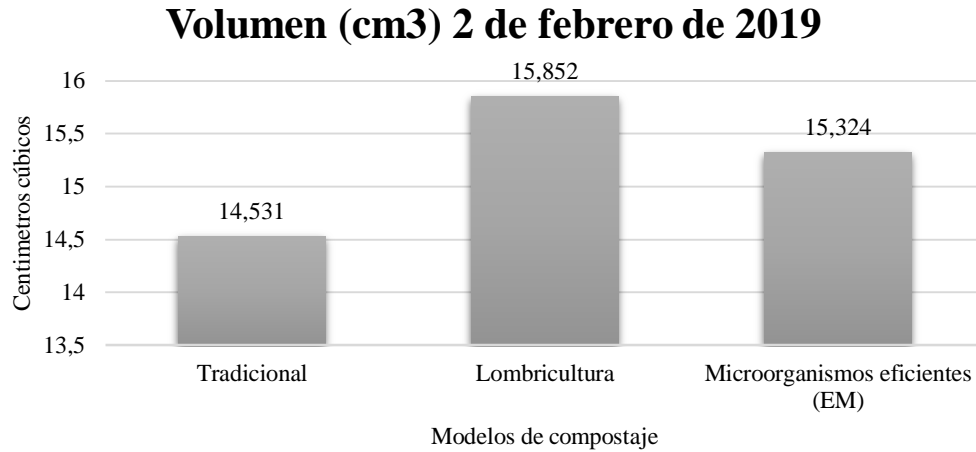


Figura 84. Seguimiento volumen día 2 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

En cuanto al volumen registrado, se observó una gran reducción del RSO compostado en cada uno de los reactores, esto a causa de la compactación menor de las muestras y la homogenización de las mismas.

Tabla 44. Seguimiento generación de lixiviados día 2 de febrero del 2019.

Generación de	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
lixiviados (ml)	0	0	0

Fuente: Autor (2019)

No se evidenció la generación de lixiviados en ninguno de los reactores establecidos.

Tabla 45. Seguimiento olor día 2 de febrero del 2019.

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

El olor en cada uno de los reactores continúa siendo bajo.

Tabla 46. Seguimiento textura día 2 de febrero del 2019.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Blanda	Blanda

Fuente: Autor (2019)

Se presenta una textura blanda al tacto en cada una de las muestras compostadas.

Tabla 47. Seguimiento color día 2 de febrero del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón oscuro	Marrón oscuro

Fuente: Autor (2019)

Se continuo con la misma tonalidad marrón oscuro en las muestras compostadas.

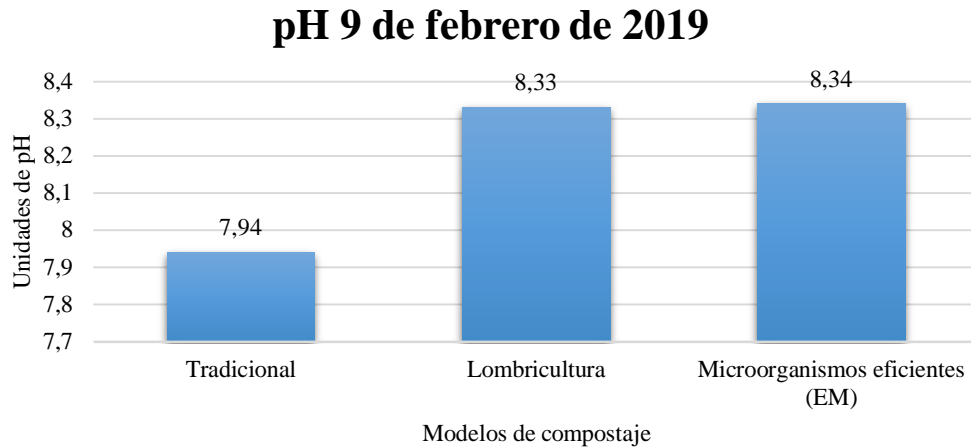


Figura 85. Seguimiento pH día 9 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se registró un aumento en el pH del reactor del lombricultivo frente a la semana anterior, con tendencia neutro – alcalino ente los dos reactores restantes.

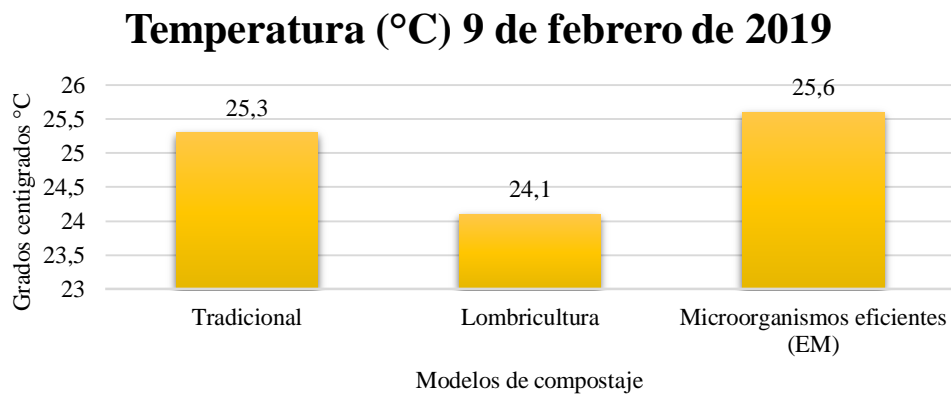


Figura 86. Seguimiento temperatura día 9 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se evidencio un descenso en la temperatura registrada en los tres reactores, en la cual la temperatura se redujo con el fin de estabilizar las muestras compostadas.

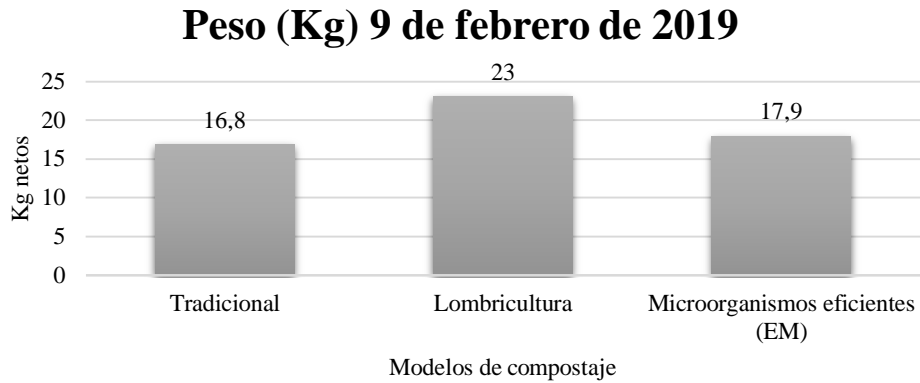


Figura 87. Seguimiento peso día 9 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El peso de cada reactor, tuvo una reducción mínima, el cual permite determinar las condiciones ideales del compostaje en cada modelo, lo cual presenta las características propias de cada forma en que se realizó el proceso de compostación de los RSO.

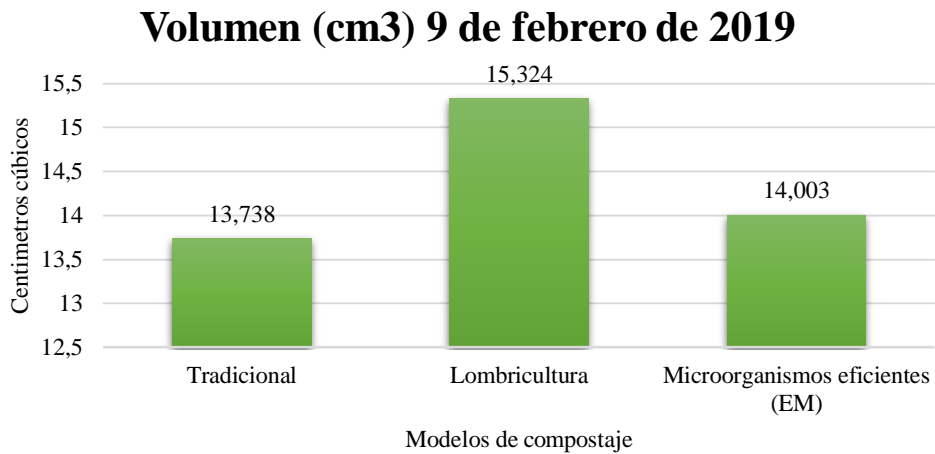


Figura 88. Seguimiento volumen día 9 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El volumen, tuvo una reducción mínima frente a la semana anterior de seguimiento, para lo cual el reactor del compostaje tradicional, registro un menor volumen frente a los demás reactores.

Tabla 48. *Seguimiento generación de lixiviados día 9 de febrero del 2019.*

Generación de lixiviados (ml)	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	0	0	0

Fuente: Autor (2019)

No se presentó generación de lixiviados en ningún reactor.

Tabla 49. *Seguimiento olor día 9 de febrero del 2019.*

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Autor (2019)

No se evidencia la generación de olor como propiedad organoléptica.

Tabla 50. *Seguimiento textura día 9 de febrero del 2019.*

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Blanda	Blanda	Blanda

Fuente: Autor (2019)

La textura estuvo en condiciones blandas en cada uno de los reactores, presentado un moderado porcentaje de humedad.

Tabla 51. Seguimiento color día 9 de febrero del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón oscuro	Negro

Fuente: Autor (2019)

No se registraron cambios significativos en el color, frente a la semana anterior.

pH 16 de febrero de 2019

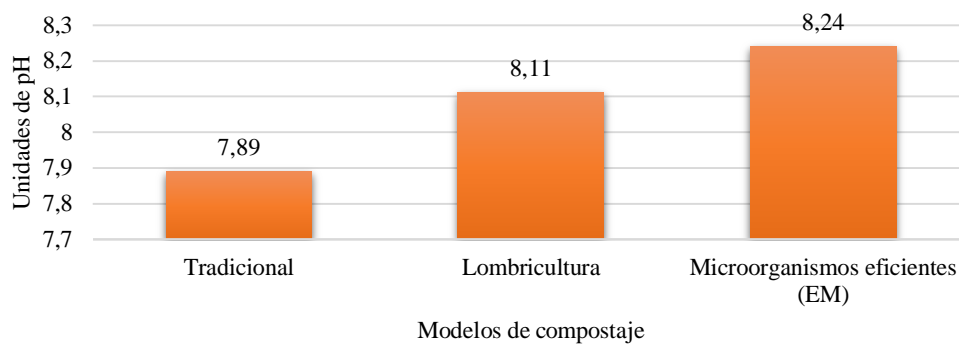


Figura 89. Seguimiento pH día 16 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se evidenció una reducción mínima del pH en cada reactor frente a la semana anterior registrada.

Temperatura (°C) 16 de febrero de 2019

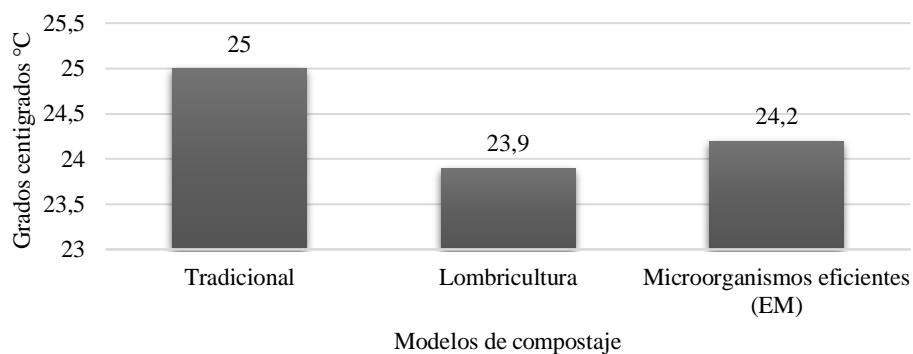


Figura 90. Seguimiento temperatura día 16 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

La temperatura registrada, tuvo un descenso en la temperatura de cada reactor, además por primera vez se registró una temperatura más baja en el reactor de los EM, por el contrario la temperatura más alta se registró en el reactor del compostaje tradicional.

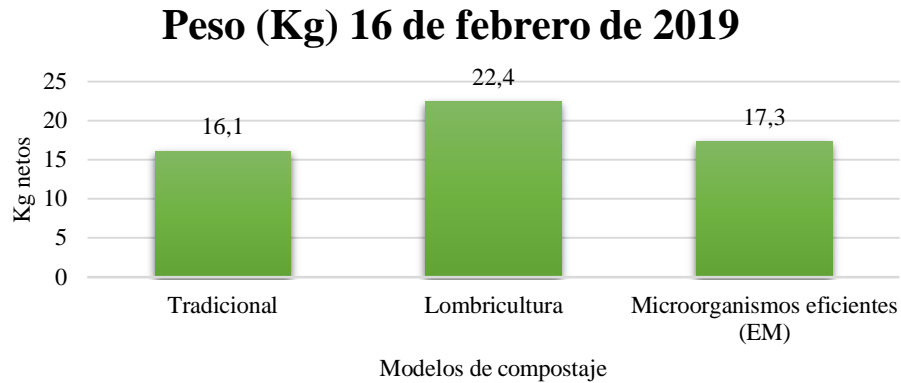


Figura 91. Seguimiento peso día 16 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El peso de las muestras como se evidencia en la gráfica, se relaciona con la disminución del contenido de humedad, reducción del volumen esto generado por la maduración correcta del compostaje, por ello se observa un peso menor en el reactor de compostaje tradicional, seguido del reactor de los EM y por último el lombricultivo.

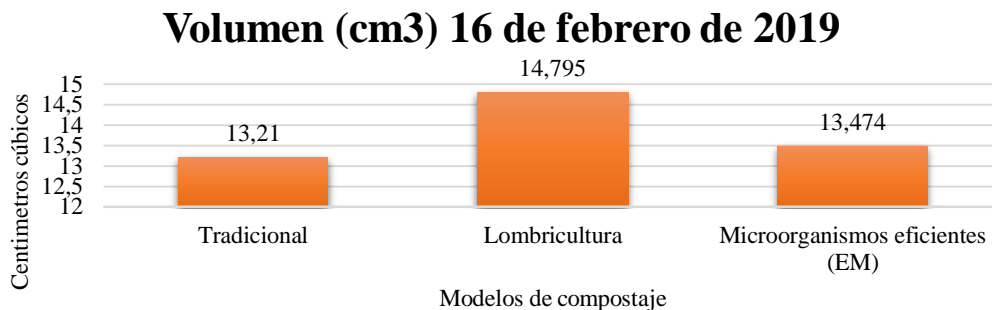


Figura 92. Seguimiento volumen día 16 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El volumen calculado en cada uno de los reactores se determinó por la altura de los RSO, el cual, para esta semana de toma de datos, presentó una reducción mínima con respecto a la semana anterior.

Tabla 52. Seguimiento generación de lixiviados día 16 de febrero del 2019.

Generación de lixiviados (ml)	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	0	0	0

Fuente: Autor (2019)

No se presentaron lixiviados en ninguno de los tres reactores establecidos, sin embargo, se adiciono 400 mL de agua con el fin de mantener el contenido de humedad en los tres reactores.

Tabla 53. Seguimiento olor día 16 de febrero del 2019.

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Ninguno	Ninguno	Ninguno

Fuente: Autor (2019)

En esta semana de seguimiento, una de las condiciones organolépticas como el olor, no se percibe en ningún reactor.

Tabla 54. Seguimiento textura día 16 de febrero del 2019.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Blanda	Blanda	Blanda

Fuente: Autor (2019)

La textura en cada uno de los RSO compostados permaneció blanda en esta semana de seguimiento.

Tabla 55. Seguimiento color día 16 de febrero del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Marrón oscuro	Negro

Fuente: Autor (2019)

El color marrón oscuro, se encontró presente en cada uno de los reactores.

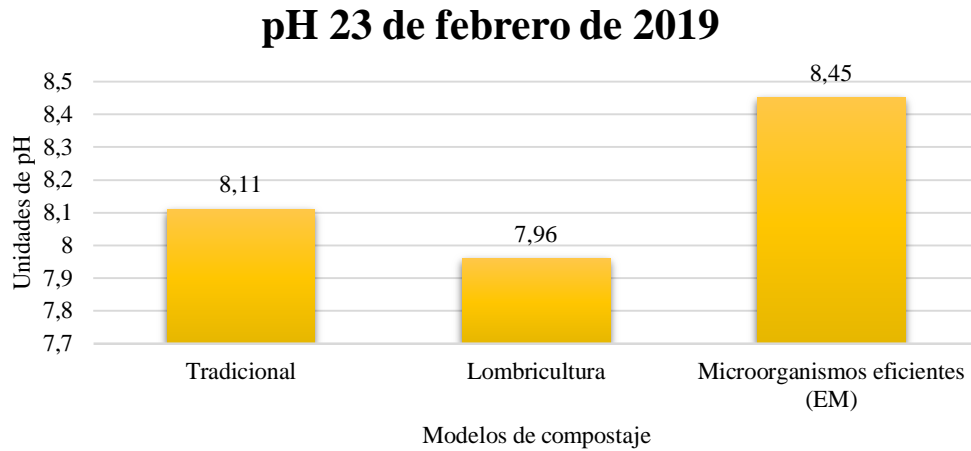


Figura 93. Seguimiento pH día 23 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El pH registrado, se encuentra dentro del rango óptimo de maduración del compostaje, siendo neutro- alcalino, para el reactor del lombricultivo, presento un menor pH con tendencia a la neutralidad frente a los demás reactores.

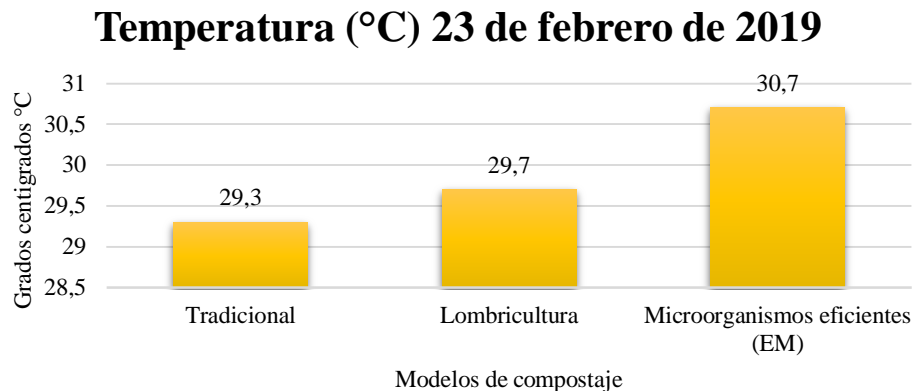


Figura 94. Seguimiento temperatura día 23 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

En esta semana de seguimiento, se observó un gran aumento en la temperatura de cada reactor, esto a causa de la semana intensiva de calor que se presentó en el ciudad, aumentando la temperatura de los RSO compostados.

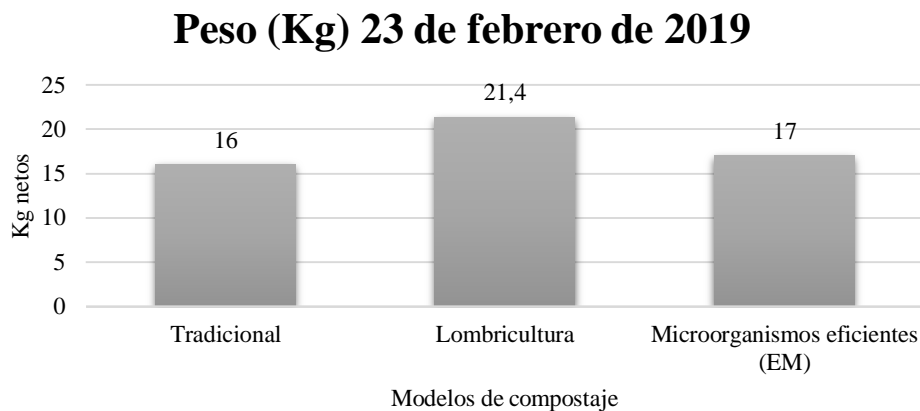


Figura 95. Seguimiento peso día 23 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

Se registró una reducción mínima en el peso de cada uno de los reactores, siendo el reactor del compostaje tradicional el que presenta el menor peso en Kg.

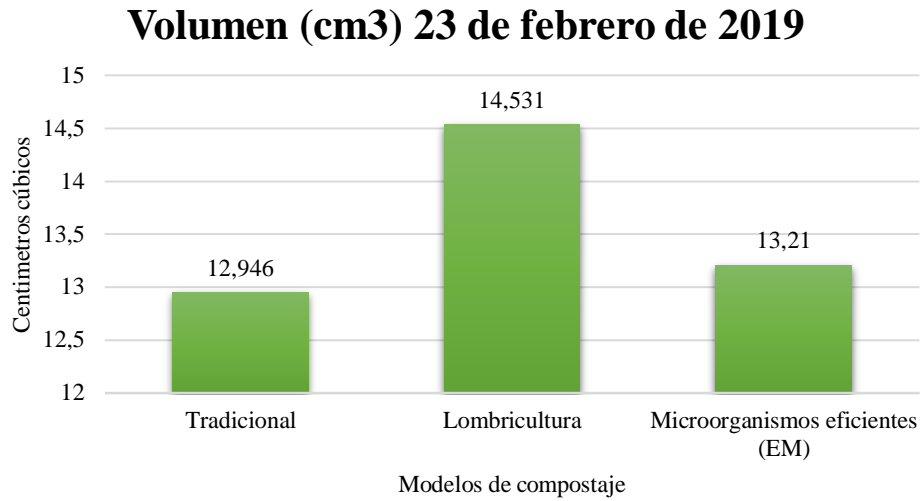


Figura 96. Seguimiento volumen día 23 de febrero del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El volumen establecido en cada reactor, disminuyó frente a los datos registrados en la semana anterior, este volumen se estabiliza de acuerdo a las condiciones del compostaje en cada reactor.

Tabla 56. Seguimiento generación de lixiviados día 23 de febrero del 2019.

Generación de lixiviados (ml)	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	0	0	0

Fuente: Autor (2019)

No hubo generación de lixiviados en ninguno de los tres reactores, sin embargo, se adicionó 300 mL de agua a cada reactor, con el fin de mantener la humedad de los modelos.

Tabla 57. Seguimiento olor día 23 de febrero del 2019.

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
	Ninguno	Ninguno	Ninguno

Fuente: Autor (2019)

No se generaron olores en las muestras compostadas en los tres reactores establecidos.

Tabla 58. Seguimiento textura día 23 de febrero del 2019.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Blanda	Blanda

Fuente: Autor (2019)

La textura de las muestras continúa con su condición de blandas al tacto de la mano.

Tabla 59. Seguimiento color día 23 de febrero del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Negro	Negro

Fuente: Autor (2019)

El color de las muestras compostadas en cada uno de los reactores presento una intensificación en su coloración pasando de tonalidad marrón oscuro a negro.

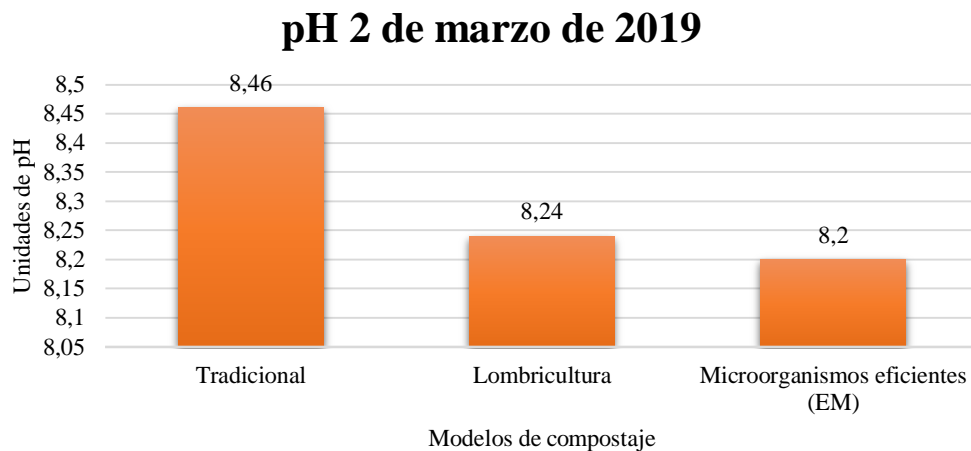


Figura 97. Seguimiento pH día 2 de marzo del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El pH en la última semana de seguimiento se encontró dentro del rango óptimo de la fase final de los procesos de compostaje, en este punto el reactor de RSO tradicional es quien presento un pH más alto a los demás.

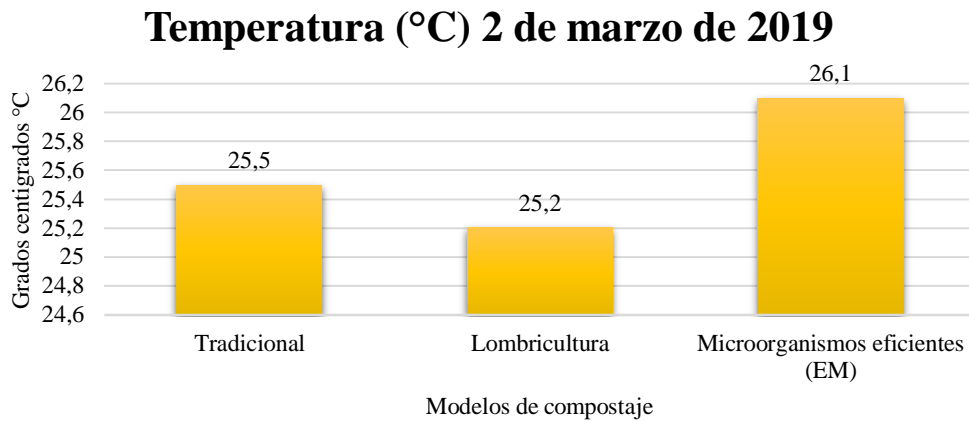


Figura 98. Seguimiento temperatura día 2 de marzo del 2019.

Fuente: Autor (2019)

La temperatura registrada en la última semana de toma de datos tuvo una reducción frente a la semana anterior, en este punto las muestras se estabilizaron a temperatura ambiente, estando en los tres reactores con una diferencia mínima en °C.

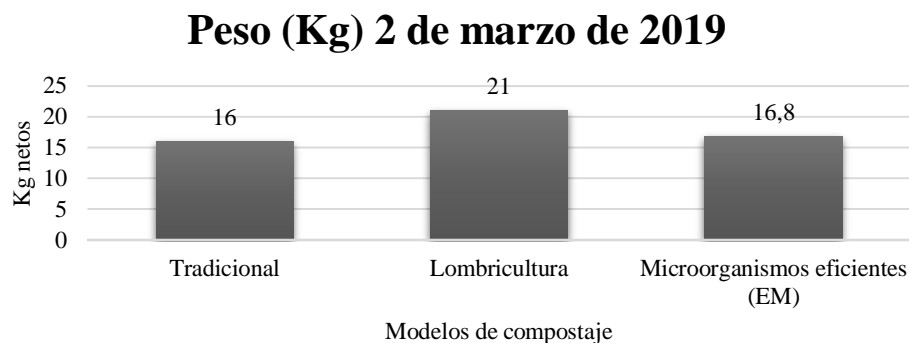


Figura 99. Seguimiento peso día 2 de marzo del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El peso final de los reactores, corresponde a los Kg compostados total de cada modelo establecido, el cual en el reactor tradicional mantuvo su peso constante frente a la semana anterior, por otro lado, los reactores de EM y lombricultivo disminuyeron en pocos Gr su peso, estableciendo así el peso final de reactores antes de realizar los procesos de selección y cernido final.

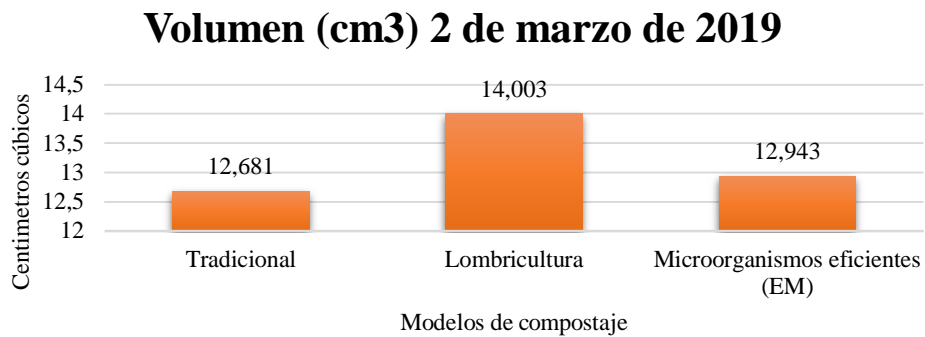


Figura 100. Seguimiento volumen día 2 de marzo del 2019.

Fuente: Autor (2019)

El volumen final, se estableció a partir de la altura de cada uno de los RSO compostados en los tres reactores, para lo cual, en el cálculo respectivo, el compostaje tradicional obtuvo un volumen menor, seguido por un volumen de diferencia mínimo por el reactor de los EM y por último el lombricultivo, presento un mayor volumen, esto debido a el manejo de la lombriz roja californiana adicionada.

Tabla 60. Seguimiento generación de lixiviados día 2 de marzo del 2019.

Generación de	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
lixiviados (ml)	0	0	0

Fuente: Autor (2019)

Uno de los puntos a favor de los procesos de compostaje, fue la poca generación de lixiviados y la reducción total en las últimas semanas de seguimiento.

Tabla 61. Seguimiento olor día 2 de marzo del 2019.

Olor	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Ninguno	Ninguno

Fuente: Autor (2019)

Las condiciones de olor desaparecieron en los tres reactores establecidos, siendo una característica propia de evaluación en los tiempos de maduración del compostaje.

Tabla 62. Seguimiento textura día 2 de marzo del 2019.

Textura	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Blanda	Blanda

Fuente: Autor (2019)

La textura en su punto final se percibió de una forma blanda al tacto y manejo de los RSO compostados en los tres reactores.

Tabla 63. Seguimiento textura día 2 de marzo del 2019.

Color	Tradicional	Lombricultura	Microorganismos eficientes (EM)
		Negro	Negro

Fuente: Autor (2019)

Se observó una tonalidad negra en los RSO compostados al final del proceso.

4.4.1 Resumen de los datos registrados en la bitácora de seguimiento.

Tabla 64. Seguimiento pH mediante el modelo tradicional durante todo el proceso.

Modelo de compostaje tradicional	
Fecha	Unidades de pH
5 de diciembre 2018	5,74
12 de diciembre de 2018	5,61
20 de diciembre de 2018	6,23
27 de diciembre	8,02
4 de enero de 2019	7,65
12 de enero 2019	7,74
19 de enero de 2019	7,85
26 de enero de 2019	8,02
2 de febrero de 2019	8,19
9 de febrero de 2019	7,94
16 de febrero de 2019	7,89
23 de febrero de 2019	8,11
2 de marzo de 2019	8,46

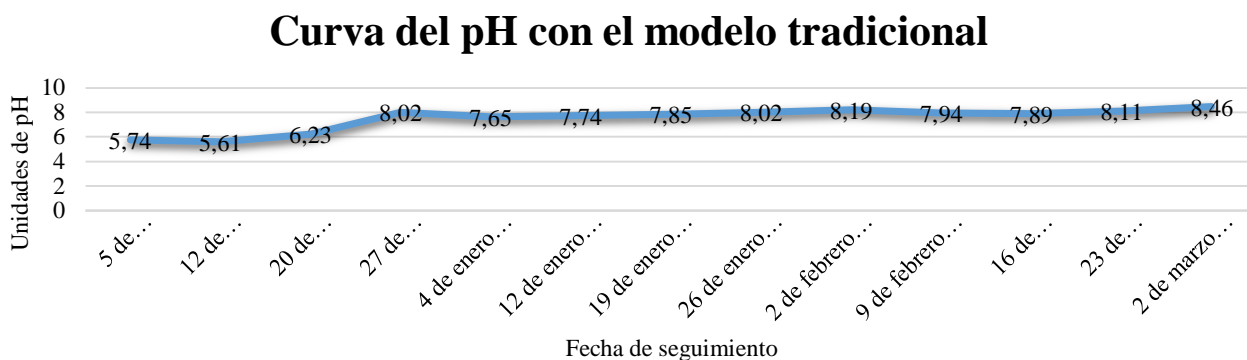


Figura 101. Comportamiento del pH mediante el modelo tradicional durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

Como se puede observar, el proceso del modelo tradicional paso por una acidificación, durante las 3 semanas iniciales, debido a que su pH estuvo por debajo del valor de neutralidad.

Sin embargo, a partir de la cuarta semana se puede apreciar la estabilización de esta medición química dentro del proceso. También para destacar, está el hecho de que la curva muestra una ascendencia constante durante las semanas de medición, hasta alcanzar los 8,46 U de pH.

Tabla 65. Seguimiento pH mediante el modelo de lombricultura durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante lombricultura	
Fecha	Unidades de pH
5 de diciembre 2018	6,2
12 de diciembre de 2018	5,38
20 de diciembre de 2018	5,91
27 de diciembre	8,24
4 de enero de 2019	8
12 de enero 2019	8,01
19 de enero de 2019	7,65
26 de enero de 2019	8,14
2 de febrero de 2019	8,06
9 de febrero de 2019	8,33
16 de febrero de 2019	8,11
23 de febrero de 2019	7,96
2 de marzo de 2019	8,24

Curva del pH con el modelo de lombricultura

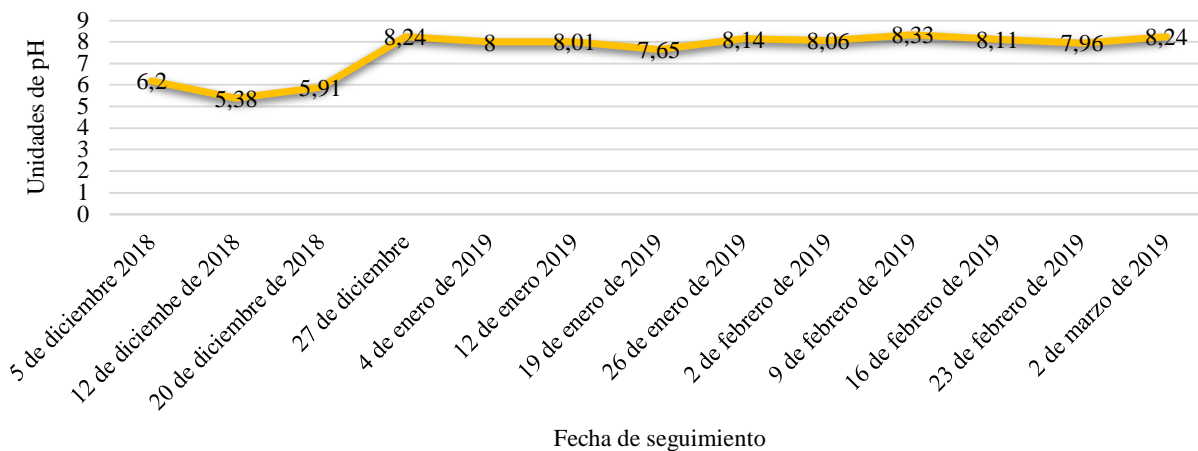


Figura 102. Comportamiento del pH mediante el modelo de lombricultura durante el proceso.

Fuente: Autor (2019)

El modelo de lombricultura, en la medición del pH, arrojó datos de inestabilidad y constante subida y bajada. Para la primera semana se contó con una medición de 6,2, luego sufrió una caída para volver a comenzar un ascenso hasta la cuarta semana. A partir de allí, presento una particularidad, una semana subía y se observaba una tendencia a bajar. Sin embargo, se mantuvo en la línea de neutralidad, para que, en la semana final, presentara exactamente el mismo de la cuarta semana, es decir 8,24 U de pH.

Tabla 66. Seguimiento pH mediante el modelo EM durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante microorganismos eficientes (EM)	
Fecha	Unidades de pH
5 de diciembre 2018	5,67
12 de diciembre de 2018	8,25
20 de diciembre de 2018	7,26

27 de diciembre	7,53
4 de enero de 2019	8,81
12 de enero 2019	7,94
19 de enero de 2019	7,88
26 de enero de 2019	8,24
2 de febrero de 2019	8,88
9 de febrero de 2019	8,34
16 de febrero de 2019	8,24
23 de febrero de 2019	8,45
2 de marzo de 2019	8,2

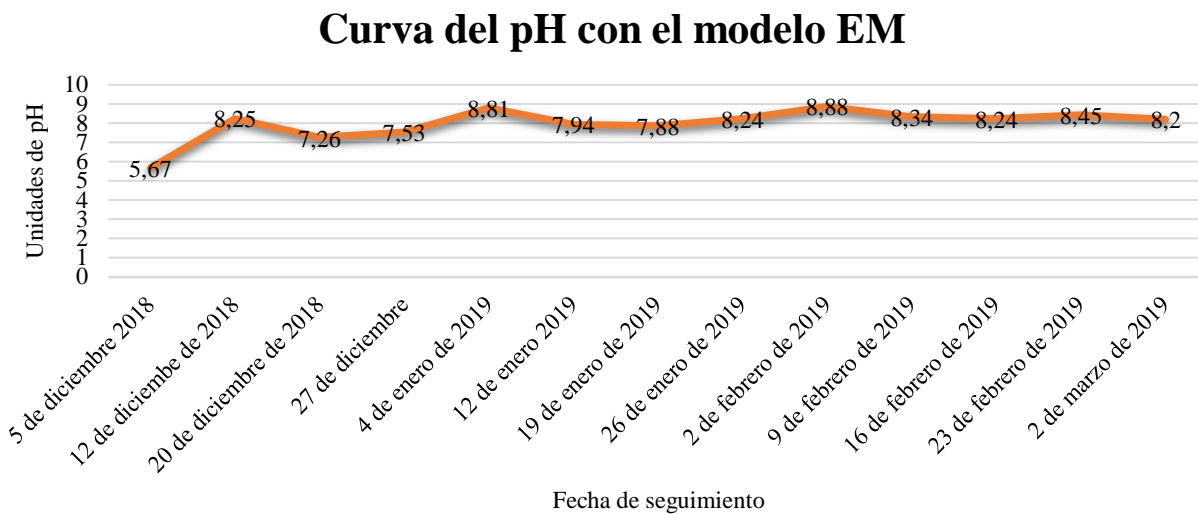


Figura 103. Comportamiento del pH mediante el modelo EM durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

En el modelo de los EM, se puede ver que el pH tuvo su amento desde la partida de la tarea de toma de datos hasta la finalización de la misma, pasando de 5,67 hasta 8,2. Presento tres picos en la medida en las semanas 2, 5 y 9, en las demás semanas la variabilidad fue la constante.

Relacionando con el anterior modelo, en la medición final la diferencia es centesimal, lo cual puede resultar despreciable y afirmar que ambos procesos terminaron con un pH igual. Entre tanto, en comparación con el modelo tradicional la diferencia de pH fue de 2 décimas, por lo que esta medida, no acabo mostrando grandes diferencias entre los modelos, de acuerdo a la medición con el equipo utilizado.

Tabla 67. Seguimiento a la temperatura en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Modelo de compostaje tradicional	
Fecha	Temperatura °C
5 de diciembre 2018	26
12 de diciembre de 2018	26,5
20 de diciembre de 2018	27,2
27 de diciembre	25,8
4 de enero de 2019	27,3
12 de enero 2019	25,4
19 de enero de 2019	25,3
26 de enero de 2019	29,3
2 de febrero de 2019	28,4
9 de febrero de 2019	25,3
16 de febrero de 2019	25
23 de febrero de 2019	29,3
2 de marzo de 2019	25,5

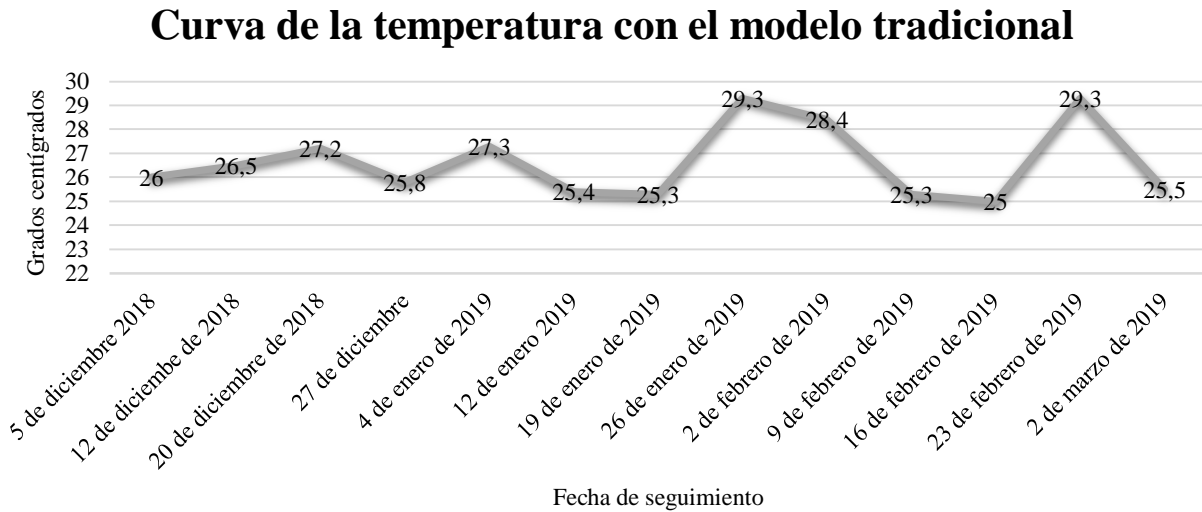


Figura 104. Comportamiento de la temperatura en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

Los valores de temperatura en este modelo presentaron una irregularidad, por lo que no es posible hablar de ascendencia o decadencia constante, porque ambos procesos se dieron en repetidas ocasiones durante las semanas de observación. Se comenzó con un valor de 26 y se finalizó con 25,5, medidos en grados Celsius. Las primeras 3 semanas fueron de avance leve en calentamiento, luego ocurrió una caída por debajo de la inicial, después un ascenso leve, para luego en las semanas 6 y 7 caer de nuevo. Ya para la 8 semana alcanzo el pico más alto el proceso con 29,3°C luego descendió, para en la penúltima semana, volver a alcanzar ese punto máximo de la 8 semana. Al final, concluyo en la última semana con 25,5°C. No se presentaron aumentos aún más considerables, debido a la aireación del proceso en los reactores y los volteos semanales que se le practicaron.

Tabla 68. Seguimiento a la temperatura en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante lombricultura	
Fecha	Temperatura °C
5 de diciembre 2018	26,3
12 de diciembre de 2018	26,9
20 de diciembre de 2018	25,9
27 de diciembre	25
4 de enero de 2019	27,7
12 de enero 2019	25,2
19 de enero de 2019	25
26 de enero de 2019	27,8
2 de febrero de 2019	27,8
9 de febrero de 2019	24,1
16 de febrero de 2019	23,9
23 de febrero de 2019	29,7
2 de marzo de 2019	25,2

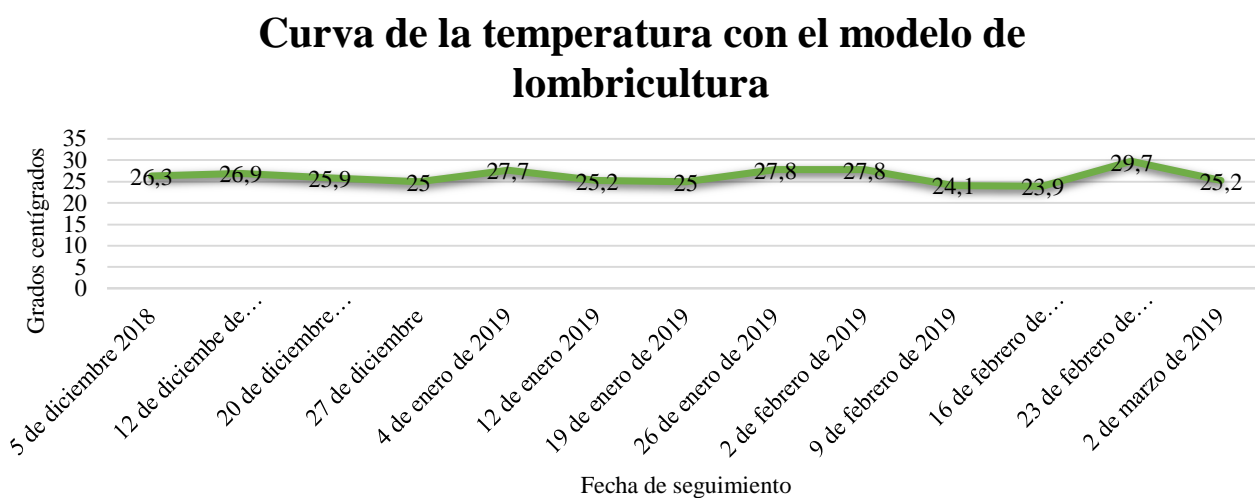


Figura 105. Comportamiento de la temperatura del modelo lombricultura durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

la temperatura en este modelo, tal y como se esperaba, mantuvo una línea con pico bajo y alto de 25°C y 29,7°C respectivamente, por lo que registraron cambios sin brusquedad y acordes a las necesidades del proceso, debido a que una elevación considerable, podría haber desencadenado mortandad de los agentes degradadores. Por lo tanto, el medio de subsistencia para las lombrices, se prestó para el cumplimiento de su función dentro de la investigación.

Tabla 69. Seguimiento a la temperatura en el modelo EM durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante microorganismos eficientes (EM)	
Fecha	Temperatura °C
5 de diciembre 2018	30,8
12 de diciembre de 2018	31
20 de diciembre de 2018	27,8
27 de diciembre	26,2
4 de enero de 2019	28,1
12 de enero 2019	26,2
19 de enero de 2019	27,4
26 de enero de 2019	30,3
2 de febrero de 2019	29,1
9 de febrero de 2019	25,6
16 de febrero de 2019	24,2
23 de febrero de 2019	30,7
2 de marzo de 2019	26,1

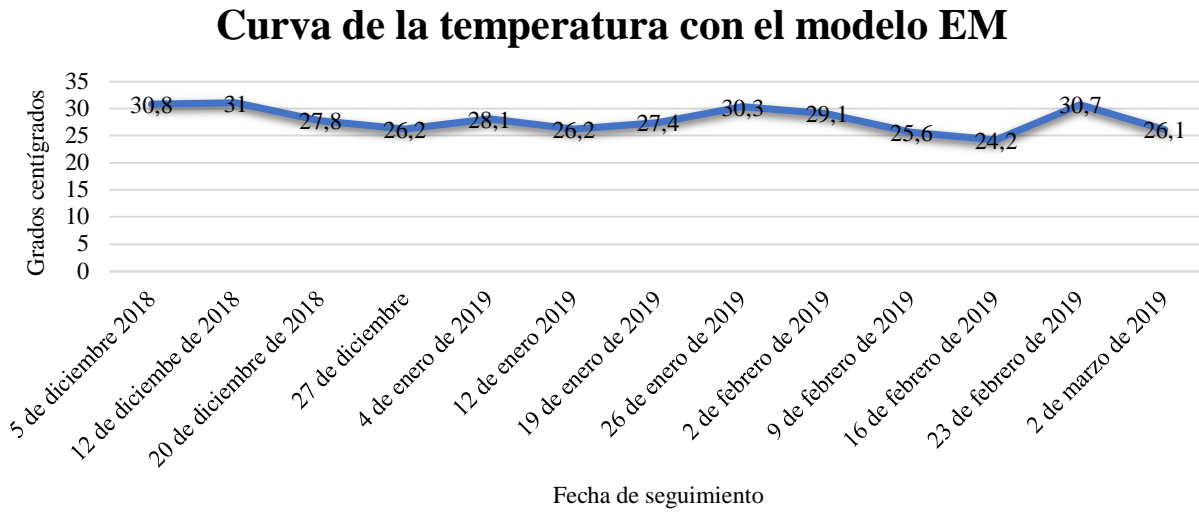


Figura 106. Comportamiento de la temperatura en el modelo EM durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

Se puede observar como en este modelo la temperatura, busco mantenerse a un nivel favorable para acción microbiana, aunque tuvo algunas caídas se mantuvo en valores de interés. Inicio en 30,8 y finalizo en 26,1 grados Celsius y punto máximo alcanzó los 30,7 °C. Observando la curva en general, se puede decir que los cambios no fueron bruscos ni en las subidas ni cuando se ven las tendencias a la baja.

Tabla 70. Seguimiento del peso en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Modelo de compostaje tradicional	
Fecha	Peso Kg
5 de diciembre 2018	31,8
12 de diciembre de 2018	28
20 de diciembre de 2018	25,2
27 de diciembre	22

4 de enero de 2019	20
12 de enero 2019	19,3
19 de enero de 2019	18,9
26 de enero de 2019	18,2
2 de febrero de 2019	17
9 de febrero de 2019	16,8
16 de febrero de 2019	16,1
23 de febrero de 2019	16
2 de marzo de 2019	16

Caida del peso en el modelo tradicional

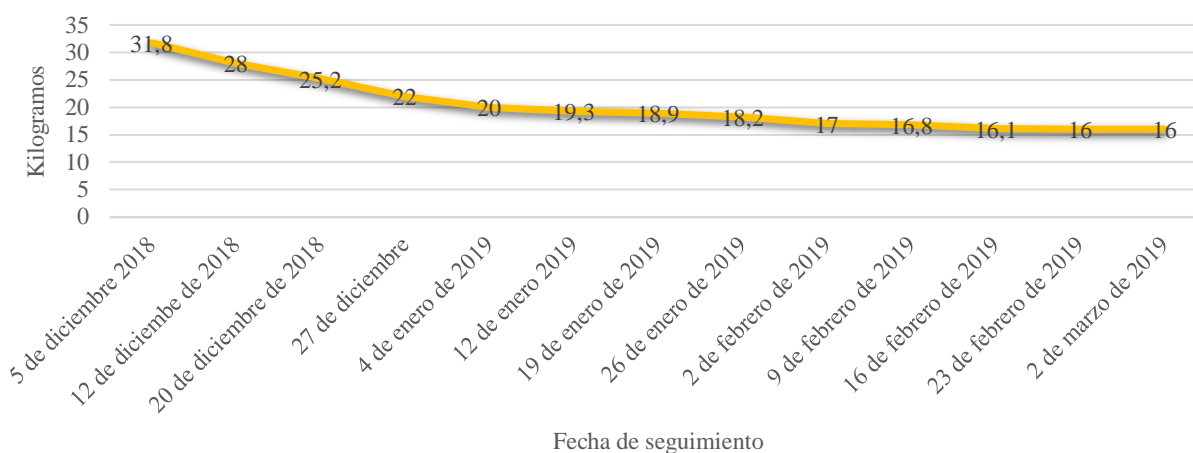


Figura 107. Comportamiento del peso en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

Tal y como se observa, la curva presenta únicamente un descenso constante y una proporcionalidad directa entre días pasados y peso perdido. Esto no refleja novedad alguno teniendo en cuenta que los residuos sólidos orgánicos, por lo general, presenta contenidos de humedad altos o dicho de otra manera una hidratación elevada, que van siendo expulsados en

forma de lixiviados y extraídos del proceso. Por eso se perdió el 51,6 % del peso inicial, ya que se pasó de 31,8 kg a tan solo 16 kg. El valor de 16 Kg e dio en la penúltima semana y en la última de medición se mantuvo sin más reducciones.

Tabla 71. Seguimiento del peso en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante lombricultura	
Fecha	Peso Kg
5 de diciembre 2018	41,5
12 de diciembre de 2018	38,5
20 de diciembre de 2018	34,8
27 de diciembre	32
4 de enero de 2019	30
12 de enero 2019	28
19 de enero de 2019	26,4
26 de enero de 2019	25,5
2 de febrero de 2019	23,8
9 de febrero de 2019	23
16 de febrero de 2019	22,4
23 de febrero de 2019	21,4
2 de marzo de 2019	21

Caída del peso con el modelo de lombricultura

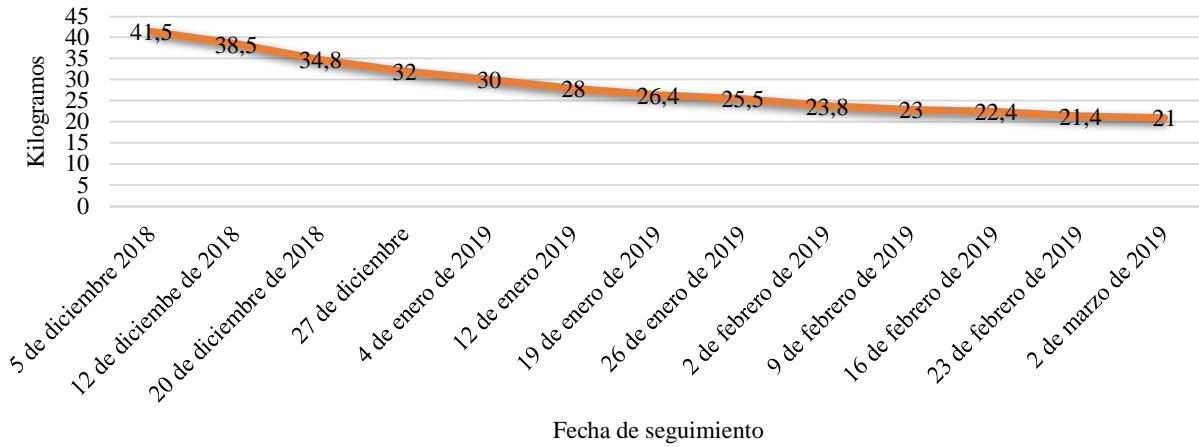


Figura 108. Comportamiento del peso en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

En el gráfico anterior, se explicaron algunas consideraciones que también aplican para esta curva del modelo de lombricultura. Para destacar de este modelo, se tiene que el peso inicial es el mayor de los tres modelos, por la adición de las lombrices con su medio de subsistencia (suelo), lo que por lógica subió el peso. Al final se ve que el peso descendió hasta los 21 kg, logrando una disminución del 50,6 %.

Tabla 72. Seguimiento del peso en el modelo EM durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante microorganismos eficientes (EM)	
Fecha	Peso Kg
5 de diciembre 2018	33,5
12 de diciembre de 2018	28
20 de diciembre de 2018	26
27 de diciembre	24

4 de enero de 2019	23
12 de enero 2019	21
19 de enero de 2019	20,4
26 de enero de 2019	19,6
2 de febrero de 2019	18,2
9 de febrero de 2019	17,9
16 de febrero de 2019	17,3
23 de febrero de 2019	17
2 de marzo de 2019	16,8

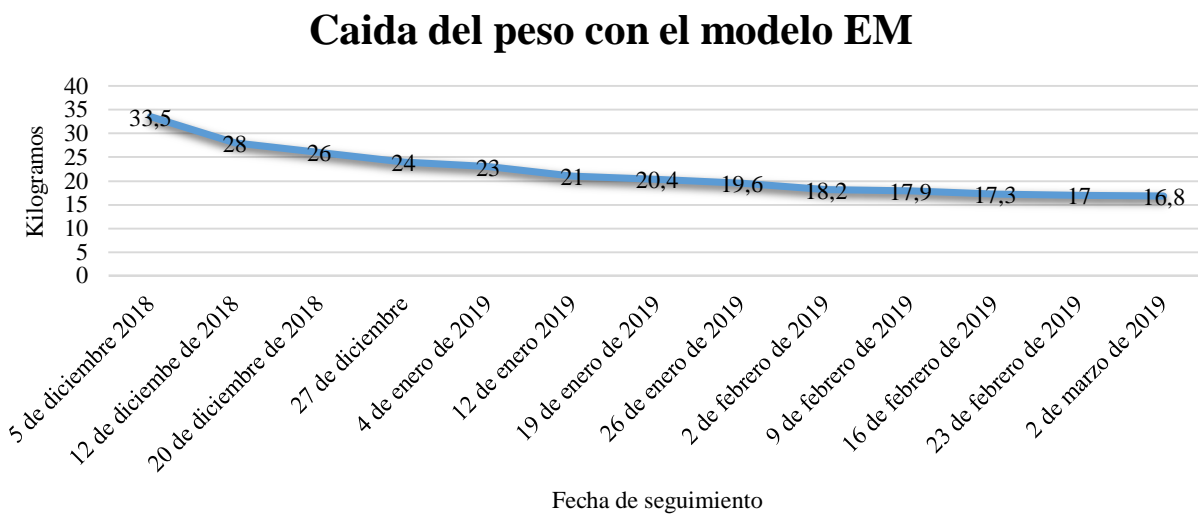


Figura 109. Comportamiento del peso en el modelo EM durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

Para este modelo se inició con 33,5 kg incluido el volumen que se adiciono de la sustancia o medio donde residían los microorganismos eficientes. Encontramos que el valor del peso final es de 16,8 kg, lo equivalente en términos de porcentaje 50,14%. Haciendo una comparación final se

tiene que el porcentaje de pérdida de peso en los tres modelos acabo siendo muy similar, es decir las diferencias son de rango muy corto.

Tabla 73. Seguimiento del volumen en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Modelo de compostaje tradicional	
Fecha	Volumen cm3
5 de diciembre 2018	44,915
12 de diciembre de 2018	36,989
20 de diciembre de 2018	31,54
27 de diciembre	23,778
4 de enero de 2019	21,778
12 de enero 2019	21,136
19 de enero de 2019	19,022
26 de enero de 2019	16,38
2 de febrero de 2019	14,531
9 de febrero de 2019	13,738
16 de febrero de 2019	13,21
23 de febrero de 2019	12,946
2 de marzo de 2019	12,681

Caida del volumen en el reactor del modelo tradicional

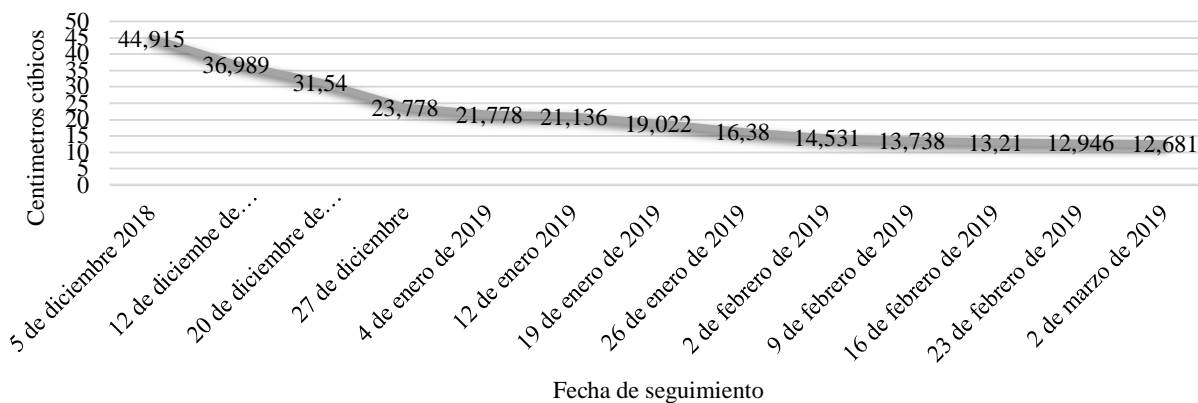


Figura 110. Comportamiento del volumen en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

Al igual que el parámetro anterior, aquí lo esperado era una reducción, porque el volumen inicial en este modelo era de 44,915 cm³ y al término de la medición el nuevo valor fue de 12,681 cm³. Para destacar, queda la caída considerable que se ve durante las primeras 3 semanas debido a que la disminución alcanzó el 52,93% del total de inicio, lo que refleja la estrecha relación del volumen de los residuos con factores como los lixiviados y la compactación natural a casusa del peso. Al final, la pérdida del volumen en este modelo fue de 32,6 cm³ durante el tiempo de seguimiento de los procesos.

Tabla 74. Seguimiento del volumen en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante lombricultura	
Fecha	Volumen cm3
5 de diciembre 2018	63,409
12 de diciembre de 2018	42,273

20 de diciembre de 2018	31,704
27 de diciembre	30,805
4 de enero de 2019	29,062
12 de enero 2019	27,741
19 de enero de 2019	24,571
26 de enero de 2019	19,815
2 de febrero de 2019	15,852
9 de febrero de 2019	15,324
16 de febrero de 2019	14,795
23 de febrero de 2019	14,531
2 de marzo de 2019	14,003

Caida del volumen en el reactor del lombricultura

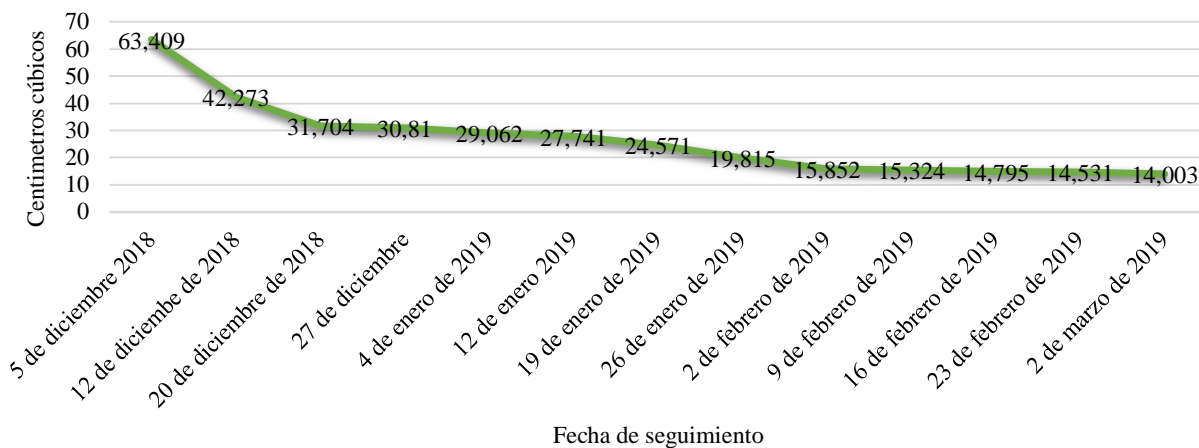


Figura 111. Comportamiento del volumen en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

La mayor caída del volumen se aprecia que fue durante las primeras 3 semanas de revisión, donde la curva refleja que se pasó de 63,409 cm 31,704 poco menos del 50% y en el resto de

semanas cerca del 25%. Con ello vemos que la constante disminución tuvo su mayor bajón al perder la humedad de los residuos.

Tabla 75. Seguimiento del volumen en el modelo EM durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante microorganismos eficientes (EM)	
Fecha	Volumen cm³
5 de diciembre 2018	47,557
12 de diciembre de 2018	34,347
20 de diciembre de 2018	29,062
27 de diciembre	26,424
4 de enero de 2019	25,390
12 de enero 2019	23,778
19 de enero de 2019	21,136
26 de enero de 2019	18,494
2 de febrero de 2019	15,324
9 de febrero de 2019	14,003
16 de febrero de 2019	13,474
23 de febrero de 2019	13,21
2 de marzo de 2019	12,943

Caida del volumen en el reactor del modelo EM

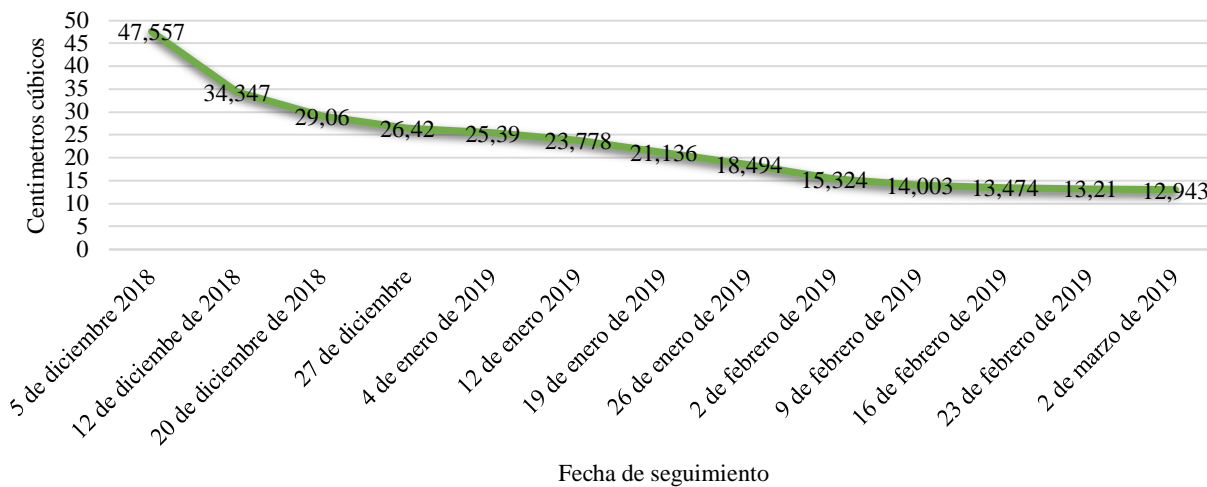


Figura 112. Comportamiento del volumen en el modelo EM durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

La relación de pérdida de volumen que muestra el gráfico para el modelo de microorganismos eficientes, deja ver que hay una equivalencia más cerrada tras cada semana de revisión respecto del modelo de lombricultura explicado anterior a este, inclusive desde la semana tres hasta la seis las pérdidas fueran bajas, al punto que la curva muestra algo de rectitud, y así mismo ocurrió durante las cuatro últimas semanas de seguimiento.

Tabla 76. Seguimiento de la generación de lixiviados en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Modelo de compostaje tradicional	
Fecha	Volumen ml
5 de diciembre 2018	3200
12 de diciembre de 2018	2440
20 de diciembre de 2018	890

27 de diciembre	590
4 de enero de 2019	340
12 de enero 2019	230
19 de enero de 2019	32
26 de enero de 2019	0
2 de febrero de 2019	0
9 de febrero de 2019	0
16 de febrero de 2019	0
23 de febrero de 2019	0
2 de marzo de 2019	0

Control de lixiviados en el modelo tradicional

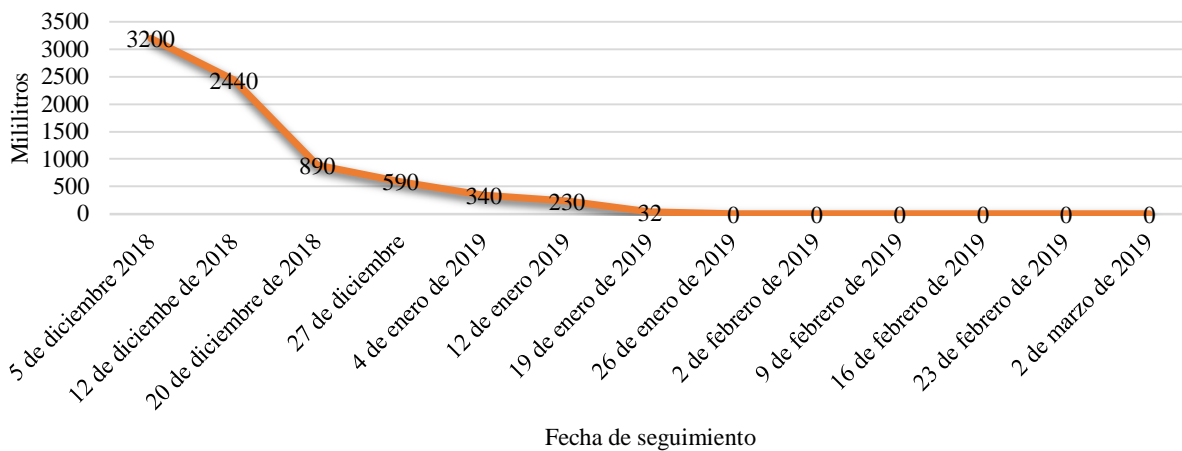


Figura 113. Comportamiento de la generación de lixiviados en el modelo tradicional durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

La curva claramente refleja una caída constante en la producción de líquidos lixiviados durante el proceso de degradación de los residuos en el modelo tradicional. En la primera

medición, su pudo medir en total 3,2 litros de lixiviados, mientras que, para la séptima semana, que fue la última en la que se produjo dichos líquidos, solo fueron 32 ml. A partir de esa semana se ve una recta con valores de cero, es decir se frenó la generación de lixiviados. Por otro lado, la mayor producción se dio durante las primeras 3 semanas, luego se vio una disminución de dicha generación residual líquida.

Tabla 77. Seguimiento de la generación de lixiviados en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante lombricultura	
Fecha	Volumen ml
5 de diciembre 2018	3300
12 de diciembre de 2018	3410
20 de diciembre de 2018	1150
27 de diciembre	510
4 de enero de 2019	130
12 de enero 2019	60
19 de enero de 2019	18
26 de enero de 2019	0
2 de febrero de 2019	0
9 de febrero de 2019	0
16 de febrero de 2019	0
23 de febrero de 2019	0
2 de marzo de 2019	0

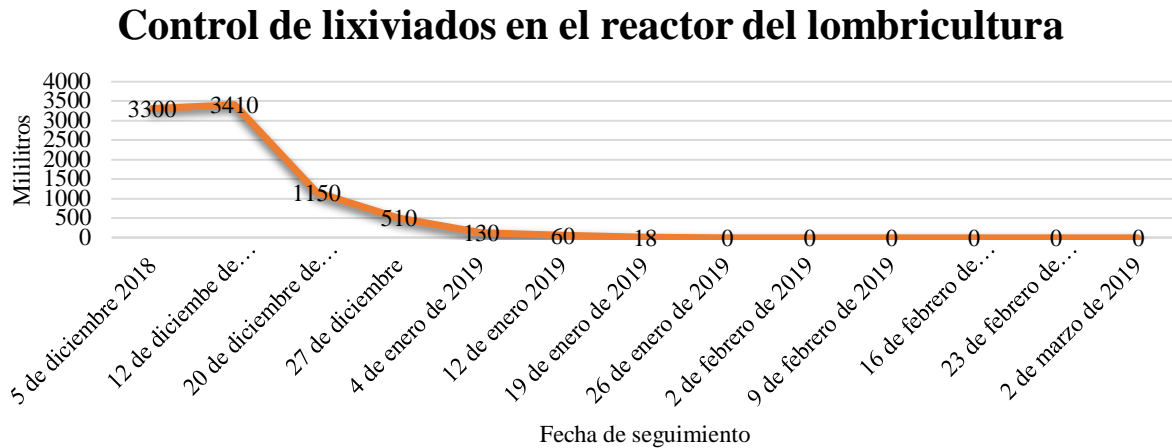


Figura 114. Comportamiento de la generación de lixiviados en el modelo lombricultura durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019).

La mayor evidencia de este grafico se ve cuando el lugar de disminuir la generación de lixiviados cada semana, se da algo de contrariedad a ello, porque de la primera a la segunda semana paso de 3,3 a 3,41 litros para después caer hasta 1, 15 l en la semana siguiente. La generación solo se dio hasta la semana 7 de medición, ya después los valores fueron de cero.

Tabla 78. Seguimiento de la generación de lixiviados en el modelo EM durante todo el proceso.

Modelo de compostaje mediante microorganismos eficientes (EM)	
Fecha	Mililitros
5 de diciembre 2018	3100
12 de diciembre de 2018	540
20 de diciembre de 2018	370
27 de diciembre	182
4 de enero de 2019	170
12 de enero 2019	148

19 de enero de 2019	15
26 de enero de 2019	0
2 de febrero de 2019	0
9 de febrero de 2019	0
16 de febrero de 2019	0
23 de febrero de 2019	0
2 de marzo de 2019	0

Control de lixiviados en el reactor del modelo EM

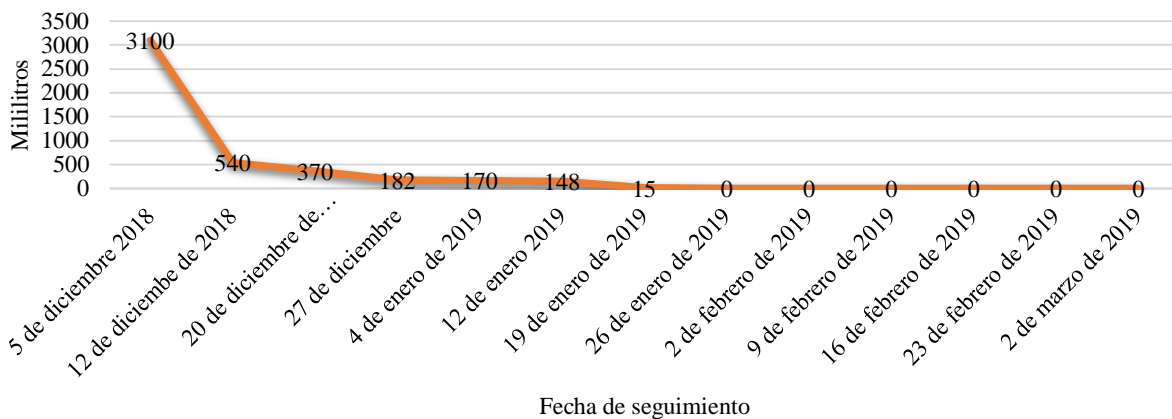


Figura 115. Comportamiento de lixiviados en el modelo EM durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

Luego de analizar los modelos tradicional y lombricultura, nos encontramos con este modelo de EM paso de 3100 ml de lixiviados hasta 540 ml en solo una semana y luego una producción más leve de dicha sustancia. Lo que indica que, si nos basamos en el modelo que menor producción residual de lixiviados ocasiona, este es sin duda, el que debe considerarse y estudiarse porque dicha generación es muy baja y si bien también genero durante siete semanas, lo hizo en proporciones mucho más pequeñas que las anteriores modelos.

Resumen de datos Registrado en la bitácora de seguimiento.

Tabla 79. Comparación del seguimiento de la generación de lixiviados durante todo el proceso.

Control de lixiviados			
Fecha	Tradicional	Lombricultura	EM
5 de diciembre 2018	3200	3300	3100
12 de diciembre de 2018	2440	3410	540
20 de diciembre de 2018	890	1150	370
27 de diciembre	590	510	182
4 de enero de 2019	340	130	170
12 de enero 2019	230	60	148
19 de enero de 2019	32	18	15
26 de enero de 2019	0	0	0
2 de febrero de 2019	0	0	0
9 de febrero de 2019	0	0	0
16 de febrero de 2019	0	0	0
23 de febrero de 2019	0	0	0
2 de marzo de 2019	0	0	0

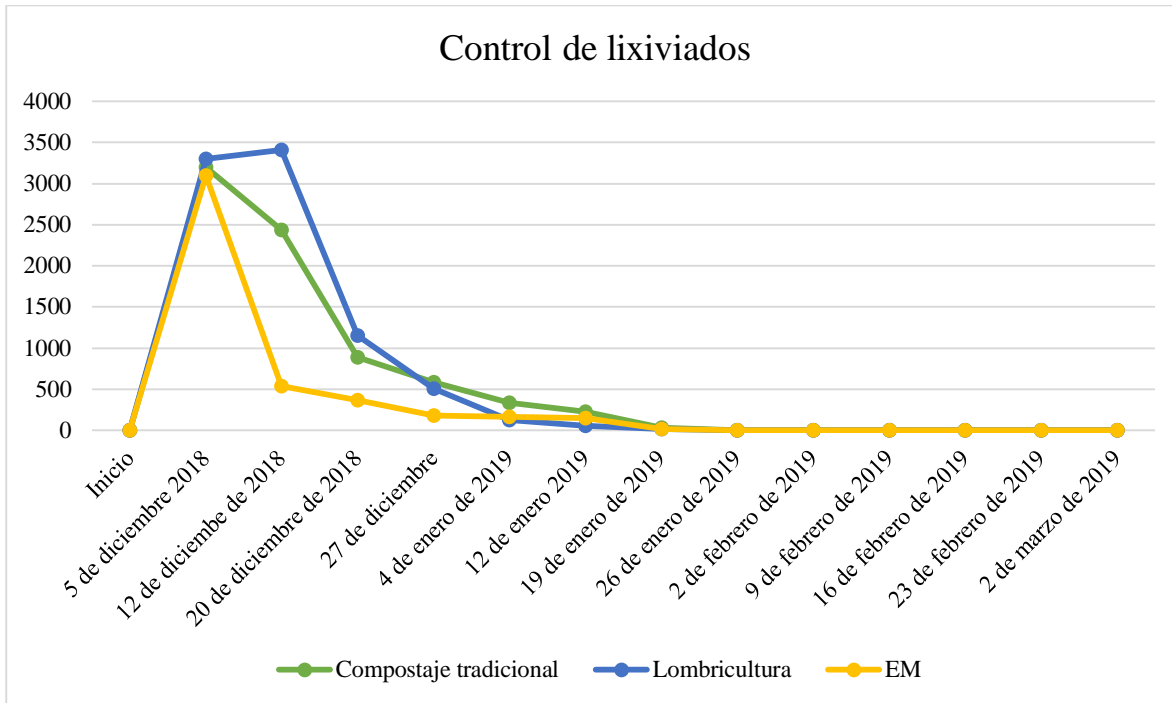


Figura 116. Seguimiento a la generación de lixiviados en cada uno de los modelos todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

En la figura anterior, se evidencia el comportamiento de cada uno de los procesos, durante el tiempo de estudio en lo referente a la generación de los lixiviados, como parámetro de análisis a la hora de establecer el más conveniente, es decir, la finalidad para el proyecto. La curva que se mantuvo por debajo en la mayor parte del tiempo fue la perteneciente al modelo EM.

Tabla 80. Caída del volumen (cm³) en cada uno de los modelos durante el tiempo de estudio.

Caída del volumen en los modelos			
Fecha	Tradicional	Lombricultura	EM
5 de diciembre 2018	44,915	63,409	47,557
12 de diciembre de 2018	36,989	42,273	34,347
20 de diciembre de 2018	31,54	31,704	26,42
27 de diciembre	23,778	31,704	29,062

4 de enero de 2019	21,778	29,062	26,42
12 de enero 2019	21,136	27,741	23,778
19 de enero de 2019	19,022	24,571	21,136
26 de enero de 2019	16,38	19,815	18,494
2 de febrero de 2019	14,531	15,852	15,324
9 de febrero de 2019	13,738	15,324	14,003
16 de febrero de 2019	13,21	14,795	13,474
23 de febrero de 2019	12,946	14,531	13,21
2 de marzo de 2019	12,681	14,003	12,943

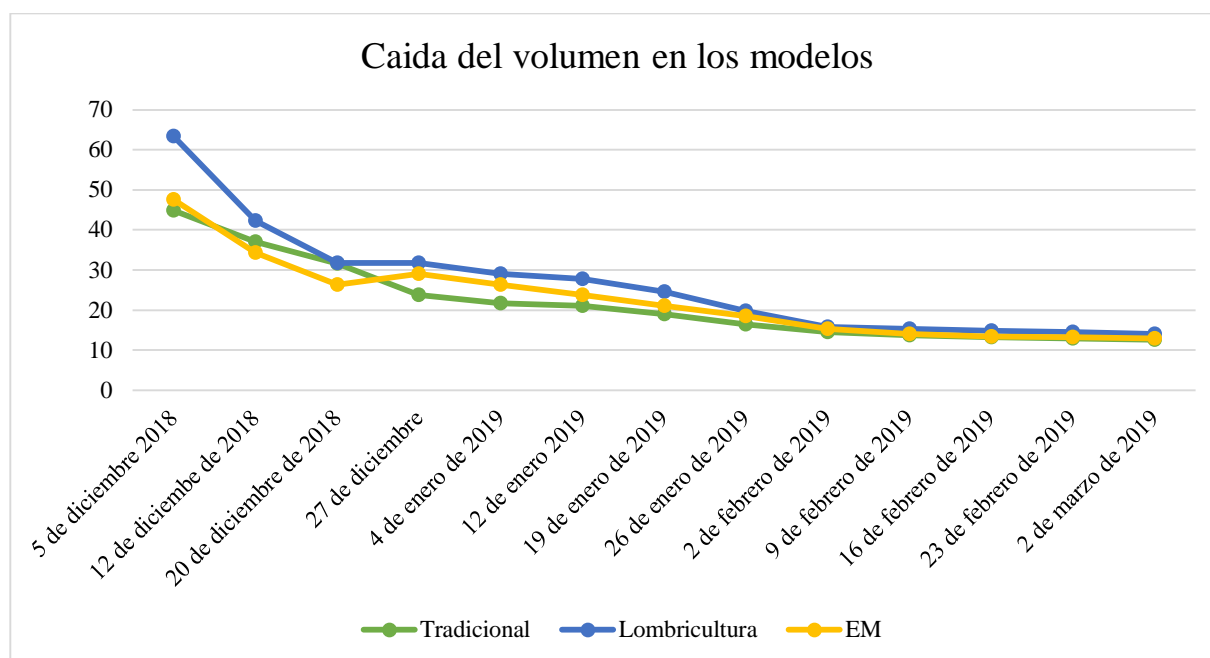


Figura 117. Caída del volumen en cada uno de los modelos durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

En esta figura, se pueden observar las curvas de cada uno de los modelos con un descenso que indica que la altura dentro de los reactores, iba disminuyendo constantemente. Esto puede ser comparado con la gráfica del control de los lixiviados, dado que, entre más lixiviados se libren,

así mismo se va disminuyendo el volumen, lo que en términos generales indica la proporcionalidad inversa que existe entre los parámetros y que se puede explicar de la siguiente manera: a mayor liberación de lixiviados, menor volumen de residuos sólidos orgánicos. Cabe anotar, que esto se da por el contenido de humedad presente en los residuos.

Tabla 81. *Caída del peso (kg) en cada uno de los modelos durante el tiempo de estudio.*

Relación de la caída del peso en los modelos			
Fecha	Tradicional	Lombricultura	EM
5 de diciembre 2018	31,8	41,5	33,5
12 de diciembre de 2018	28	38,5	28
20 de diciembre de 2018	25,2	34,8	26
27 de diciembre	22	32	24
4 de enero de 2019	20	30	23
12 de enero 2019	19,3	28	21
19 de enero de 2019	18,9	26,4	20,4
26 de enero de 2019	18,2	25,5	19,6
2 de febrero de 2019	17	23,8	18,2
9 de febrero de 2019	16,8	23	17,9
16 de febrero de 2019	16,1	22,4	17,3
23 de febrero de 2019	16	21,4	17
2 de marzo de 2019	16	21	16,8

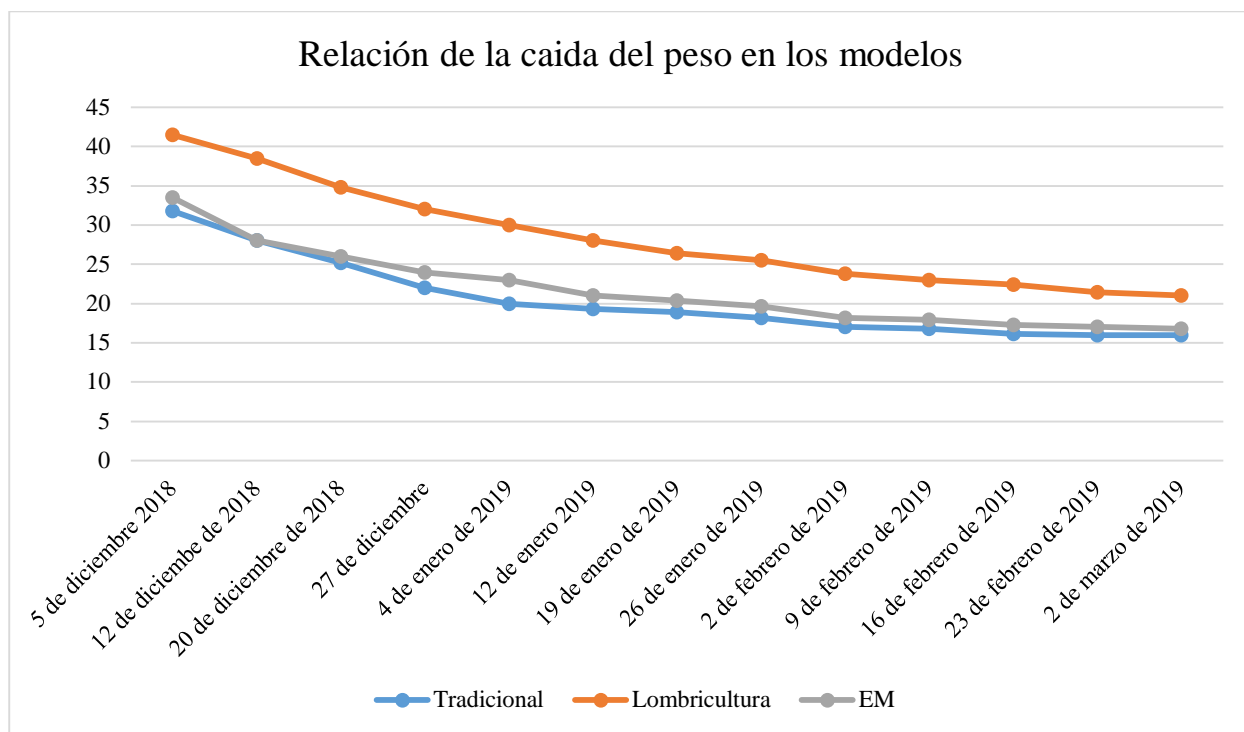


Figura 118. Caída del peso (kg) en cada uno de los modelos durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

La figura, ilustra cómo se comportó el peso a través del tiempo empleado en el estudio, donde es más que evidente la caída progresiva en cada uno de los modelos y donde al igual que en la caída del volumen, esto está condicionado por el contenido de humedad de los residuos. La aclaración del porqué la curva del modelo de lombricultura está muy encima, se debe justamente a que estos organismos tienen un peso y además al momento de agregarlos al proceso, se hizo con su medio (suelo), lo que significó que este reactor fuera el más pesado de los tres.

Tabla 82. Comportamiento de la temperatura (°C) en cada uno de los modelos.

Curva de comportamiento de la temperatura en los modelos

Fecha	Tradicional	Lombricultura	EM
5 de diciembre 2018	26	26,3	30,8
12 de diciembre de 2018	26,5	26,9	31

20 de diciembre de 2018	27,2	25,9	27,8
27 de diciembre	25,8	25	26,2
4 de enero de 2019	27,3	27,7	28,1
12 de enero 2019	25,4	25,2	26,2
19 de enero de 2019	25,3	25	27,4
26 de enero de 2019	29,3	27,8	30,3
2 de febrero de 2019	28,4	27,8	29,1
9 de febrero de 2019	25,3	24,1	25,6
16 de febrero de 2019	25	23,9	24,2
23 de febrero de 2019	29,3	29,7	30,7
2 de marzo de 2019	25,5	25,2	26,1

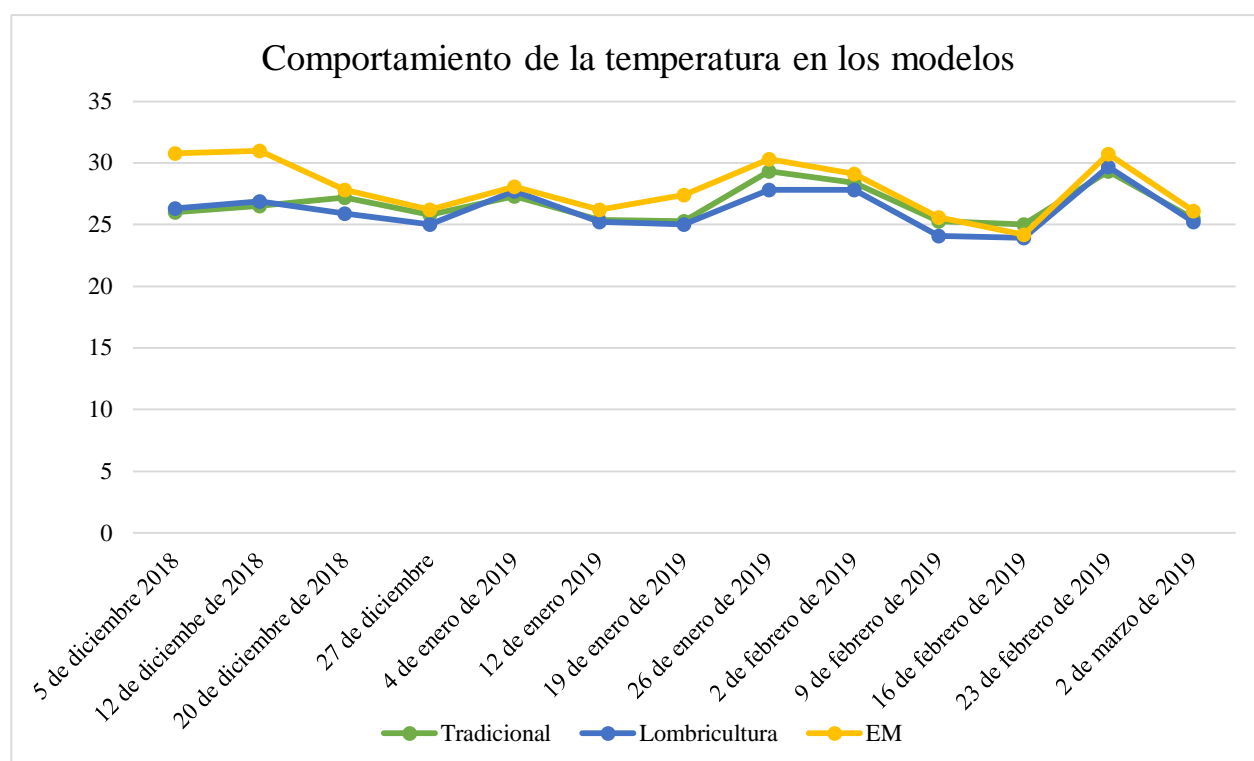


Figura 119. Comportamiento de la temperatura (°C) en cada uno de los modelos durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

Esta figura, muestra como el comportamiento en la temperatura se mantuvo en un rango conveniente, resaltando sus altas y bajas, esto se dio de manera similar en todos los modelos. Hay diferencias, pero no están muy marcadas, lo más notorio es que el modelo EM se mantuvo en la mayoría de momentos por encima de los otros dos, lo que resulto favorable para el proceso en dicho reactor.

Tabla 83. *Comportamiento del pH en cada uno de los modelos durante el tiempo de estudio.*

Comportamiento del pH en los modelos

Fecha	Tradicional	Lombricultura	EM
5 de diciembre 2018	5,74	6,2	5,67
12 de diciembre de 2018	5,61	5,38	8,25
20 de diciembre de 2018	6,23	5,91	7,26
27 de diciembre	8,02	8,24	7,53
4 de enero de 2019	7,65	8	8,81
12 de enero 2019	7,65	8	8,81
19 de enero de 2019	7,85	7,65	7,88
26 de enero de 2019	8,02	8,14	8,24
2 de febrero de 2019	8,19	8,06	8,88
9 de febrero de 2019	7,94	8,33	8,34
16 de febrero de 2019	7,89	8,11	8,24
23 de febrero de 2019	8,11	7,96	8,45
2 de marzo de 2019	8,46	8,24	8,2

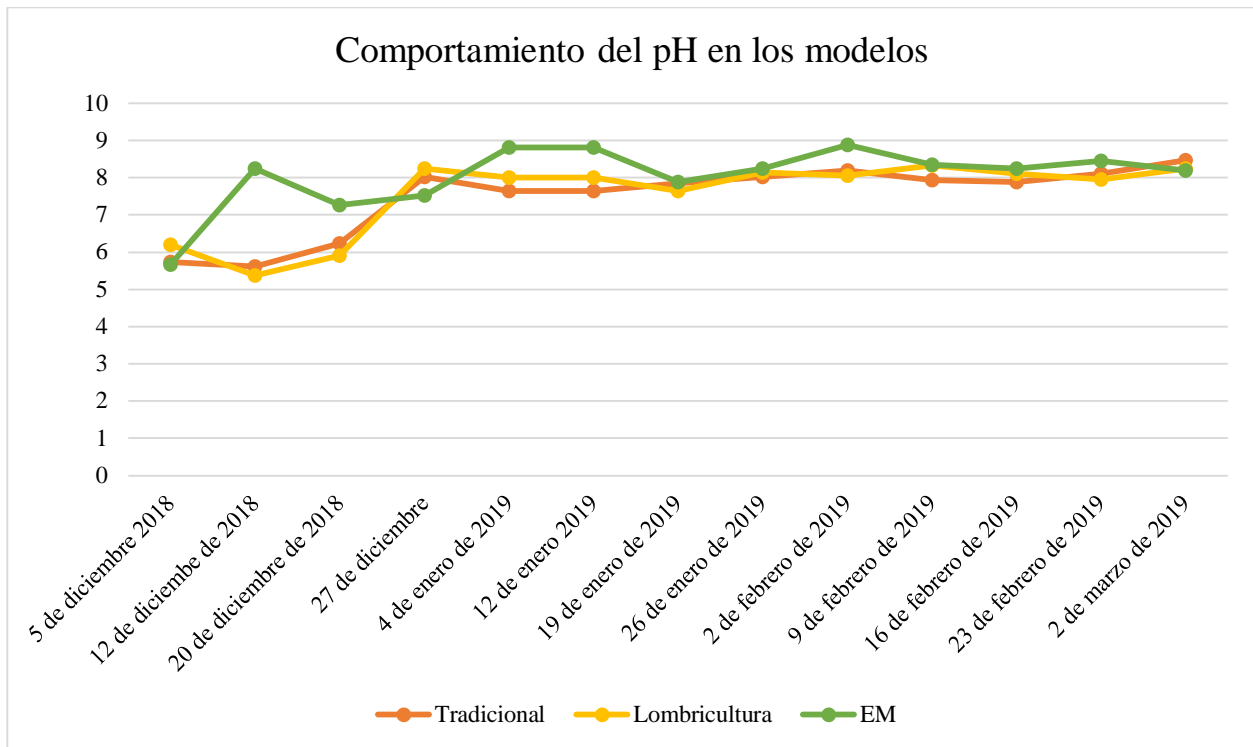


Figura 120. Comportamiento del pH en cada uno de los modelos durante todo el proceso.

Fuente: Autor (2019)

De la figura anterior, se puede anotar que, de todos los parámetros esta es la que más irregularidad refleja, porque el comportamiento estuvo marcado por ascensos y descensos en todos los procesos, especialmente durante las primeras semanas, ya después fue un poco más estable. Cabe destacar que el modelo de EM fue el que menor caída de pH tuvo durante todo el proceso, lo que indica un punto a favor de dicho modelo.

5. Resultados de Laboratorio.

Dentro de las actividades de seguimiento y toma de datos, se comprendía la toma de muestras de cada uno de los modelos de compostaje establecidos, para así ser enviados a laboratorio, con el fin de verificar los parámetros de pH, Materia Orgánica, N, P, K, Relación C/N y Carbono Orgánico, para lo cual dentro de los 3 meses de seguimiento, se debía tomar una muestra de cada

uno de los tres reactores al finalizar cada mes a partir de la siembra de los modelos de compostaje.

Para el primer mes, no se pudo obtener una muestra idónea para ser enviada a laboratorio, ya que aún los tres modelos de compostaje establecidos (Tradicional, EM y lombricultivo), se encontraban “Crudos”, presentado características físicas y organolépticas poco favorables para ser enviados a su respectivo análisis.

5.1. Primer análisis de laboratorio.

Al finalizar el segundo mes de siembra de los modelos de compostaje en cada uno de los reactores establecidos en el proceso, se extrajeron 500 Gr de cada reactor con el fin de ser enviados para determinar las variables mencionadas anteriormente y dicho resultado se representa a continuación. (Ver anexo 1).

Tabla 84. Resultados del primer laboratorio del modelo de compostaje en reactor por EM.

FECHA DE MUESTREO		30 de Enero del 2019	
TIPO DE MUESTRA		Compostaje EM.	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
pH	--	9,7	Potenciométrico
Materia Orgánica	%	13,30	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	7,7	Walkley - Black
Nitrógeno	%	1,0	Kjeldalh

Relación C/N	--	7,8	Teórico
Potasio	%	0,74	Espectrofotométrico/AA
Fosforo	%	0,2	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Fuente: Autor (2019)

Tabla 85. Resultados del primer laboratorio del modelo de compostaje en reactor Lombricultivo.

FECHA DE MUESTREO		30 de Enero del 2019	
TIPO DE MUESTRA		Compostaje lombricultivo	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
pH	--	8,9	Potenciométrico
Materia Orgánica	%	12,50	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	7,3	Walkley - Black
Nitrógeno	%	1,0	Kjeldalh
Relación C/N	--	7,3	Teórico
Potasio	%	0,86	Espectrofotométrico/AA
Fosforo	%	0,2	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Fuente: Autor (2019)

Tabla 86. Resultados del primer laboratorio del modelo de compostaje en reactor de compostaje tradicional.

FECHA DE MUESTREO		30 de Enero del 2019	
TIPO DE MUESTRA		Compostaje Tradicional	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
pH	--	9	Potenciométrico
Materia Orgánica	%	11,80	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	6,8	Walkley - Black
Nitrógeno	%	0,8	Kjeldalh
Relación C/N	--	8,6	Teórico
Potasio	%	0,83	Espectrofotométrico/AA
Fosforo	%	0,2	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Fuente: Autor (2019)

Al analizar los resultados de los parámetros obtenidos en cada una de las muestras de los modelos de compostaje, el paso a seguir es la relación y comparación de cada uno de los parámetros frente a los modelos implementados, esto relacionado con los datos obtenidos al finalizar el segundo mes de siembra de los tres modelos de compostaje.

Comparacion de Ph entre modelos.

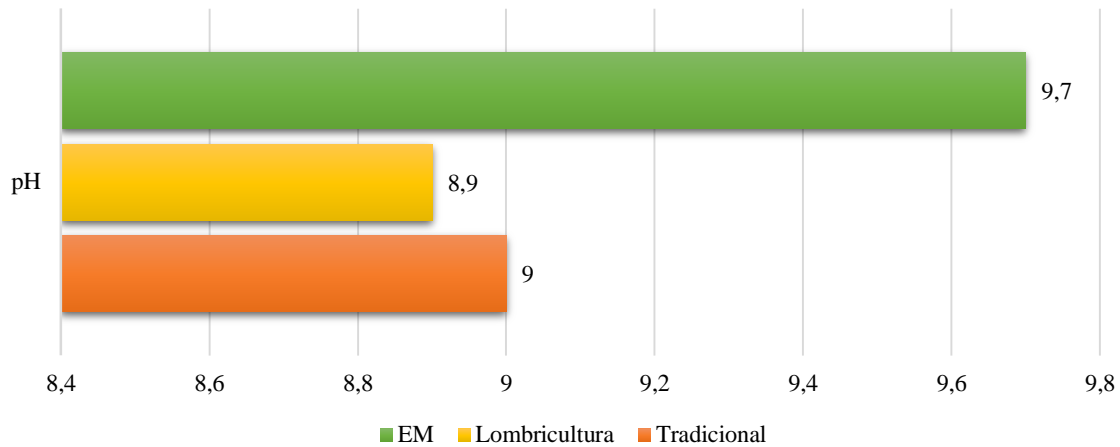


Figura 121. Valores arrojados en el pH del primer análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El pH analizado en los resultados de laboratorio, arrojaron que el modelo de compostaje por EM, presenta un pH muy alcalino para el proceso de descomposición en la etapa termófila de las muestras, por otro lado las muestras obtenidas en los reactores de lombricultivo y tradicional, arrojaron un pH menor en comparación con la muestra obtenida de los EM, sin embargo sigue siendo unos valores por fuera del rango optimo en las fases termófilas, Estos resultados pueden estar asociados, a los excesos de nitrógeno provenientes del material orgánico empleado, una deficiencia en la relación C:N y los excesos de humedad y temperatura, lo cual producen amoniaco, el cual altera el pH siendo más propenso a un rango de alcalinidad.

Comparacion de % M.O entre modelos.

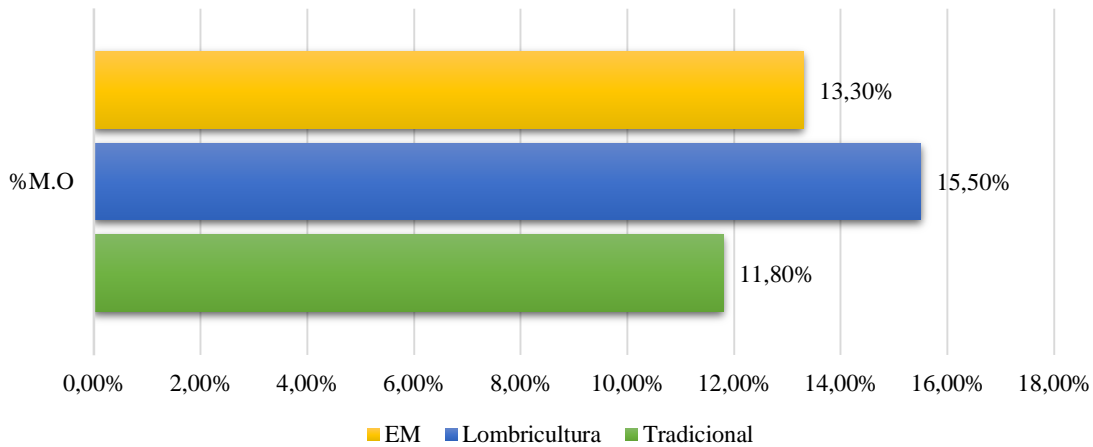


Figura 122. Concentración de % de M.O arrojado en análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

Al enviar las muestras en fase termófila, los resultados arrojados en el porcentaje de materia orgánica en cada uno de los tres modelos establecidos, se pudo establecer que el reactor de lombricultivo, presento un porcentaje de concentración de M.O más alta de los tres modelos con un 15.5 %, seguido del modelo de los EM con 13.3 % y por último el modelo de compostaje tradicional con un 11,8 % el cual fue el que presento un porcentaje menor en concentración de M.O. este porcentaje se encuentra dentro de los rangos óptimos de fase termófila en los procesos de compostaje.

Comparacion de % C.O entre modelos.

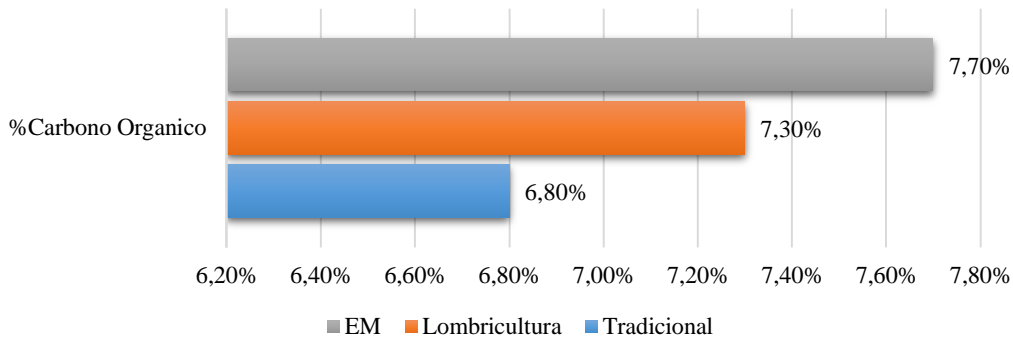


Figura 123. Concentración de % de C.O arrojado en análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El porcentaje de carbono orgánico obtenido en las muestras, comprenden que el modelo de los EM, contiene un mayor porcentaje de C.O frente a los otros dos modelos con un 7,7%, seguido del modelo de lombricultivo, con 7,3%, por último, el modelo tradicional, arrojo un 6,8% de concentración de C.O, estos valores están asociados a la relación C: N, el cual es importante a la hora de determinar la relación presente en estos elementos para la producción de compostaje.

Comparacion de % Nitrogeno entre modelos.

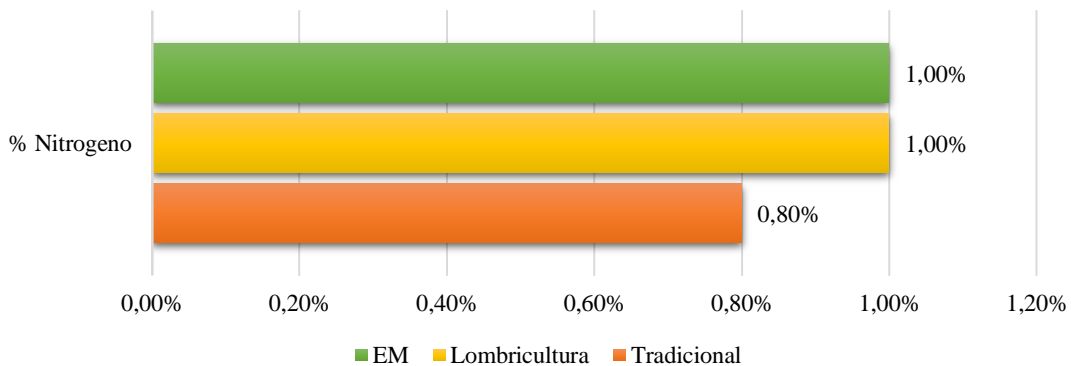


Figura 124. Concentración en el % de C.O arrojado en análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

Los resultados obtenidos en el porcentaje de nitrógeno, corresponden a un rango óptimo la fase termofílica la cual comprende el rango de 1 a 2%, en este caso los modelos lombricultivo y EM, se encuentran dentro del rango establecido, por el contrario el modelo tradicional se encuentra 0,2 % por debajo de los criterios óptimos para esta fase en la que se obtuvieron las respectivas muestras.

Comparación de Relación C/N entre modelos.

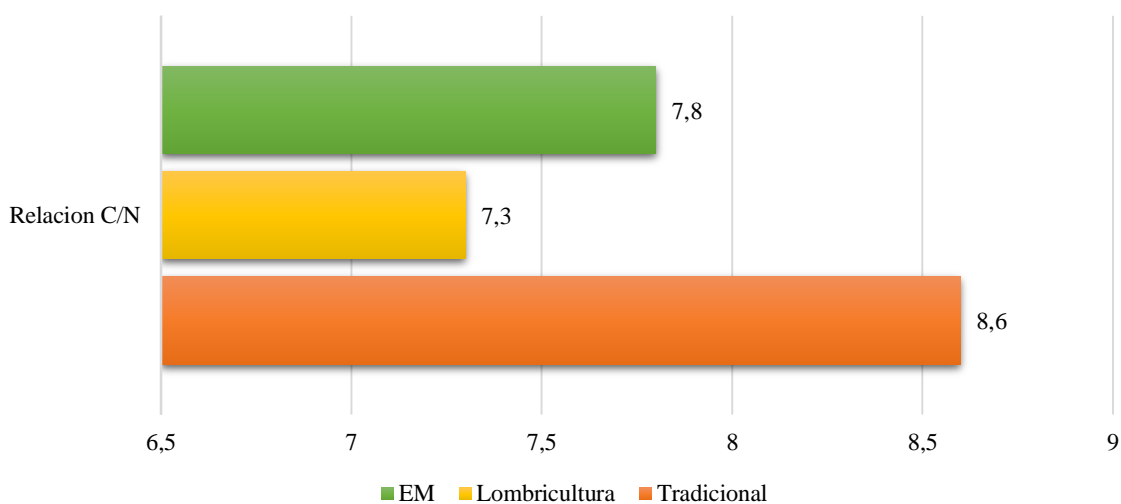


Figura 125. Relación C/N entre modelos, arrojado en análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

La relación C/N se obtiene de dividir el valor del carbono orgánico sobre el porcentaje de nitrógeno, en los resultados obtenidos, se encuentran por debajo de la relación óptima en los procesos de maduración de compostaje teniendo en cuenta que en etapa termófila los rangos se deben encontrar entre 15 a 20 su relación, en estos resultados el compostaje tradicional presenta la relación más alta con 8,6, seguido de los EM, con 7,8 y por último el lombricultivo con un valor de 7,3.

Comparacion de % Potasio entre modelos.

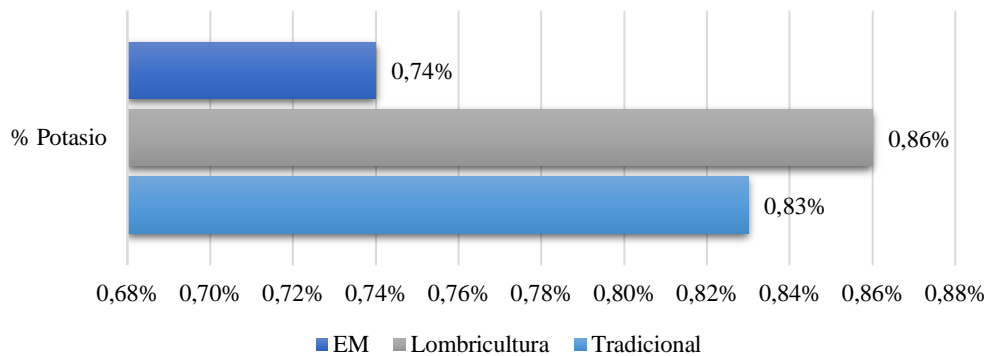


Figura 126. Concentración en el % de potasio arrojado en análisis de laboratorio para cada modelo.

Fuente: Autor (2019)

Los porcentajes arrojados en la comparación de potasio presente en las muestras obtenidas de los modelos de compostaje, arrojaron que la muestra del lombricultivo, presenta una mayor concentración de este elemento mayor con 0,86, en comparación con el modelo tradicional el cual tuvo 0,83% en su concentración y por último el modelo de los EM, presento una menor concentración con 0,74%.

Comparacion de % Fosforo entre modelos.

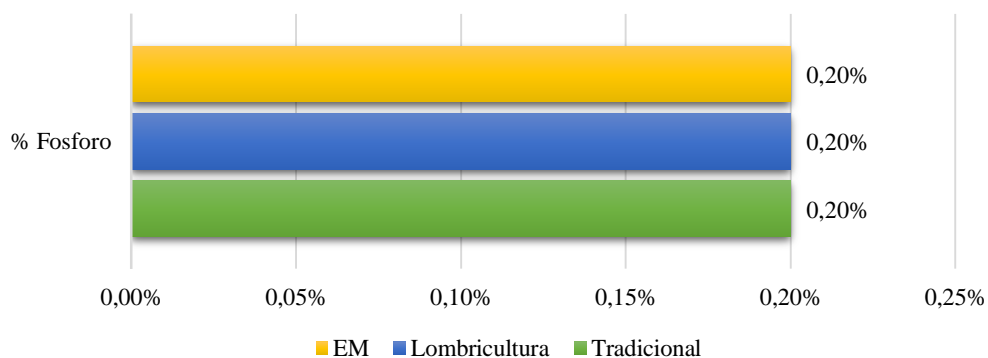


Figura 127. Concentración en el % de fosforo arrojado en análisis de laboratorio para cada modelo.

Fuente: Autor (2019)

El porcentaje de fósforo arrojado por el resultado de los laboratorios para los tres modelos evaluados fue bajo con un 0,20% para las tres muestras analizadas en esta etapa termofílica de compostaje.

5.2. Segundo análisis de laboratorio.

Posteriormente al finalizar el tercer mes de siembra de los modelos de compostaje en cada uno de los reactores establecidos en el proyecto de investigación, para esta muestra final, se extrajeron 500 Gr, con el fin de determinar las variables mencionadas anteriormente, dichos resultados de laboratorio (Ver anexo 2) y su respectiva comparación se puede observar en la siguiente continuación:

Tabla 87. Resultados del segundo laboratorio del modelo de compostaje en reactor por EM.

FECHA DE MUESTREO		02 de Marzo 2019	
TIPO DE MUESTRA		Compostaje EM.	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
pH	--	8,9	Potenciométrico
Materia Orgánica	%	13,27	Walkley – Black
Carbono Orgánico	%	7,7	Walkley – Black
Nitrógeno	%	1,13	Kjeldalh
Relación C/N	--	6,82	Teórico

Potasio	%	1,78	Espectrofotométrico/AA
Fosforo	%	0,22	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Fuente: Autor (2019)

Tabla 88. Resultados del segundo laboratorio del modelo de compostaje en reactor Lombricultivo.

FECHA DE MUESTREO		02 de Marzo 2019	
TIPO DE MUESTRA		Compostaje lombricultivo	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
pH	--	9,2	Potenciométrico
Materia Orgánica	%	13,47	Walkley – Black
Carbono Orgánico	%	7,81	Walkley – Black
Nitrógeno	%	1,19	Kjeldalh
Relación C/N	--	6,6	Teórico
Potasio	%	1,75	Espectrofotométrico/AA
Fosforo	%	0,30	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Fuente: Autor (2019)

Tabla 89. Resultados del segundo laboratorio del modelo de compostaje en reactor de compostaje tradicional.

FECHA DE MUESTREO		02 de Marzo 2019	
TIPO DE MUESTRA		Compostaje Tradicional	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
pH	--	9	Potenciométrico
Materia Orgánica	%	13,67	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	8,0	Walkley - Black
Nitrógeno	%	1,12	Kjeldalh
Relación C/N	--	7,2	Teórico
Potasio	%	1,51	Espectrofotométrico/AA
Fosforo	%	0,22	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Fuente: Autor (2019)

En las tablas anteriores, que resume las unidades, métodos y resultados de los parámetros analizados en cada una de las muestras de los modelos de compostaje. A continuación, se grafican los diferentes parámetros con el fin de realizar la comparación de los criterios establecidos al finalizar el proceso de compostaje de los tres reactores.

Comparacion de Ph entre modelos.

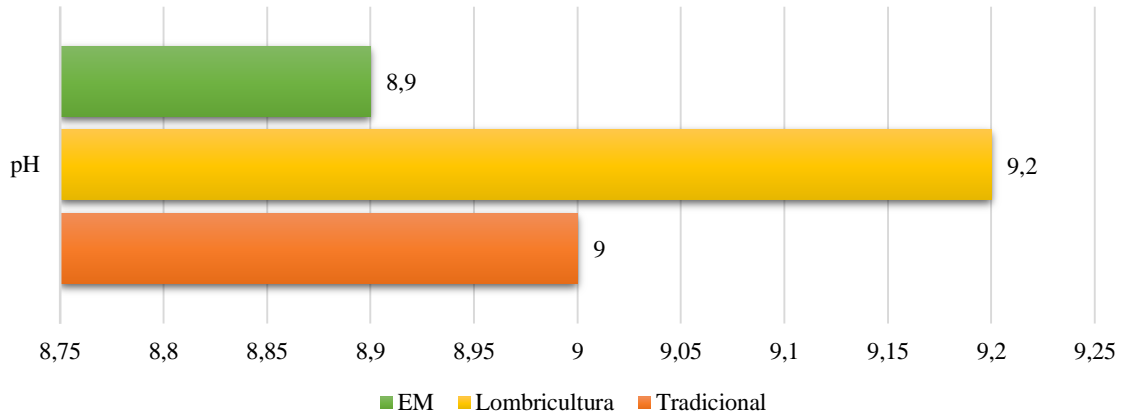


Figura 128. Valores arrojados en el pH del análisis final de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

el resultado del pH en los respectivos análisis de laboratorio, arrojaron que el modelo de compostaje por lombricultura, presenta un pH ligeramente alcalino, por encima de los modelos de EM y compostaje tradicional, por otra parte, la muestra obtenida de los EM, presento un rango menor en el pH, buscando la neutralidad, seguido del modelo tradicional.

Comparacion de % M.O entre modelos.

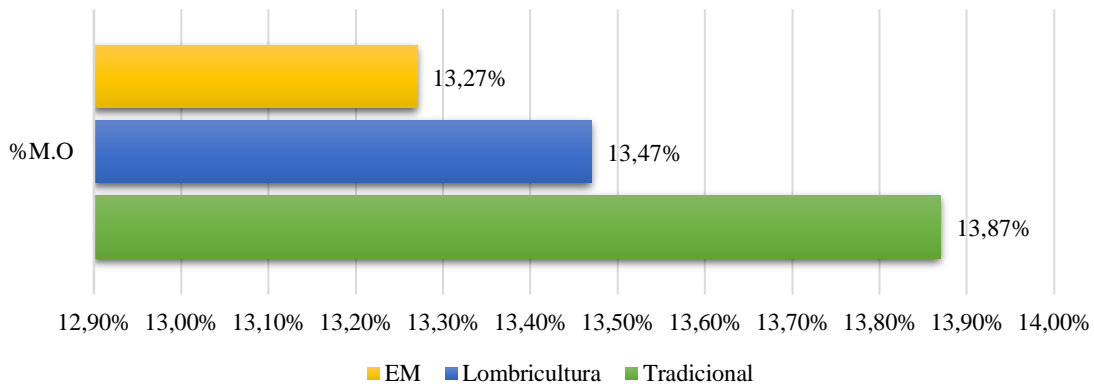


Figura 129. Concentración de % de M.O arrojado en análisis final de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El respectivo análisis arroja que los tres modelos se encuentran parejos en cuanto al % de M.O en cada muestra, sin embargo, se puede apreciar que el compostaje tradicional, tiene 0,6% más de materia orgánica que el modelo de los EM, seguido por 0,2 % más del modelo de lombricultivo.

Comparacion de % C.O entre modelos.

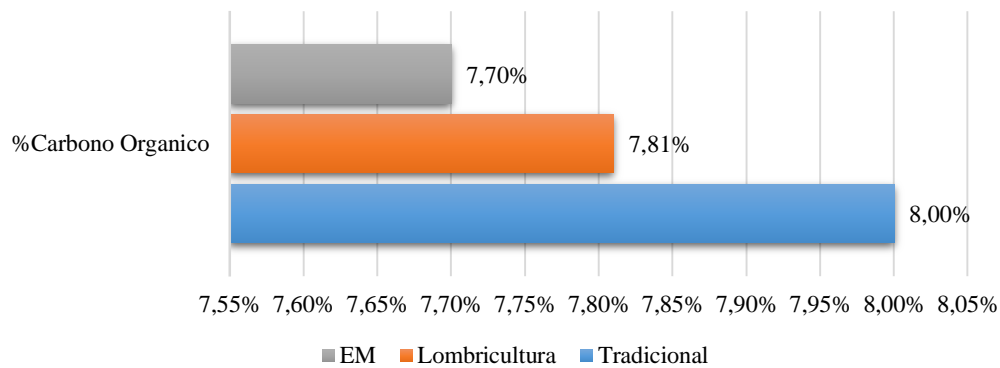


Figura 130. Concentración de % de C.O arrojado en análisis final de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El porcentaje de carbono orgánico obtenido en el respectivo análisis, arroja un 8% de concentración de C.O, en el modelo tradicional, seguido de un 7,8% por el modelo del lombricultivo y por ultimo con una reducción mínima el modelo de los EM con un 7,7%. Dicho parámetro se debe tener en cuenta para la realización del cálculo de la relación C/N final.

Comparacion de % Nitrogeno entre modelos.

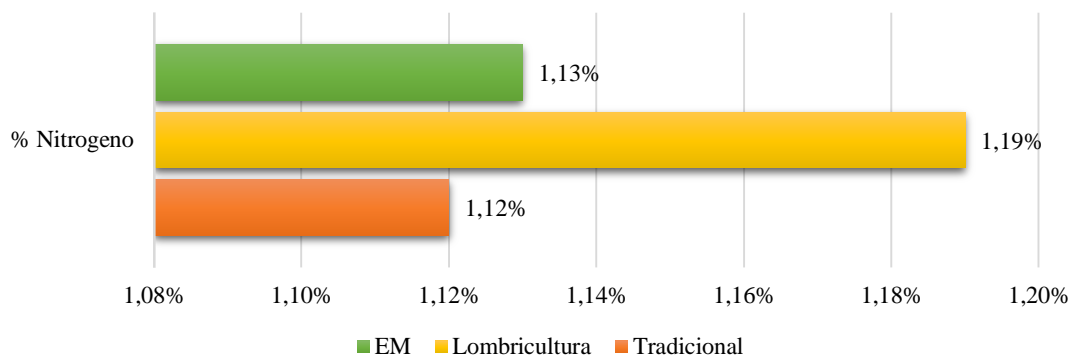


Figura 131. Concentración en el % de C.O arrojado en análisis final de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

Los resultados obtenidos en el porcentaje de nitrógeno, evidencian que el modelo de lombricultivo, contiene un porcentaje de nitrógeno mayor con un 1,19 %, seguido del modelo EM con 1,13%, por ultimo observamos que el compostaje tradicional obtuvo un 1,12% muy seguido de los EM.

Comparacion de Relacion C/N entre modelos.

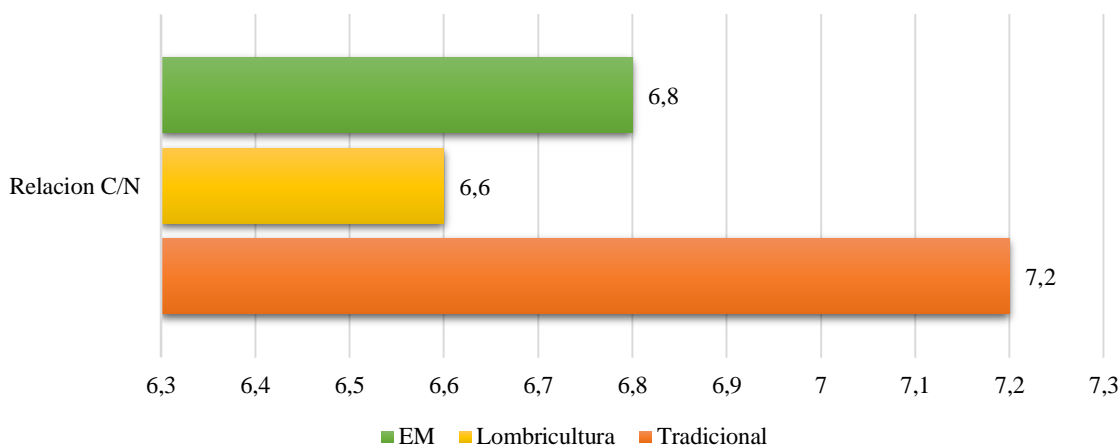


Figura 132. Relación C/N entre modelos, arrojado en análisis final de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

Esta relación arrojada en análisis de laboratorio, muestra que el modelo tradicional presenta una mayor relación C/N con un 7,2, seguido del modelo de los EM con un total de 6,8, por ultimo con dos valores menos, tenemos el modelo de lombricultura con un total de 6,6.

Comparacion de % Potasio entre modelos.

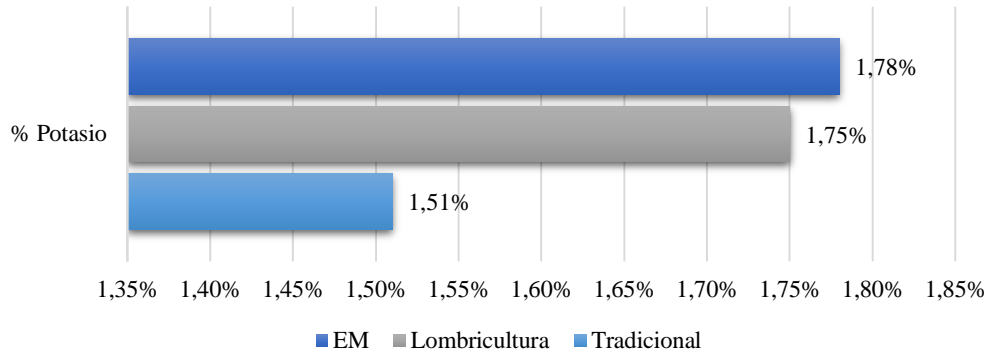


Figura 133. Concentración en el % de potasio arrojado en análisis final de laboratorio para cada modelo.

Fuente: Autor (2019)

Dentro de los elementos mayores analizados, tenemos el potasio, en el cual se obtuvo un mayor porcentaje de concentración en el modelo de los EM con un total de 1,78%, seguido de 1,75% en el modelo de lombricultura, por último, el compostaje realizado con el modelo tradicional obtuvo un 1,51% de concentración, siendo el más bajo de los tres tipos de compostaje.

Comparacion de % Fosforo entre modelos.

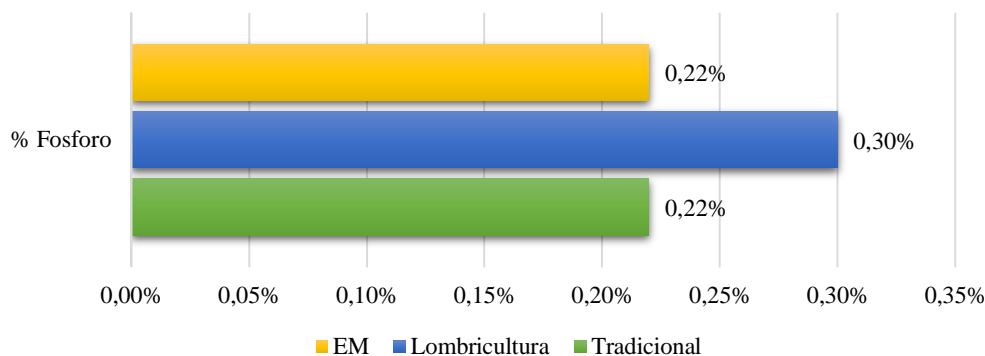


Figura 134. Concentración en el % de fosforo arrojado en análisis final de laboratorio para cada modelo.

Fuente: Autor (2019)

El porcentaje de fosforo que presento una mayor concentración, lo obtuvo el modelo del lombricultivo con un porcentaje de 0,30%, seguido de los dos modelos restantes con un 0,22%.

5.3.Relación de datos obtenidos entre análisis de laboratorio 1 y 2.

Se realizó una comparación de valores en los parámetros evaluados por medio de análisis de laboratorio a cada una de las muestras de modelos de compostaje, dicha comparación se correlaciona con el fin de determinar qué tipo de compostaje es más viable para implementar como una posible solución a la problemática de generación de residuos sólidos en la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué.

Tabla 90. Comparación de resultados del análisis de laboratorio

Parámetro	Análisis	Tradicional	Lombricultivo	EM
pH	1 análisis	9	8,9	9,7
	2 análisis	9	9,2	8,9

% M.O	1 análisis	11,80	12,50	13,30
	2 análisis	13,67	13,47	13,27
% C.O	1 análisis	6,8	7,3	7,7
	2 análisis	8,0	7,81	7,7
% Nitrógeno	1 análisis	0,8	1,0	1,0
	2 análisis	1,12	1,19	1,13
Relación C/N	1 análisis	8,6	7,3	7,8
	2 análisis	7,2	6,6	6,82
% Potasio	1 análisis	0,83	0,86	0,74
	2 análisis	1,51	1,75	1,78
% Fosforo	1 análisis	0,2	0,2	0,2
	2 análisis	0,22	0,30	0,22

Fuente: Autor (2019)

A continuación, se representa gráficamente los resultados de los parámetros establecidos como criterios de evaluación para la determinación del modelo viable de compostaje en cada uno de los análisis respectivos:

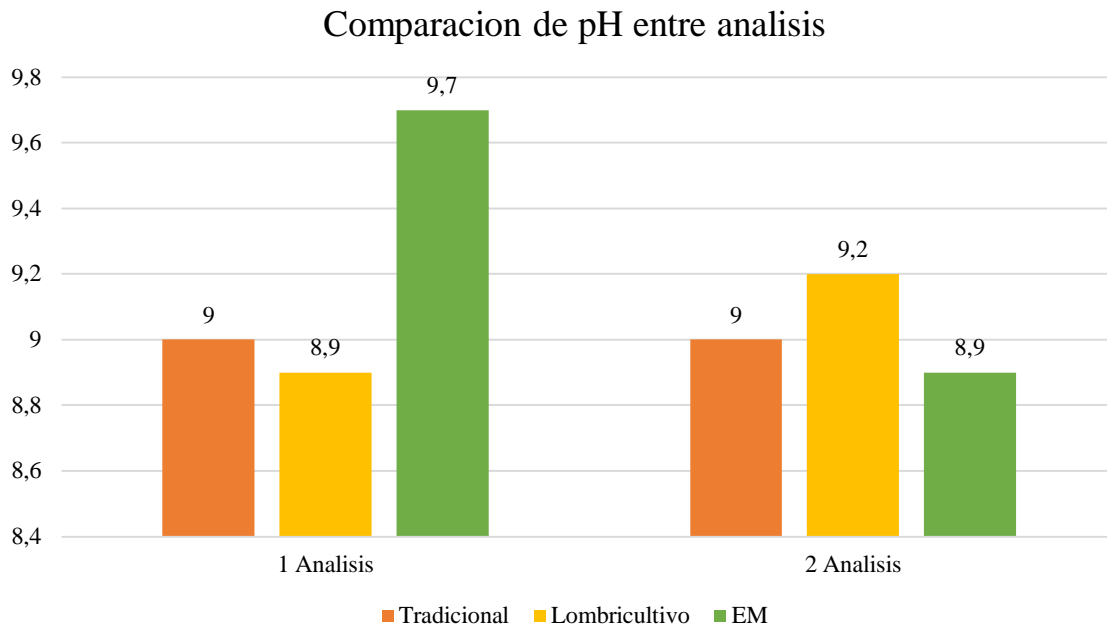


Figura 135. Comparación en el pH registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El parámetro de pH registrado en los dos análisis realizados, indican que, para el modelo tradicional, continuó con el mismo pH registrado y no hubo ninguna variación en cada uno de los análisis realizados, por otro lado el modelo de lombricultivo, en su segundo análisis presento un aumento en el pH, siendo más alcalino que el primer análisis realizado con tres valores de referencia por encima. Por ultimo tenemos el modelo de los EM, el cual indico al finalizar el proceso de compostaje, una reducción significativa en su rango de pH respecto al primer análisis realizado, lo cual indica que, para el parámetro del pH al finalizar el proceso, el modelo de los EM, presenta las mejores condiciones de elección. Sin embargo, según la FAO (2013) “Cuando el pH tiene un rango mayor de 8.5, existe un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio” (p, 29)

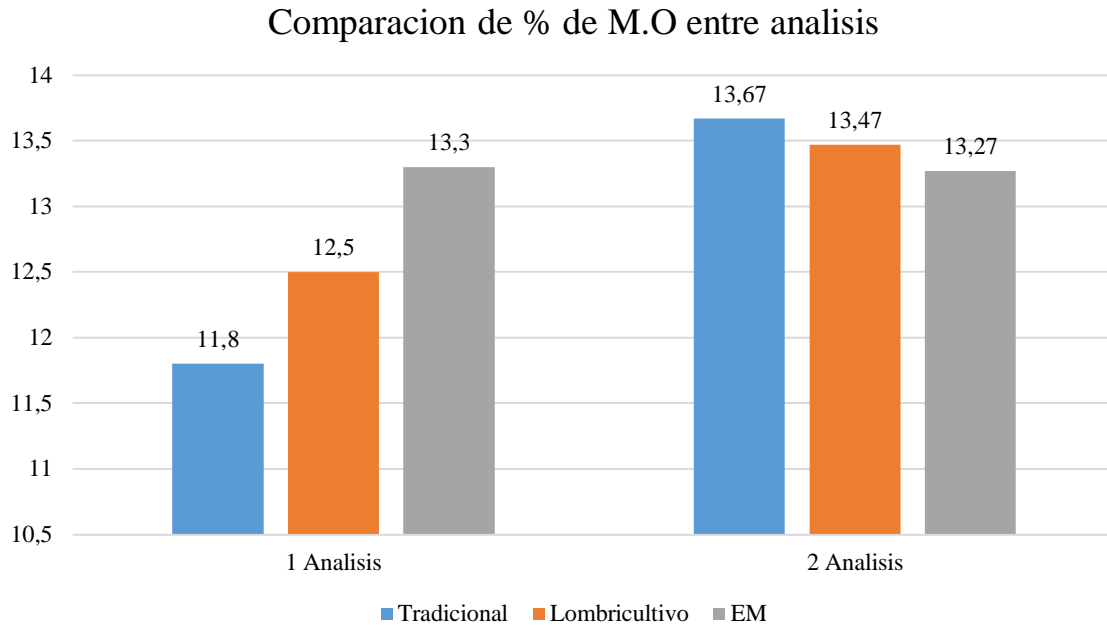


Figura 136. Comparación en el % de M.O registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

La comparación entre los dos análisis realizados con respecto al parámetro de % de M.O arroja que en el segundo análisis en todos los modelos hubo un incremento en el porcentaje de materia orgánica, siendo el más representativo el modelo tradicional, el cual paso de ser el que contenía el porcentaje más bajo en el primer análisis a tener la concentración más alta con un 13,67%, seguido de cerca por el modelo del lombricultivo con un 13,47%, por último el compostaje de los EM, presento un menor porcentaje con 13,27. Estos valores arrojados en el segundo análisis, no presentan diferencias significativas. Para este parámetro el modelo más viable es el compostaje tradicional.

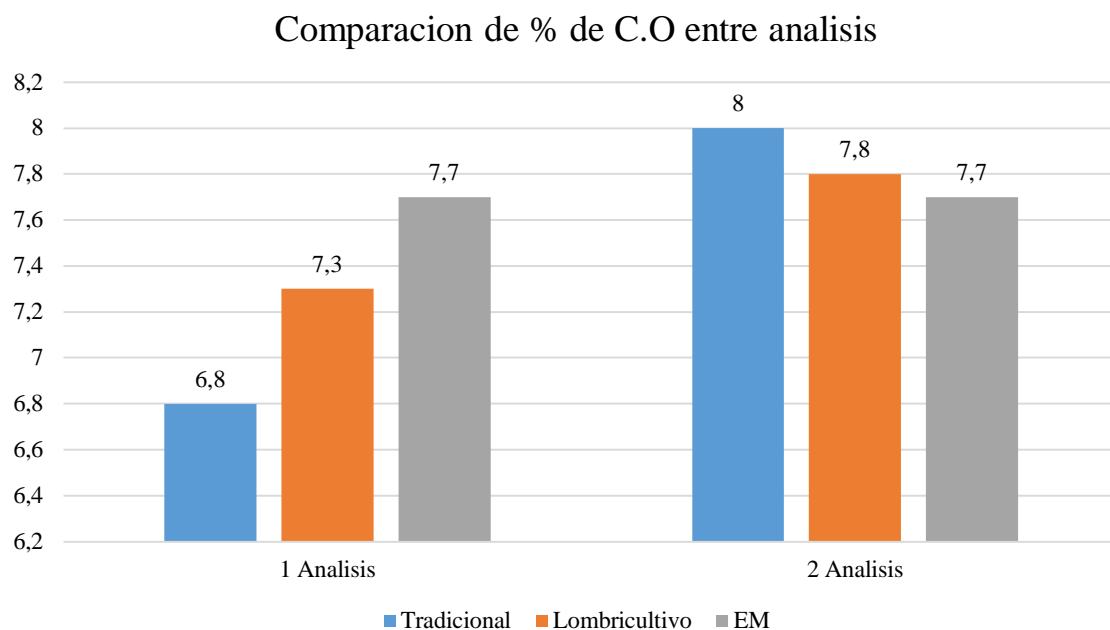


Figura 137. Comparación en el % de C.O registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El carbono orgánico registrado en los dos análisis realizados, presentan un aumento en los modelos tradicional y lombricultivo, por el contrario, el modelo de los EM, presento el mismo porcentaje de concentración respecto al primer análisis de laboratorio con un total de 7,7%. Este parámetro es fundamental a la hora de determinar la relación C/N en cada uno de los modelos establecidos, por lo cual una mayor cantidad de carbono orgánico presenta unas condiciones favorables para una correcta relación entre estos dos elementos. Por ende, el modelo tradicional presenta las condiciones ideales para realizar una mejor relación C/N.

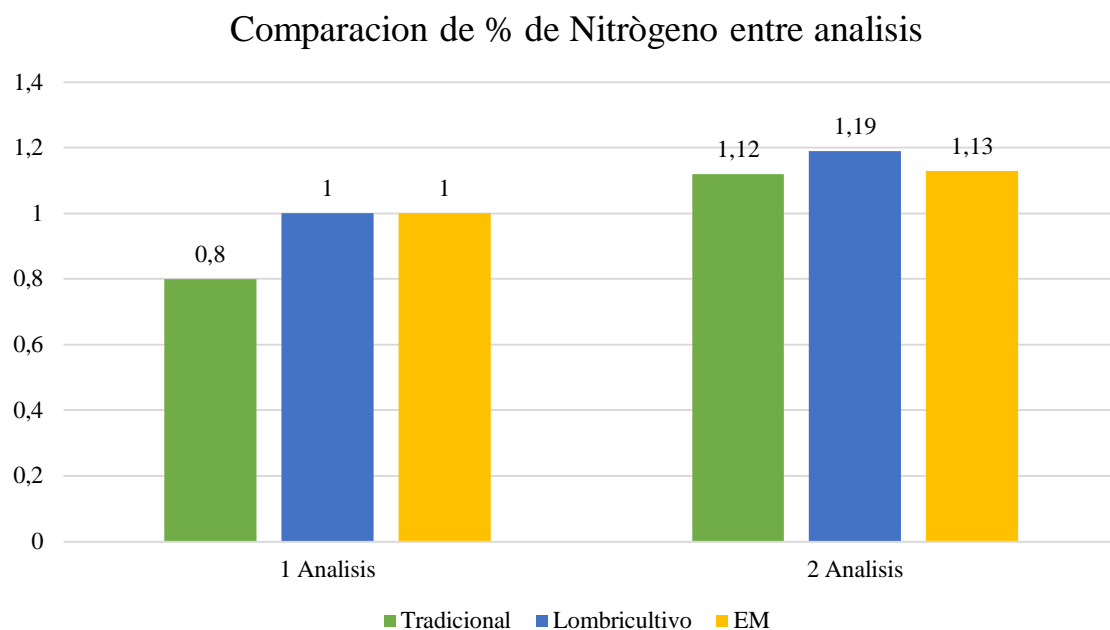


Figura 138. Comparación en el % de Nitrógeno registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

El porcentaje de nitrógeno que arrojaron los respectivos análisis de laboratorio, tuvieron una variación mínima en los tres modelos, en el cual aumentaron su concentración del primer al segundo análisis realizado, teniendo en cuenta que el modelo de lombricultivo, presento la mayor concentración de nitrógeno en la muestra final, por lo cual dicho compostaje para este parámetro es el más viable a realizar. El modelo que presento una menor concentración de Nitrógeno en los dos análisis realizados fue el reactor tradicional.

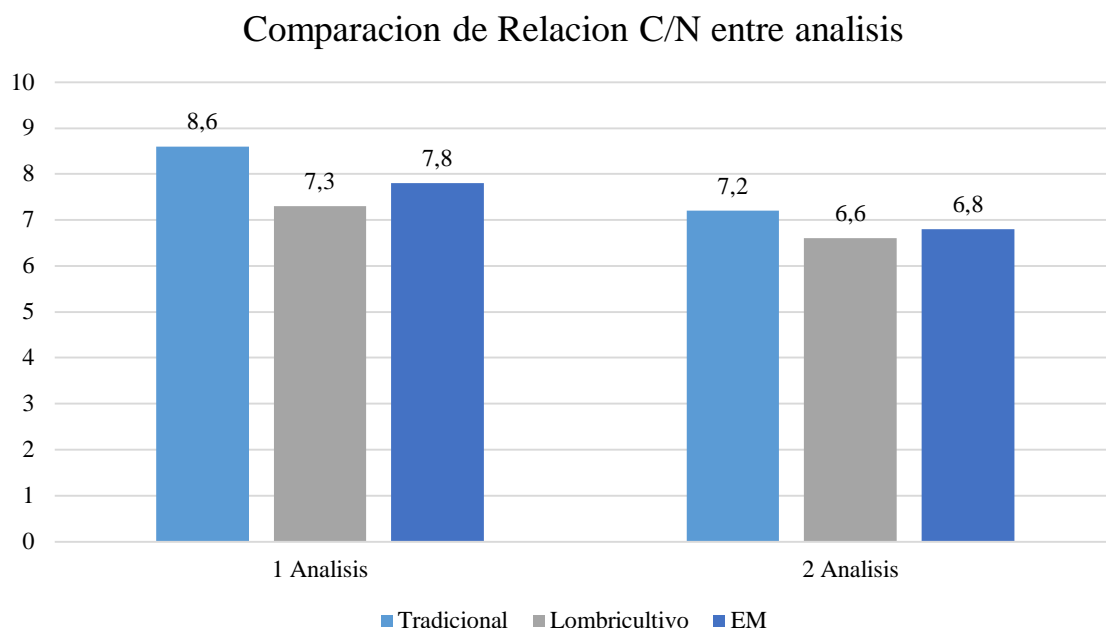


Figura 139. Comparación en la relación C/N registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

En la respectiva gráfica, podemos observar la disminución en los valores de relación C/N del primer análisis realizado, frente al análisis final, en el cual en cada uno de los tres modelos existió una reducción de los valores de referencia, lo cual indica que según información de la FAO (2013) “el rango optimo en la relación C/N está determinado en un rango 25:1 – 40:1, por el contrario si el rango se encuentra en 1:1 – 24:1, el compostaje presenta niveles altos en nitrógeno” (p, 29). Esto asociado a los altos valores en el rango de pH, reafirma los altos niveles de nitrógeno que presentan los modelos evaluados.

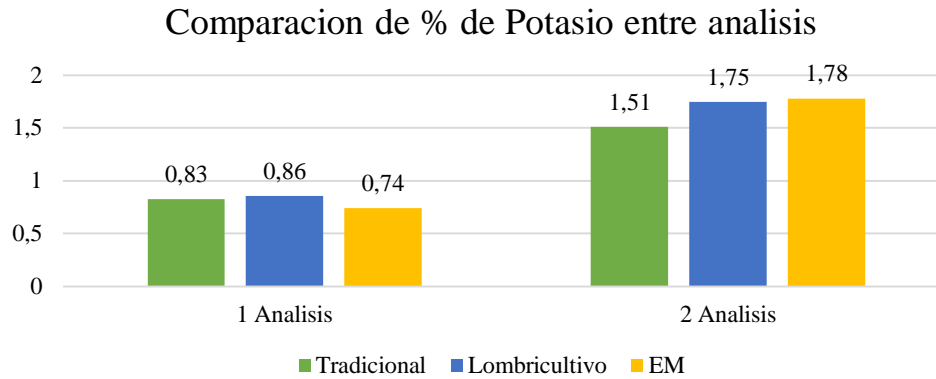


Figura 140. Comparación en el % de potasio registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

Se logra interpretar que la concentración en el % de potasio presente en cada uno de los modelos presento una variación entre el resultado del primer análisis frente al segundo, en el cual se logra establecer una mayor concentración un mes después de la primera muestra de laboratorio obteniendo un incremento exponencial en cada modelo, sin embargo, el compostaje realizado por los EM, presenta una mayor concentración lo cual indica la viabilidad de este modelo.

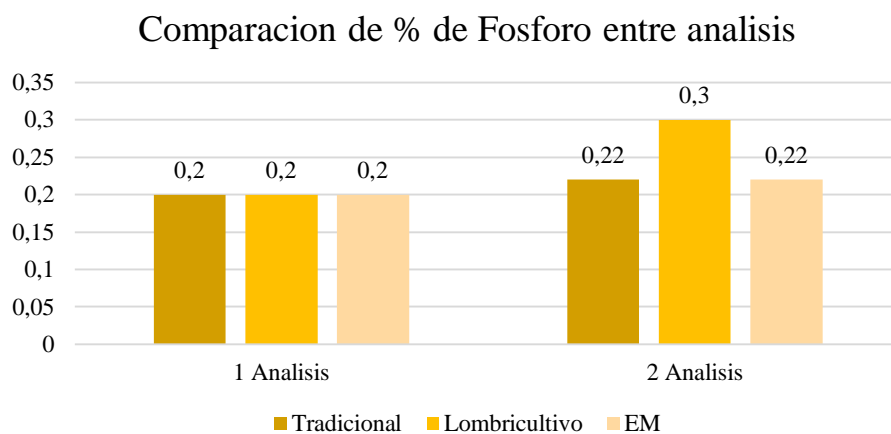


Figura 141. Comparación en el % de fosforo registrado en los respectivos análisis de laboratorio.

Fuente: Autor (2019)

La gráfica representa la concentración en el porcentaje de fosforo arrojado en los dos análisis de laboratorio realizados, en el cual para el primer análisis los tres modelos se comportaron de la misma manera en cuanto a su concentración, posteriormente en los resultados del segundo análisis, se pudo establecer un incremento mínimo de este elemento mayor en el modelo del lombricultivo principalmente, el cual nos indica que para este parámetro su comportamiento fue el más viable, frente a los demás modelos de compostaje.

6. Análisis general de los resultados obtenidos.

Basados en los resultados obtenidos de la bitácora de seguimiento, los respectivos análisis de laboratorio, el tiempo de compostaje y la cantidad de residuos sólidos orgánicos degradado por cada uno de los tres modelos establecidos, se correlacionan los parámetros de lixiviados totales, pH final registrado, porcentaje de materia orgánica , Relación Carbono/ Nitrógeno, porcentaje de nitrógeno, fosforo y potasio aportado y el porcentaje de residuos sólidos orgánico no compostado, para así con esta información final, esclarecer cuál de los tres modelos paralelos de compostaje da una solución viable y practica al problema de la inadecuada disposición final y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de la plaza la 21 de la ciudad de Ibagué. En la siguiente tabla, se identifican los valores obtenidos en los parámetros de evaluación dentro del seguimiento y toma de datos de los modelos de compostaje realizados.

Tabla 91. Elección de la viabilidad de los modelos de compostaje

Parámetros de evaluación final	Modelos de Compostaje			Viabilidad del modelo
	Tradicional	Lombricultivo	EM	
Lixiviados total (ml)	7.722	8.578	4.525	EM

pH final compostado	9	9,2	8,9	EM
% De Materia Orgánica	13,67	13,47	13,27	Tradicional
Relación C/N	7,2	6,6	6,82	Tradicional
% de Nitrógeno	1,12	1,19	1,13	Lombricultivo
% De Potasio	1,51	1,75	1,78	EM
% de Fosforo	0,22	0,30	0,22	Lombricultivo
% De RSO no Compostado	11,6	8,6	7,2	EM

Fuente: Autor (2019)

Con el análisis final de la tabla de los parámetros de evaluación final, frente a los resultados obtenidos como consecuencia de los criterios de selección, se determinó que el modelo que presenta una viabilidad, un menor tiempo de degradación de residuos sólidos orgánicos y dentro del concepto económico presenta un manejo más adecuado para dar solución a la problemática planteada, fue el modelo de los Microorganismos Eficientes (EM) siendo de fácil consecución y multiplicación, lo cual es un gran ventaja a la hora de aplicar este modelo, que impacta positivamente en la reducción de efectos adversos que produce la compostación de residuos sólidos orgánicos, por ende este método fue seleccionado como el mejor modelo dentro de la investigación y comparación entre sistemas de compostaje tradicional y lombricultivo, sin embargo se relaciona la siguiente información con el fin de esclarecer los valores obtenidos en cada uno de los parámetros evaluados. Para el parámetro de los lixiviados, el modelo de los EM,

presenta el menor índice en generación de líquidos provenientes del proceso de descomposición de residuos, el cual es un punto de interés en la generación de vertimientos de contaminación en las fuentes hídricas y la acumulación de compuestos que generan gases nocivos, por lo cual los EM, presentan una viabilidad en la generación y manejo de lixiviados. Bernache (2011), Argumenta que Otro vector importante de contaminación en los sitios de disposición final es el lixiviado no controlado. El controlarlo implica mantener el flujo de lixiviados dentro del sitio de disposición final y darle un tratamiento apropiado para neutralizar sus residuos peligrosos, principalmente tóxicos (metales pesados). Cuando estos lixiviados escapan del sitio pueden ocasionar contaminación de fuentes de agua y suelos. (p.102)

“la presencia de amoníaco y sulfatos (NH_3 y SO_4) en lixiviados generados por procesos de compostaje con exceso de humedad, favorecen la producción de ácido sulfhídrico y dióxido de nitrógeno (H_2S y NO_2) que, junto con el metano, (CH_4), son considerados gases efecto invernadero (GEI) con importantes impactos negativos en el medio ambiente, y en especial en el cambio climático” (FAO, 2013, p, 32)

Por otra parte, el pH registrado en el modelo de los EM, se encuentra un poco por encima del rango óptimo establecido, sin embargo, es el pH más bajo de los tres modelos establecidos buscando el rango de neutralidad. El porcentaje de materia orgánica se encuentra dentro de un rango por igual en los tres modelos analizados, sin embargo, el modelo tradicional, cuenta con unos valores de concentración de materia orgánica más alta lo cual es favorable. En la relación C/N, ningún modelo se pudo establecer con una relación adecuada, esto debido a los excesos de nitrógeno provenientes de las fuentes de origen de los RSO utilizados y los respectivos porcentajes de los mismos para el compostaje de cada uno de los modelos, sin embargo, el modelo tradicional, presenta la relación C/N más alta. Respeto al porcentaje de nitrógeno, el

modelo de lombricultivo presentó el porcentaje más alto en comparación con los tres modelos, sin embargo, estos resultados obtenidos fueron altos en sus tres muestras y por ende no ocurrió una correcta relación C/N. En cuanto al porcentaje de potasio, el modelo de los EM, fue el que presento un mayor índice de concentración en su material compostado, por el contrario, para el porcentaje del fosforo, fue le modelo del lombricultivo el que logro obtener una mayor concentración en un porcentaje de este elemento mayor. Por último, referente a el porcentaje de RSO compostado, se encontró que el modelo de los EM, lograron descomponer en menor tiempo más residuos sólidos orgánicos que los demás modelos, presentando el menor porcentaje en RSO no compostados durante un periodo de 90 días, lo cual en términos de tratamiento y disposición final es una ventaja a la hora de poder transformar en abono orgánico cada vez más rápido los residuos sólidos orgánicos.

7. Conclusiones

De acuerdo con los estudios del trabajo investigativo, se logró identificar el desconocimiento de los procesos de manejo y disposición final de residuos por parte de la comunidad Ibaguereña y de los comerciantes, los cuales no se logran articular en los respectivos procesos de aprovechamiento, educación de reciclaje y recuperación de materiales orgánicos.

En vista de la falta de apoyo gubernamental, la desinformación por parte de los vendedores de la plaza de mercado y las practicas inadecuadas realizadas por los consumidores locales, no se evidencia una aplicación práctica en ningún tipo de proceso para el aprovechamiento, básicamente porque la regulación y el seguimiento opta por pasos cortos y de “rápida solución” como recolección a tiempo en los respectivos sitios, trasporte adecuado hacia el relleno sanitario y su disposición modular en compañía de más residuos de diferente naturaleza, esto debido a la no acción implementada de separación en la fuente durante su generación.

En términos de análisis, resulta siendo un obstáculo más el poco interés de las personas que interactúan en el entorno de la plaza de mercado si se observa desde un punto concreto de la gestión ambiental, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible. Ahora bien, se abre el espacio para ahondar en la problemática y proponer soluciones, para así determinar el tiempo que podrían tardar todos los organismos implicados en consensar sobre este tipo de estudios y medidas ofrecidas como posibles soluciones a la problemática de gestión de residuos, con visión a hacer de la ciudad, un territorio con una mejor sostenibilidad y con acciones integradas a la mejora continua del medio ambiente. Queda abierta la interrogativa de cómo aplicar cada detalle obtenido durante el proceso en la ciudad y en la disposición adecuada de los residuos que tanto urge en la capital tolimense.

Referente a la investigación realizada, se debe tener en cuenta al momento de ejecutar procesos de compostaje, que tipo de materiales orgánicos serán empleados para la ejecución de un proceso de compostaje, ya que, como resultado de los análisis de laboratorio, algunos parámetros pueden variar en función de la cantidad y calidad de residuos sólidos orgánicos por la naturaleza y su tipo, para así tener claridad durante todo el proceso y poder realizar los ajustes pertinentes.

Para el modelo de compostaje tradicional, se presentaron una serie de eventos temporales los cuales sirvieron para la determinación final del modelo más viable, estos eventos comprendieron la mayor generación de olor fuerte en los lixiviados obtenidos en las primeras semanas de siembra, además presento una etapa termófila mucho después en comparación con el modelo de los EM, lo cual insidío en el aumento de temperatura.

Referente al modelo de lombricultivo, este presento la mayor generación de lixiviados en todo el proceso de compostación, siendo de un olor fuerte tras las primeras tres semanas de compostaje, esto debido a la utilización de material de origen con alto contenido de humedad como lo son las frutas, sin embargo este tipo de lixiviados provenientes de los procesos de degradación por lombrices, pueden servir para la transformación y utilización de abonos líquidos o comúnmente llamado “Humus Líquido” el cual después de un proceso de transformación logra ser reutilizado a las cadenas productivas.

Para el modelo de los microorganismos eficientes (EM), las características finales del proceso en comparación con los demás modelos se establecieron dentro de un rango optimo, sin embargo los EM presentaron unas mejores condiciones durante todo el proceso como lo fue, la menor generación de lixiviados, menor olor en la compostación de RSO, menor tiempo de degradación de los residuos, además en la percepción costo beneficio, el proceso de implementación de EM,

no requiere una gran inversión, ya que dichos microorganismos los encontramos de manera natural en el ambiente y su forma de captura y propagación no requiere grandes inversiones de capital económico, lo cual justifica su implementación ya que se genera menos impactos al medio ambiente.

Así mismo los resultados arrojados en la investigación, permite recrear un panorama de aprovechamiento masivo de estos Residuos sólidos Orgánicos, los cuales pueden ser transformados en compost orgánico, para que sirvan como fuente nutricional de cultivos que requieran ciertos parámetros nutricionales como los obtenidos en el análisis de laboratorio de los modelos establecidos, además dicho abono permite modificarse según los requerimientos nutricionales del consumidor final.

En vista del crecimiento global y comercial del mercado de productos que generan altos contenidos de residuos sólidos orgánicos, la propuesta desde el desarrollo del proyecto de investigación, es la implementación de metodologías en el cual se tenga en cuenta el ciclo de vida de los productos y como las salidas de los procesos sirvan de materias primas para la implementación de nuevos sistemas, enfocados en la maximización de los recursos en cuanto a su reutilización y aprovechamiento, integrando tanto a los entes gubernamentales como a las comunidades de consumo, teniendo en cuenta los fenómenos actuales en el deterioro del medio ambiente. Con este panorama y como futuros ingenieros ambientales, estamos en las capacidades de brindar las herramientas para que cada vez más los procesos estén de la mano en la conservación del medio ambiente.

Además para fortalecer la investigación desde la perspectiva ambiental, debemos tener en cuenta que si cambiamos la ideología de identificar los residuos sólidos como simple “Basura” y no generamos procesos de valoración y aprovechamiento de los mismos, no se podrá identificar

los beneficios que se pueden adquirir tanto en los aspectos sociales, económicos como ambientales, ya que al integrar la adecuada disposición de residuos, estamos minimizando una serie de impactos que en términos de calidad de vida se verán reflejados a un futuro.

8. Recomendaciones

La recomendación primordial, pasa por fines educativos y de regulación hacia la comunidad implicada en estos procesos. Como botón de muestra, se citan situaciones en las que se le solicito a algunos vendedores la separación de los residuos orgánicos de los inorgánicos y aun así continuaban depositando toda clase de residuos, creando la necesidad de separación antes de la toma de recolección. Es por ello, que el reflejo está claro de lo complejo que resulta crear cultura en las personas con un estilo de vida definido en sus labores habituales.

Es una tarea difícil para los entes de control, que demanda tiempo, pero que, con esfuerzo y dedicación, se puede llegar a una consecución de porcentajes educativos de esas personas muy altos y que directamente estaría relacionados con la disminución de la contaminación.

En la aplicación de una frase escuchada y conocida “los niños son el futuro” se debería tomar en consideración la implementación de tareas didácticas y lúdicas, referentes a temas de residuos sólidos, de modo tal que puedan recibir concretamente los mensajes, llevarlos hasta sus hogares, conservarlos e irlos cultivando hasta conseguir que su cultura frente a los residuos sea diferente, consiguiendo que de a poco y al paso de los años se noten cambios en la sociedad.

La administración municipal en el camino del cambio podría implementar programas de disposición adecuada de residuos sólidos de las plazas como los métodos de compost, dentro de los cuales ofrezcan ayuda informativa y educativa a quienes tengan interés, así como la

colaboración con otros aspectos como transporte de los residuos y/o políticas dentro de las plazas en cuanto a cómo se deben separar y disponer los residuos, con el ánimo de facilitar el trabajo.

Frente a el proyecto investigativo y la adecuación de los RSO utilizados para los procesos de compostaje, se debe tener en cuenta los porcentajes de humedad de cada material de origen, para así poder brindar y proponer estrategias previas, las cuales permitan reducir significativamente las concentraciones de humedad de dichos residuos, con el fin de contar con un proceso termogénico más eficiente, el cual facilite el accionar de los microorganismos encargados de llevar acabo esta ardua tarea de convertir los residuos sólidos orgánicos a compost.

Dentro de los términos de proyectos, se puede hacer una alusión a algunos aspectos que resultaron influyentes como el caso del alto nitrógeno, que según análisis se dio posiblemente a la carga de legumbres que se usó durante los procesos de compost como se menciona en la tabla de Clasificación de los residuos totales, pasados los diez días de recolección. Esta mención, tiene lugar como punto de consideración para quienes quieran usar esta información para proseguir por el hilo de la investigación o con ligeros desvíos hacia temas relacionados.

9. Anexos

Anexo I. Bitácora de seguimiento

Fecha de Inicio	05 de Diciembre del 2018							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (mL)	Olor	Textura	Color
1 – Compostaje tradicional	31.8	44.915	5.74	26	3,200 mL	fuerte	áspera	N/a
2 – Compostaje lombricultivo	41.5	63.409	6.20	26.3	3,303 mL	bajo	áspera	N/a
3 – Compostaje EM	33.5	47.557	5.67	30.8	3,100 mL	moderado	áspera	N/a
Observaciones	<p>En la primera semana de oxigenación y registro de datos, se pudo evidenciar que los residuos sólidos orgánicos compostados, generaron una gran cantidad de lixiviados en los tres reactores. Por otro lado, las alturas de los residuos en cada reactor tuvieron una disminución de 11 cm en el compostaje tradicional, 5 cm en el lombricultivo y 10 cm en el reactor de los EM, siendo significativa su reducción y por ende la generación de lixiviados. Por otro lado la generación de tonalidad en los lixiviados se vio representada por un color claro en el reactor 1, un poco más oscuro en el reactor 2 y por último en el reactor 3 presento una tonalidad mucho más fuerte y más espesa.</p>							
Fecha	12 de Diciembre del 2018							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura	Lixiviados (mL)	Olor	Textura	Color

				(°C)					
1 – Compostaje tradicional	28	36.989	5.61	26.5	2,440 ml	Moderado	áspera	Marrón	
2 – Compostaje lombricultivo	38.5	42.273	5.38	26.9	3,410 ml	Moderado	áspera	Marrón	
3 – Compostaje EM	28	34.347	8.25	31.0	0,540 ml	Bajo	áspera	Marrón	
Observaciones	<p>En la segunda semana de seguimiento a cada uno de los reactores, se observó una disminución significativa de el volumen del residuos respecto a la semana anterior, identificando además una tonalidad en la coloración de los lixiviados extraídos, en el cual se identificó un lixiviado más espeso y oscuro el proveniente del reactor de los EM, por otra parte la intensidad en el olor tuvo una reducción considerable respecto a la semana anterior en el que los residuos aun presentaban un mayor tamaño de residuos. En esta semana además se identificó las formaciones de los hongos termófilos en la capa superior del reactor de los EM y para el reactor del Lombricultivo, se observó una capa en la superficie realizando la acción de degradación de los residuos.</p>								
Fecha	20 de Diciembre del 2018								
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color	
1 – Compostaje tradicional	25.2	31.540	6.23	27.2	890 ml	Moderado	áspera	Marrón	

2 – Compostaje lombricultivo	34.8	31.704	5.91	25.9	1.150 ml	Modo rudo	áspera	Marrón
3 – Compostaje EM	26	29.062	7.26	27.8	370 ml	Bajo	áspera	Marrón
Observaciones	En esta semana se realizó de nuevo la oxigenación de cada uno de los reactores en los cuales se observó que el contenido de humedad aun es el apropiado para realizar el proceso, por lo cual no se le agrego agua. Respecto a los lixiviados, se evidencio un color más intenso y más espeso en los lixiviados extraído del reactor de EM, en los demás reactores su tonalidad fue el mismo y presento menor viscosidad.							

Fecha	12 de Enero del 2019							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color
1 – Compostaje tradicional	19.3	21.136	7.74	25.4	230 mL	Bajo	áspera	Marrón oscuro
2 – Compostaje lombricultivo	28	27.741	8.01	25.2	60 mL	Bajo	áspera	Marrón oscuro
3 – Compostaje EM	21	23.778	7.94	26.2	148 mL	Bajo	áspera	Marrón oscuro
Observaciones	En esta semana, se observa una homogeneidad en cada uno de los reactores evaluados, evidenciando en el reactor del lombricultivo una mayor formación de materia orgánica							

	compostada. Por otro lado la producción de lixiviados ha bajado constantemente cada semana, lo cual permite reducir los lixiviados en cada uno de los reactores.								
Fecha	19 de Enero del 2019								
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color	
1 – Compostaje tradicional	18.9	19.022	7.85	25.3	32 mL	Bajo	Grumosa	Marrón oscuro	
2 – Compostaje lombricultivo	26.8	24.571	7.65	25.0	18 mL	Bajo	áspera	Marrón oscuro	
3 – Compostaje EM	20.4	21.136	7.88	27.4	15 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	
Observaciones	Las observaciones registradas durante esta semana, están relacionadas con la estabilidad en el pH de cada uno de los reactores, estableciendo un rango de neutralidad. Por otro lado la reducción de la producción de lixiviados, nos permite tener más claridad con las etapas del proceso de compostaje en cada uno de los reactores evaluados, así mismo el cambio de textura y tonalidad, da una impresión aceptable de la compostación realizada.								
Fecha	26 de Enero del 2019								
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color	
1 – Compostaje tradicional	18.2	16.380	8.02	29.3	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	

2 – Compostaje lombricultivo	25.5	19.815	8.14	27.8	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	
3 – Compostaje EM	19.6	18.494	8.24	30.3	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	
Observaciones	Se observó una disminución menor en el peso respectivo del material compostado en cada uno de los reactores, ya que estas se encuentran reduciendo poco a poco las materias orgánicas de mayor volumen concentrando la materia orgánica compostada. Por otro lado no se registró lixiviados de ninguno de los 3 reactores, sin embargo cada uno aun cuenta con la humedad requerida para continuar con los procesos de compostaje.								
Fecha	02 de Febrero del 2019								
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color	
1 – Compostaje tradicional	17	14.531	8.19	28.4	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	
2 – Compostaje lombricultivo	23.8	15.852	8.06	27.8	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	
3 – Compostaje EM	18.2	15.324	8.88	29.1	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro	
Observaciones	En esta semana, se realizó la extracción de una muestra por reactor para enviar a laboratorio y determinar los parámetros de N- P- K, % de Materia orgánica, Relación Carbono Nitrógeno y pH, los cuales son los parámetros elegidos para realizar las comparaciones de los reactores y los sistemas de compostaje, para ello se extrajo una								

	muestra de 500 Gr de material compostado de cada uno de los reactores. Además no se presentaron lixiviados.							
Fecha	09 de Febrero del 2019							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color
1 – Compostaje tradicional	16.8	13.738	7.94	25.3	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro
2 – Compostaje lombricultivo	23	15.324	8.33	24.1	0 mL	Bajo	Blanda	Negro
3 – Compostaje EM	17.9	14.003	8.34	25.6	0 mL	Bajo	Blanda	Marrón oscuro
Observaciones	Se evidencia en esta semana de oxigenación de los reactores, la presencia de material vegetal germinando en el reactor del compostaje tradicional, además sus características físicas presentan una mayor homogeneidad de los materiales compostados en cada uno de los tres reactores presentando una textura blanda de tonalidad oscura y nuevamente no se registraron contenidos de lixiviados, por el contrario al realizar un prueba de “puño” para conocer su humedad, se evidencio la falta de humedad para así complementar en proceso. Por lo cual se le adiciono a cada reactor 300 mL de agua con el fin de generar las condiciones ideales para el proceso de compostación en la etapa final del proyecto de investigación.							
Fecha	16 de Febrero del 2019							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color







1 – Compostaje tradicional	16.1	13.210	7.89	25.0	0 mL	Ninguno	Blanda	Marrón oscuro
2 – Compostaje lombricultivo	22.4	14.795	8.11	23.9	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro
3 – Compostaje EM	17.3	13.474	8.24	24.2	0 mL	Ninguno	Blanda	Marrón oscuro
Observaciones	<p>En esta semana de observación, se evidencia la reducción mínima en el volumen de cada uno de los reactores, presentando unas características físicas más homogéneas, reduciendo los RSO más grandes las cuales se observaban en las semanas anteriores. También se realizó la adición de 400 mL de agua, ya que los tres reactores se encontraban reduciendo su humedad interna. Además en el reactor tradicional y EM, se presentó la germinación de algunas plántulas, lo cual es un indicador para establecer que dichos compostajes, se encuentran en las condiciones ideales para ser aplicado como fertilizante.</p>							
Fecha	23 de Febrero del 2019							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color
1 – Compostaje tradicional	16	12.946	8.11	29.3	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro
2 – Compostaje lombricultivo	21.4	14.531	7.96	29.7	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro
3 – Compostaje EM	17	13.210	8.45	30.7	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro

Observaciones	En esta semana de observación de los reactores establecidos, las características más visibles, están determinadas por la reducción del volumen en cada uno de los reactores, una mejor homogenización de los RSO y una textura más blanda al tacto, además no se presentó generación de lixiviados. Por otro lado, reaparición de algunas plántulas dentro del reactor del compostaje tradicional. Además, se realizó la aplicación de 300 mL de agua para establecer una humedad relativa en los reactores. Por último el pH se encuentra dentro del rango óptimo establecido en cada uno de los tres reactores.							
Fecha	02 de Marzo del 2019							
Tipo de Reactor	Peso (Kg)	Volumen (cm³)	pH	Temperatura (°C)	Lixiviados (L)	Olor	Textura	Color
1 – Compostaje tradicional	16	12.681	8.46	25.5	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro
2 – Compostaje lombricultivo	21	14.003	8.24	25.2	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro
3 – Compostaje EM	16.8	12.946	8.20	26.1	0 mL	Ninguno	Blanda	Negro
Observaciones	En la última semana de observación, se presentaron una nivelación en el pH teniendo un rango de neutralidad, una disminución en los volúmenes de cada reactor y una reducción mínima en el peso del material compostado. Además se extrajo una muestra de 500 gr de cada reactor con el fin de enviarlas a laboratorio para la determinación del análisis de los componentes de % de materia orgánica, relación C/N, pH, y elementos mayores como N,P,K.							

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Código: PS-P04-F07
	REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICOS- FOLIARES Y OTROS- LASEREX		Versión: 04
USUARIO (persona o entidad)		Juan Sebastian Botero Mondragon	
FECHA DE RECEPCION		FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENTREGA
1/02/2019		30/01/2019	21/02/2019
TIPO DE ANALISIS		VEREDA	MUNICIPIO
pH, %M.O, %C.O, N, P, K, C/N		-----	Ibagué
DEPARTAMENTO		Tolima	
N° CONSECUTIVO		16	
IDENTIFICACION		Lombricultivo	
PUNTO DE MUESTREO		-----	
OBSERVACIONES		-----	
PARÁMETROS	UNIDADES	16	MÉTODO ANALÍTICO
pH		8,9	Potenciométrico
C.I.C	meq/100 g	---	NH ₄ OAc - pH 7
Materia Orgánica	%	12,50	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	7,3	Walkley - Black
Nitrógeno	%	1,0	Kjeldahl
Proteína cruda	%	---	Kjeldahl
Fibra bruta	%	---	Gravimétrico
Humedad	%	---	Gravimétrico
Materia seca	%	---	Gravimétrico
Relacion C/N		7,3	Teórico
CaO	%	---	Volumétrico
Calcio	%	---	Volumétrico
Magnesio	%	---	Espectrofotométrico/AA
Sodio	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	0,86	Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo	%	0,2	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Observaciones :			
1. Los resultados son reportados en base seca			
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.			
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.			
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2			
		FIRMA:	
		NOMBRE:	DIRECTOR LASEREX
		MAT. PROF:	LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES
		TELEFAX:	PQ-2316
			2771212 EXT 9359
Fecha Versión 04: 01-09-2014			

Anexo 2. Resultados del primer análisis de laboratorio.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Código: PS-P04-F07
	REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICOS-FOLIARES Y OTROS-LASEREX		Versión: 04
USUARIO (persona o entidad)		Juan Sebastian Botero Mondragon	
FECHA DE RECEPCION		FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENTREGA
1/02/2019		30/01/2019	21/02/2019
TIPO DE ANALISIS		VEREDA	MUNICIPIO
pH, %M.O, %C.O, N, P, K, C/N		-----	Ibague
N° CONSECUTIVO		17	
IDENTIFICACION		Compostaje Organico Tradicional	
PUNTO DE MUESTREO		-----	
PARÁMETROS	UNIDADES	17	MÉTODO ANALÍTICO
pH		9	Potenciométrico
C.I.C	meq/100 g	---	NH ₄ OAc - pH 7
Materia Orgánica	%	11,80	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	6,8	Walkley - Black
Nitrógeno	%	0,8	Kjeldalh
Proteína cruda	%	---	Kjeldalh
Fibra bruta	%	---	Gravimétrico
Humedad	%	---	Gravimétrico
Materia seca	%	---	Gravimétrico
Relacion C/N		8,6	Teórico
CaO	%	---	Volumétrico
Calcio	%	---	Volumétrico
Magnesio	%	---	Espectrofotométrico/AA
Sodio	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	0,83	Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo	%	0,2	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Observaciones :			
1. Los resultados son reportados en base seca.			
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.			
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.			
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2			
		FIRMA:	
		NOMBRE:	DIRECTOR LASEREX
		MAT. PROF:	LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES
		TELEFAX:	PQ-2316
			2771212 EXT 9359
Fecha Versión 04 01 09 2014			

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Código: PS-P04-F07
	REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICOS- FOLIARES Y OTROS- LASEREX		Versión: 04
USUARIO (persona o entidad)		Juan Sebastian Botero Mondragon	
FECHA DE RECEPCION		FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENTREGA
1/02/2019		30/01/2019	21/02/2019
TIPO DE ANALISIS		VEREDA	MUNICIPIO
pH, %M.O, %C.O, N, P, K, C/N		-----	Ibagué
DEPARTAMENTO		Tolima	
N° CONSECUTIVO	18		OBSERVACIONES
IDENTIFICACION	Compostaje EM		-----
PUNTO DE MUESTREO	-----		
PARÁMETROS	UNIDADES	18	MÉTODO ANALÍTICO
pH		9,7	Potenciométrico
C.I.C	meq/100 g	---	NH ₄ OAc - pH 7
Materia Orgánica	%	13,30	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	7,7	Walkley - Black
Nitrógeno	%	1,0	Kjeldalh
Proteína cruda	%	---	Kjeldalh
Fibra bruta	%	---	Gravimétrico
Humedad	%	---	Gravimétrico
Materia seca	%	---	Gravimétrico
Relacion C/N		7,8	Teórico
CaO	%	---	Volumétrico
Calcio	%	---	Volumétrico
Magnesio	%	---	Espectrofotométrico/AA
Sodio	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	0,74	Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo	%	0,2	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Observaciones :			
1. Los resultados son reportados en base seca.			
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.			
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.			
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2			
			
GP 168-2SC	8996-2CO-SC	8996-2	
FIRMA:			
NOMBRE:		DIRECTOR LASEREX	
MAT. PROF:		LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES	
TELEFAX:		PQ-2316	
		2771212 EXT 9359	
Fecha Versión 04: 01-09-2014			

Anexo 3. Resultados del segundo análisis de laboratorio.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Código: PS-P04-F07
	REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICOS- FOLIARES Y OTROS- LASEREX		Versión: 04
USUARIO (persona o entidad)		Juan Sebastian Botero Mondragon	
FECHA DE RECEPCION		FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENTREGA
6/03/2019		1/03/2019	28/03/2019
TIPO DE ANALISIS		VEREDA	MUNICIPIO
pH, %M.O, %C.O, N, P, K, C/N		-----	Ibagué
DEPARTAMENTO		Tolima	
N° CONSECUTIVO		160	
IDENTIFICACION		Compostaje EM	
PUNTO DE MUESTREO		-----	
PARÁMETROS	UNIDADES	160	MÉTODO ANALÍTICO
pH		8,9	Potenciométrico
C.I.C	meq/100 g	---	NH ₄ OAc - pH 7
Materia Orgánica	%	13,27	Walkley - Black
Carbono Orgánico	%	7,7	Walkley - Black
Nitrógeno	%	1,13	Kjeldahl
Proteína cruda	%	---	Kjeldahl
Fibra bruta	%	---	Gravimétrico
Humedad	%	---	Gravimétrico
Materia seca	%	---	Gravimétrico
Relacion C/N		6,82	Teórico
CaO	%	---	Volumétrico
Calcio	%	---	Volumétrico
Magnesio	%	---	Espectrofotométrico/AA
Sodio	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	1,78	Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo	%	0,22	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Observaciones :			
1. Los resultados son reportados en base seca.			
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.			
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.			
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2			
		FIRMA:	
		NOMBRE:	DIRECTOR LASEREX
		MAT. PROF:	LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES
		TELEFAX:	PQ-2316
			2771212 EXT 9359
Fecha Versión 04 01-09-201			

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Código: PS-P04-F07	
	REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICOS- FOLIARES Y OTROS- LASEREX		Versión: 04	
USUARIO (persona o entidad)		Juan Sebastian Botero Mondragon		
FECHA DE RECEPCION		FECHA DE MUESTREO		FECHA DE ENTREGA
6/03/2019		1/03/2019		28-23-2019
TIPO DE ANALISIS		VEREDA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
pH, %M.O, %C.O, N, P, K, C/N		---	Ibagué	Tolima
N° CONSECUTIVO		158		OBSERVACIONES
IDENTIFICACION		Lombricultivo		---
PUNTO DE MUESTREO		---		
PARÁMETROS		UNIDADES	158	MÉTODO ANALÍTICO
pH			9,2	Potenciométrico
C.I.C		meq/100 g	---	NH ₄ OAc - pH 7
Materia Orgánica		%	13,47	Walkley - Black
Carbono Orgánico		%	7,81	Walkley - Black
Nitrógeno		%	1,19	Kjeldahl
Proteína cruda		%	---	Kjeldahl
Fibra bruta		%	---	Gravimétrico
Humedad		%	---	Gravimétrico
Materia seca		%	---	Gravimétrico
Relacion C/N			6,6	Teórico
CaO		%	---	Volumétrico
Calcio		%	---	Volumétrico
Magnesio		%	---	Espectrofotométrico/AA
Sodio		mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Potasio		%	1,75	Espectrofotométrico/AA
Hierro		mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Cobre		mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso		mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc		mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Boro		mg/Kg	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo		%	0,30	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre		%	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Observaciones :				
1. Los resultados son reportados en base seca.				
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.				
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.				
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2				
			FIRMA: DIRECTOR LASEREX LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES PQ-2316 2771212 EXT 9359	
			NOMBRE: MAT. PROF: TELEFAX:	

Fecha Versión 04: 01-09-2014

**SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD**

Código: PS-P04-F07

**REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO
BROMATOLÓGICOS- FOLIARES Y OTROS-
LASEREX**

Versión: 04

USUARIO (persona o entidad)		Juan Sebastian Botero Mondragon	
FECHA DE RECEPCION		FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENTREGA
6/03/2019		1/03/2019	28/03/2019
TIPO DE ANALISIS		VEREDA	MUNICIPIO
pH, %M.O, %C.O, N, P, K, C/N		-----	Ibagué
N° CONSECUTIVO		159	
IDENTIFICACION		Compostaje Organico Tradicional	
PUNTO DE MUESTREO		-----	
PARAMETROS	UNIDADES	159	MÉTODO ANALÍTICO
pH			
C.I.C		9	Potenciométrico
Materia Orgánica	meq/100 g	---	NH ₄ OAc - pH 7
Carbono Orgánico	%	13,87	Walkley - Black
Nitrógeno	%	8,0	Walkley - Black
Proteína cruda	%	1,12	Kjeldalh
Fibra bruta	%	---	Kjeldalh
Humedad	%	---	Gravimétrico
Materia seca	%	---	Gravimétrico
Relacion C/N		7,2	Gravimétrico
CaO	%	---	Teórico
Calcio	%	---	Volumétrico
Magnesio	%	---	Volumétrico
Sodio	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	1,51	Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo	%	0,22	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	---	Espectrofotométrico/Uv-Vis

Observaciones :

1. Los resultados son reportados en base seca.
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.

Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2



FIRMA:

DIRECTOR LASEREX

NOMBRE:

LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES

MAT. PROF:

PQ-2316

TELEFAX:

2771212 EXT 9359

Fecha Versión 04 01-09-2011

10. Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Santa Fe de Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- APROLAB. (2007). Producción de Abono Orgánico con Microorganismos Eficaces EM-1. (Vol. 001). Lima, Perú.
- Arango, M. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Caldas, Antioquia, Colombia. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf
- Barrena, R., Font, X., Gabarrel, A., & Sánchez, A. (Julio de 2014). Home composting versus industrial composting: influence of composting system on compost quality with focus on compost stability. *Waste Management*, 34(7), 1109-1116. Recuperado el 04 de abril de 2019, de <https://www.sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X14000609>
- Bermúdez, E. (04 de septiembre de 2018). Generalidades de la plaza la 21. (J. Cardona, & J. Botero, Entrevistadores) Ibagué, Tolima, Colombia.
- Bernache, G. (2011). Riesgo De Contaminación Por Disposición Final De Residuos. Un Estudio De La Región Centro Occidente De México. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, CIESAS, Unidad Occidente. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a14.pdf>

Camacho, A., & Martínez, L., & Ramírez Saad, H., & Valenzuela, R., & Valdés, M. (2014).

Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32 (4), 291-300.

Chien, C., Yee, L., Shin, W., & Shiun, J. (2017). A review on the global warming potential of cleaner composting and mitigation strategies. (E. BV, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 146, 149-157.

Craft, C. M. and E. B. Nelson. 1996. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 1550-1557

Del Borghi, A., L. Binaghi, A. Converti y M. Del Borghi. 2003. Combined treatment of leachate from sanitary landfill and municipal wastewater by activated sludge. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 17(4), 277-283.

FAO. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Fisher, A. Laing, J. Stoeckel, J. Townsend, J. (1991). *Manual para el Diseño de Investigación Operativa en Planificación Familiar*. Segunda Edición. Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/173934/Manual%20para%20el%20Diseño%20de%20Investigación%20Operativa%20en%20Planificación%20Familiar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, W. (junio 13 de 2010). *PLAZAS DE MERCADO EN LA CIUDAD DE IBAGUE*.

[Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://generalidadesplazasibague.blogspot.com/>

- Hoornweg D, Bhada, P. Qué desperdicio. Una revisión global de la gestión de residuos sólidos
Unidad del Banco Mundial Urban Dev. Ser. Papilla. Urban Dev. Gobernador local, 15
(2012)
- Ibarra, Y. (2011). Sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. Módulo
didáctico. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- ICONTEC, 2009. Guía Técnica Colombiana GTC – 24, para la separación en la fuente.
- Jara, J., Pérez, M., & Bustamante, M. (10 de enero de 2017). Compostaje como estrategia
sostenible para el manejo de desechos sólidos municipales en la Región de Chimborazo,
Ecuador: Idoneidad de los compost obtenidos para la producción de plántulas. (ElSevier,
Ed.) Journal of Cleaner Production, 141, 1349-1358.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos
orgánicos en Colombia. Medellín, Antioquía, Colombia: Universidad de Antioquía.
Retrieved septiembre 2, 2018, from
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- Jouquet, E., Bloquel, E., Doan, T., Ricoy, M., Orange, M., Rumpel, C., & Duc, T. (2011).
¿Compost, Vermicompost? ¿Mejora la retención de macronutrientes y el crecimiento de
las plantas en suelos tropicales degradados? Compost Science & Utilization, 19, 15-24.
Recuperado el 10 de abril de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S1164556312000301#bib4>
- Jóźwiakowski, K., Czernaś, K., & Szczurowska, A. (2009). Preliminary results of studies on the
purification of water in a pond using the SCD Probiotics technology. Ecohydrology &

- Hydrobiology, 9(2-4), 307-309. Recuperado el 4 de abril de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359309700564>
- Jusoh, M., Manaf, L., & Latiff, P. (4 de febrero de 2013). Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Revista iraní de ciencia e ingeniería de salud ambiental*, 17. Recuperado el 4 de abril de 2019, de <https://jehse.biomedcentral.com/articles/10.1186/1735-2746-10-17>
- Khadelwal, H., & Dhar, H. (1 de febrero de 2019). Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. *Journal of Cleaner Production*, 1-5. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0959652618332591>
- Koubová, A., Chroňáková, A., Pižl, V., Sánchez-Monedero, M., & Elhottová, D. (11 de Marzo de 2015). The effects of earthworms *Eisenia* spp. on microbial community are habitat dependent. *European Journal of soil biology*, 68, 42-55. Recuperado el 10 de abril de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S1164556315000308>
- Lauren, A., Bakas, L., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., & Hauschild, M. (3 de Marzo de 2014). Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I: Lessons learned and perspectives. *Waste Management*, 34(3), 573-588. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X1300559X?via%3Dihub>
- León, J. M. P. 2001. Medio ambiente y desarrollo sostenido. Universidad Pontifica de Comillas.

- Li, H., Hu, F., Shen, Q., & Chen, X. (01 de diciembre de 2002). Effect of earthworm inoculation on soil carbon and nitrogen dynamics and on crop yield with application of corn residues. *Revista china de ecología aplicada*, 13(12), 1637-1641. Recuperado el 10 de abril de 2019
- Lim S, & Lee H, TY. Sostenibilidad del uso de tecnologías de compostaje y vermicompostaje para la biotransformación de residuos sólidos orgánicos: visión general reciente, emisiones de gases de efecto invernadero y análisis económico. 111 (Parte A) (2016), pp. 262 – 278
- Lim, S., Lee, L., & wU, T. (16 de enero de 2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. (J. Clean, Ed.) *Diario de producción más limpia*, 111, 262-278. Recuperado el 03 de abril de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0959652615011749>
- MacJunkin, F. (1982). *Agua y Salud Humana*. Organización Mundial De La Salud. Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/173949/1/Agua%20y%20salud%20humana.pdf>
- Marmolejo, F. Torres, P. & otros. (2011). Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle del Cauca, Colombia. *Revista EIA*, num. 16, 163-174.
- Marmolejo, L., & Oviedo, É., & Jaimes, J., & Torres, P. (2010). Influencia de la separación en la fuente sobre el compostaje de residuos sólidos municipales. *Agronomía Colombiana*, 38 (2), 319-327.

Medina, C. (1999). Manejo de residuos sólidos. Revista de la facultad de ingeniería. Recuperado de: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1501>

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MVADT. (2007). Evaluación de las cadenas de reciclaje. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. República de Colombia.

Montoya, A. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos. Recuperado de: <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/34/31/>

Nair, J., & Okamitsu, K. (Junio de 2010). Microbial inoculants for small scale composting of putrescible kitchen wastes. *Waste Management*, 30(6), 977-982. Recuperado el 3 de abril de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X10001029>

Neveen, B., & Talaat. (10 de marzo de 2019). Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae*, 250, 254-265. Recuperado el 4 de abril de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0304423819301311>

Organización panamericana de la salud. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Presidencia de la republica oficina de planeamiento y presupuesto unidad de desarrollo municipal. Recuperado de: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

Orthodoxou, D., Pettitt, T., Fuller, M., Newton, N., Caballero, M., & Smith, R. (2015). An Investigation of Some Critical Physico-chemical Parameters Influencing the Operational

- Rotary In-vessel Composting of Food Waste by a Small-to-Medium Sized Enterprise. *Waste and Biomass Valorization*, 6(3), 293. Recuperado el 4 de abril de 2019, de <https://citations.springer.com/item?doi=10.1007/s12649-014-9332-5>
- Oviedo-Ocaña, E., & Marmolejo-Rebellon, L., & Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. *Lecciones desde Colombia. Ingeniería. Investigación y Tecnología*, XVIII (1), 31-42.
- Oviedo - Ocaña, E., & Marmolejo - Rebellon, L., & Torres - Lozada, P. (2012). Perspectivas de Aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales. Un enfoque desde lo global a lo local. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11 (20), 67-75.
- Padilla, A., & Trujillo, J. (Abril de 2018). Waste disposal and households' heterogeneity. Identifying factors shaping attitudes towards source-separated recycling in Bogotá, Colombia. *Waste Management*, 74, 16-33. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X17309339>
- PAHO (Pan American Health Organization). 2005. "Report on the Regional Evaluation of Municipal Solid Waste Management Services in Latin America and the Caribbean." Area of Sustainable Development and Environmental Health.
- Pineda, E. Alvarado, E. Canales, F. (1994). *Metodología de la Investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud.* Organización Panamericana De La Salud. Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/173982>

PPIAF (Public-Private Infrastructure Advisory Facility). (Octubre de 2007). Managing municipal solid waste in Latin America and the Caribbean. GRID LINES, 28.

R, Jiménez. (2017). Introducción a la contaminación de los Suelos. Madrid, España. Recuperado de:

<https://books.google.com.co/books?id=iZg6DwAAQBAJ&lpg=PA191&dq=suelos%20en%20aplicacion%20de%20compost&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=suelos%20en%20aplicacion%20de%20compost&f=false>

Salamanca, E. (2014). Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la plaza de mercado de Fontibón, Bogotá D.C. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Recuperado de: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1931/Salamanca_Castro_Eduad_Mauricio_2014.pdf?sequence=1

Shekdar, A. (Abril de 2009). Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Management*, 29(4), 1438-1443. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de [https://www-sciencedirect-](https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X08003024?via%3Dihub)

[com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X08003024?via%3Dihub](https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0956053X08003024?via%3Dihub)

Somers, C., Neudorf, K., Jones, K., & Lanza, S. (11 de marzo de 2011). Novel microsatellite loci for the compost earthworm *Eisenia fetida*: A genetic comparison of three North American vermiculture stocks. *Pedobiologia*, 54(2), 111-117. Recuperado el 10 de abril de 2019, de [https://www-sciencedirect-](https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S003140561000106X)

[com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S003140561000106X](https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S003140561000106X)

- Srivastava, P., Singh, P., Gupta, M., Sinha, A., & Vaish, A. (21 de marzo de 2011). Influence of earthworm culture on fertilization potential and biological activities of vermicomposts prepared from different plant wastes. *Journal of plant nutrition and soil science*, 174, 420-429. Recuperado el 10 de abril de 2019, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.201000174>
- Sztern, D., & Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos*. Montevideo, Uruguay.
- Tiquia, S., Tang, F., & Hodgkiss, I. (1997). Effects of bacterial inoculum and moisture adjustment on composting pig manure. *Environmental Pollution*, 96(2), 161-171. Recuperado el 4 de abril de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749197000298>
- World Bank. (2012). *What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management*. Urban Dev. Ser. Knowl. World Bank, 15, 116. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1111/febs.13058>
- Wei, Z., Xi, B., & Wang, S. (Junio de 2007). Effect of inoculating microbes in municipal solid waste composting on characteristics of humic acid. *Chemosphere*, 68(2), 368-374. Recuperado el 4 de abril de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565350601784X>
- Zurbrügg, C. (2005). Decentralised composting in Bangladesh a win - win situation for all stakeholders. (Elsevier, Ed.) *Resources Conservation & Recycling*, vol. 43, 281 - 292.