

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL”

TEMA:

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LA FRACCIÓN
ORGÁNICA PUTRESCIBLE DE LOS RESIDUOS URBANOS DE
LA PARROQUIA YARUQUÍES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA
COMO UN MEJORADOR DE SUELOS MEDIANTE
VERMICOMPOSTAJE.

AUTOR:

EDUARDO PATRICIO LOZANO ORNA

Guayaquil - Ecuador

2022

RESUMEN

La mala gestión de residuos orgánicos putrescibles y la falta de alternativas de aprovechamiento, se ha convertido en una de las principales problemáticas ambientales actuales por los diferentes impactos que estos ocasionan, como la contaminación del suelo, del agua por la generación de lixiviados que llegan a producir, además de la contaminación atmosférica y el aporte de gases de efecto invernadero que producen durante el proceso de descomposición en un relleno sanitario o botadero de basura. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo plantear una propuesta de aprovechamiento para revalorizar los residuos orgánicos putrescibles mediante la aplicación de vermicompostaje para obtener un sustrato con buenas características. Para llevar a cabo este planteamiento se realizó una recolección de residuos orgánicos putrescibles a cinco familias de la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba durante un mes, se registró sus pesos y se determinó algunas propiedades fisicoquímicas que ayudaron a determinar el volumen potencial de emisiones de CH_4 y CO_2 . Una vez recolectados los residuos se procedió a realizar un proceso de precompostaje por una semana para incluir posteriormente a las lombrices durante dos meses, en este tiempo se realizó un control de temperatura, pH y Humedad para garantizar el proceso de vermicompostaje, Transcurrido el tiempo establecido, se realizaron para constatar la calidad del sustrato obtenido con aceptables resultados ya que aporta con nutrientes como ácidos húmicos, fúlvicos, N,P,K y además tiene muy baja concentración de metales pesados (cadmio, zinc, cromo, níquel, plomo).

Palabras clave: Vermicompostaje, residuos orgánicos, metales pesados en compostaje, sustratos orgánicos.

ABSTRACT

Poor management and the lack of alternatives for the use of putrescible organic waste has become one of the main current environmental problems due to the different impacts that these cause, such as soil and water contamination due to the leachates that they produce, in addition to air pollution and the contribution of greenhouse gases produced during the decomposition process in a sanitary landfill or garbage dump. Therefore, the present titling work has the objective of proposing a proposal for the revaluation of putrescible organic waste through the application of vermicomposting to obtain a substrate with good characteristics. To carry out this approach, a collection of putrescible organic waste was carried out from five families of the Yaruquíes parish of the city of Riobamba for a month, their weights were recorded and some physical-chemical properties were determined that helped to determine the potential volume of waste. CH₄ and CO₂ emissions, once the waste was collected, a pre-composting process was carried out for a week to later include the worms for two months, during this time a control of temperature, pH and humidity was carried out to guarantee the process of vermicomposting, once the established time had elapsed, they were carried out to verify the quality of the substrate obtained, which was good since it provides nutrients such as humic, fulvic, N, P, K acids and also has a very low concentration of heavy metals (cadmium, zinc, chromium, nickel, lead).

Keywords: Vermicomposting, organic waste, heavy metals in composting, organic substrates.

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi madre y tía que me apoyaron en todo ámbito para que yo pueda alcanzar mi meta de cursar esta maestría.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Postgrado y a mis maestros por compartir todos sus conocimientos adquiridos a través de su experiencia de vida y profesional y así contribuir en mi formación para alcanzar mi meta.

DECLARACIÓN EXPRESA

A responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Eduardo Patricio Lozano Orna

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

MSc. Francesca Escala Benites
PRESIDENTE

Francisco Torres Andrade PhD.
TUTOR

MSc. Jenny Venegas Gallo
DOCENTE EVALUADOR

INDICE

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Alcance.....	5
CAPÍTULO 2	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
• Parámetros básicos que controlar en el proceso de precompostaje y vermicompostaje.....	9
CAPÍTULO 3	13
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Socialización y capacitación	13
3.2. Recolección de residuos	13
3.3. Pesaje.....	14
3.4. Aprovechamiento.....	14
3.5. Cálculos	17
3.6. Determinación de la Calidad del producto.....	21
3.7. Determinación de ingresos económicos.....	21
CAPÍTULO 4	22
4. RESULTADOS	22
4.1. Socialización y capacitación	22
4.2. Recolección de residuos y Pesaje	23
4.3. Aprovechamiento.....	26
4.4. Cálculos	31
4.5. Determinación de la Calidad del producto.....	33
4.6. Determinación de ingresos económicos.....	37
CAPÍTULO 5	38
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
6. Referencias.....	43
7. Apéndices y anexos	45

Índice de Imágenes

Imagen 2.1. Estrategias de Gestión de Desechos	8
Imagen 2.2 Concentración de N, P, K en sustrato compost.....	12
Imagen 3.3 Recolección de residuos	13
Imagen 3.4 Registro peso de residuos orgánicos putrescibles	14
Imagen 3.5 Fase de precompostaje de residuos orgánicos putrescibles.....	15
Imagen 3.6 Toma de datos de temperatura, pH, humedad	16
Imagen 3.7 Volteos de residuos orgánicos putrescibles.....	16
Imagen 3.8 Lombricomposta de los residuos orgánicos putrescibles	17
Imagen 3.9 Registro de pesos	18
Imagen 3.10 Pesos de componentes C, H , O, N	19
Imagen 3.11 Reacción química de degradación de la materia orgánica.....	20
Imagen 4.12 Croquis ubicación Familias participantes en la parroquia Yaruquíes .	22
Imagen 4.13 Residuos recolectados	24
Imagen 4.14 Preparación toma de muestra	34
Imagen 4.15 toma muestra para análisis	34
Imagen 4.16 Porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes sustratos	35
Imagen 4.17 Concentración de metales pesados en sustratos orgánicos	36

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Rango de Humedad.....	10
Tabla 4.2 Descripción familias participantes	23
Tabla 4.3 Registro de pesos de las muestras	25
Tabla 4.4 Temperatura precomposta	26
Tabla 4.5 pH precomposta.....	27
Tabla 4.6 Humedad precomposta	27
Tabla 4.7 Temperatura °C Lombricomposta	29
Tabla 4.8 pH Lombricomposta.....	29
Tabla 4.9 Humedad en porcentaje de Lombricomposta	30
Tabla 4.10 Distribución porcentual	32
Tabla 4.11 Cálculo de humedad global, densidad global, contenido energético	32
Tabla 4.12 Cálculo de fórmula Química	33
Tabla 4.13 Balance estequiométrico de la fórmula química	33
Tabla 4.14 Determinación de volumen potencial de emisiones de CH ₄ , CO ₂ , biogas	33
Tabla 4.15. Resultados análisis de laboratorio	36
Tabla 4.16 Determinación del ingreso económico por sustrato.....	37

Índice de Gráficos

Gráfico 4.1 Temperatura precomposta.....	26
Gráfico 4.2 pH por día proceso precomposta	27
Gráfico 4.3 Humedad proceso de precompostaje.....	28
Gráfico 4.4 Temperatura lombricomposta	29
Gráfico 4.5 pH Lombricomposta	30
Gráfico 4.6 Humedad Lombricomposta.....	31

Índice de Ecuaciones

Ecuación 3.1 Distribución porcentual	18
Ecuación 3.2 Contenido de humedad	18
Ecuación 3.3 Densidad global	19
Ecuación 3.4 Densidad global	19
Ecuación 3.5 Factor de biodegradación	20
Ecuación 3.6 Moles relativas	20
Ecuación 3.7 Volumen potencial de CH ₄	21
Ecuación 3.8 Volumen potencial de CO ₂	21

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En los últimos años se ha incrementado la preocupación por el ambiente y los impactos que causamos con nuestras actividades diarias, lo que ha llevado a la búsqueda de soluciones en base a experiencias pasadas o en la misma naturaleza para mitigar la crisis ambiental que vivimos hoy en día, uno de los principales problemas ambientales es la generación de residuos y el daño que estos ocasionan, por lo cual se han realizado muchas investigaciones buscando dar solución a esta problemática tomando como referencia al compost y vermicompost tratando de mejorar estos procesos a nivel de laboratorio.

Una de estas investigaciones es la denominada “Propuesta para el aprovechamiento de residuos en Bogotá”, la misma que plantea el aprovechamiento de residuos orgánicos empleando el compostaje, con lo que se pretende incorporar iniciativas de cuidado ambiental dentro de centros de educación. (Bustos, 2013).

Otra investigación relacionada con la temática de los residuos y su aprovechamiento es la denominada “Propuesta de un programa de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales”, la misma que propone un programa de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales en Cutervo – Perú, en la cual plantea incorporar la técnica de compostaje para disminuir el impacto ambiental generado por estos residuos. En esta propuesta se pretende aplicar información del área a ser intervenida para elaborar un diagnóstico que permita diseñar el programa de revalorización. (Vásquez & Esperanza, 2018).

Estas dos investigaciones se realizaron como una propuesta inicial para una valorización de residuos orgánicos, actualmente hay muchas investigaciones las cuales buscan optimizar, y mejorar los tiempos de tratamiento de estos residuos

mediante la incorporación de compost maduro, esto lo demostró Yumei Wang que investigó el impacto positivo que genera la adición de compost maduro en las propiedades fisicoquímicas del compostaje de desechos de alimentos, ya que proporciona una sucesión de la comunidad bacteriana lo que genera una disminución de 7 días al proceso de compostaje (Wang, Tang, & Yuan, 2022).

Otro caso similar fue reportado por Wan Yang y Lu Zhang en su investigación en la cual se adiciona compost maduro para mejorar el compostaje de residuos verdes, lo que dio como resultado un mejor compost que la de adición de un inóculo comercial, además mejoró la temperatura, densidad, porosidad, pH y humificación del compost final (Yang & Zhang, 2022).

En la actualidad Fuad Ameen investiga sobre la mejora de la eficiencia del vermicompostaje de desechos de alimentos orgánicos mediante la adición de biorcarbón y hongos de manglar con lo cual pudo evidenciar que estos aditivos mejoraron el proceso de vermicompostaje, además los metales pesados disminuyeron durante el proceso de vermicompostaje (Ameen & Al-Homaidan, 2022).

1.2. Descripción del problema

Los residuos orgánicos son residuos que están compuestos principalmente por átomos de carbono y son susceptibles a biodegradarse, dentro de ellos se encuentran los residuos plásticos, residuos de celulosa como el cartón y papel, los residuos putrescibles que son los que más rápido se biodegradan y que en mayor cantidad se generan, además de ello son los que menos se gestionan o aprovechan.

Estos residuos comunes son dispuestos en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto, constituyéndose en un método de disposición final que tiene un fuerte impacto ambiental ya que la descomposición de estos residuos genera gases de efecto invernadero como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), los cuales

contribuyen al cambio climático, además de ello generan lixiviados que contaminan recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como el suelo.

Estos residuos se pueden originar a nivel doméstico, comercial o industrial, la falta de gestión de los residuos genera que se encuentren mezclados con todo tipo de residuos, provocando un mayor impacto ambiental, ya que al llegar al sitio de disposición final, los residuos putrescibles generan lixiviados durante su proceso de descomposición y al estar mezclados con otros residuos llegan a mezclarse con metales pesados, minerales, compuestos orgánicos recalcitrantes, fitotóxicas, patógenos presentes en diferentes tipos de residuos, lo cual agravan el problema de contaminación.

En Ecuador se generan alrededor de 14.000 toneladas de desechos por día, lo que anualmente representa 5'000.000 de toneladas, de las cuales el 56,2% corresponde a residuos orgánicos, es decir 2'810.000 toneladas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica , 2020), por lo que los residuos orgánicos se convierten en un problema ambiental por la gran cantidad generada y los impactos ambientales que llegan a causar, además la falta de oportunidades de su aprovechamiento limita obtener beneficios que podrían brindar un correcto aprovechamiento de los mismos. Por lo cual mediante este tema de investigación se pretende abordar una oportunidad para dar valor agregado a los residuos orgánicos putrescibles.

La problemática ambiental se ha venido agravando con el paso de los años siendo más notoria por el cambio climático ocasionado por el efecto invernadero. La manera en que producimos y consumimos nuestros recursos enmarcados en un sistema económico lineal está generando una pérdida de recursos naturales y a la vez una gran cantidad de desechos, además de ello la manera en la que percibimos a los residuos como desechos son las causas que contribuyen a la problemática ambiental, ya que impide el aprovechamiento de estos y los limita a una disposición

final en rellenos sanitarios, botaderos de basura o incineración agravando el problema de contaminación.

Por lo indicado, es imperante buscar opciones que revaloricen o aprovechen los residuos como materias primas, mejoradores de la calidad de suelos erosionados por actividades agrícolas intensivas, lo que ayudaría a preservar los recursos naturales, mejorar la calidad de suelos, disminuir las emisiones de metano (CH₄), aumentar el tiempo de vida útil del relleno sanitario de la ciudad.

1.3. Objetivos

Objetivo General:

Desarrollar una forma de aprovechamiento de la fracción orgánica putrescible de los residuos urbanos de la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba mediante vermicompostaje.

Objetivos Específicos:

- Recolectar residuos orgánicos producidos por 5 familias o establecimientos de la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba, Ecuador durante 5 semanas consecutivas y determinar su peso.
- Determinar las características físico-químicas de las muestras de residuos orgánicos putrescibles, siendo los principales parámetros a determinar humedad global, densidad global, contenido energético global, fórmula química y distribución porcentual de la fracción orgánica putrescible de la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba.
- Obtener un sustrato para la mejora de la calidad de suelos mediante el tratamiento de residuos putrescibles por vermicompostaje.
- Determinar la calidad del sustrato obtenido después del tratamiento de los residuos putrescibles mediante análisis de laboratorio para determinar la cantidad de N, P, K ácidos húmicos, fúlvicos y metales pesados (Cr, Ni, Cu, Zn, y Pb).

- Analizar el retorno económico que puede representar el producto resultante del tratamiento por vermicompostaje.

1.4. Hipótesis

La fracción orgánica putrescible de los residuos urbanos tienen un alto potencial de aprovechamiento mediante una correcta gestión, ya que representan beneficios ambientales y económicos.

1.5. Alcance

El presente proyecto de investigación se centra únicamente a la parroquia Yaruquíes del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, en la cual se contemplan 75 muestras, las cuales se tratarán en 5 grupos.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo se enmarca al desarrollo de los principales conceptos en los cuales se basa el presente trabajo de titulación, denominado “Propuesta de aprovechamiento de la fracción orgánica putrescible de los residuos urbanos de la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba como un mejorador de suelos mediante vermicompostaje”.

Empezaremos por entender que es residuo, residuo es cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso procedente de una actividad económica, productiva o cotidiana que carecen de valor para su propietario. (*Gestión Integral de Residuos*, 2014).

De manera más específica el enfoque que da el presente trabajo de titulación abarca a los residuos sólidos específicamente la fracción orgánica. Que se refiere a la materia en estado sólido de origen orgánico que resulta de un proceso productivo, económico o cotidiano que tiene condiciones para ser utilizado. (Barrietos Juan Manuel, 2018). Estos residuos tienen un origen biológico (base carbono) como restos alimenticios, plásticos, cartones, papeles, caucho, etc.).

Considerando que la gestión integral de residuos son actividades asociadas al control y manejo adecuado de los residuos desde la generación en la fuente, separación o clasificación de residuos, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Actualmente hay un problema en la gestión integral de residuos sólidos, ya que no se cumple con la segregación en la fuente, recolección diferencia y tratamiento de los residuos orgánicos putrescibles, esto causa grandes problemas de contaminación ambiental, los residuos generan diferentes impactos ambientales ocasionados por una mala gestión de los mismos, el modelo tradicional de

recolección, transporte y entierro como método de disposición final en botaderos o rellenos, ocasiona contaminación en todos los recursos naturales como: (Barrietos Juan Manuel, 2018).

- Contaminación de suelos
- Contaminación de acuíferos
- Contaminación de aguas superficiales
- Emisión de gases de efecto invernadero
- Uso de suelo y ocupación del mismo
- Contaminación visual
- Creación de focos de infección
- Proliferación de vectores
- Generación de malos olores

Por eso es importante implementar un correcto manejo integral de desechos sólidos, el cual se basa en la selección y aplicación adecuada de técnicas, tecnológicas y programas de manejo para alcanzar objetivos y metas específicas de gestión de residuos considerando como principales actividades:

- Prevención de generación de desechos
- Reciclaje y compostaje
- Disposición (rellenos sanitarios y combustión)

Por lo cual es conveniente tener estrategias de gestión de desechos, estas se establecen en un orden descendente es decir de las opciones más favorables que eviten gastos económicos, energéticos contaminación a opciones menos favorables, a continuación, se presenta la siguiente imagen en la cual se establecen las opciones de gestión desde la más favorable a la menos favorable.

Imagen 2.1. Estrategias de Gestión de Desechos



Fuente: Handbook of solid waste management

Una de las alternativas de gestión y aprovechamiento es el compostaje y el vermicompostaje, el compostaje es un método de tratamiento de los residuos orgánicos putrescibles como restos animales, vegetales, a través de una descomposición aeróbica (en presencia de oxígeno). (Roper Portillo, 2020).

Mientras que el vermicompostaje es un proceso eco tecnológico que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene la vermicomposta, que es un producto final el cual se encuentra estabilizado, homogéneo. Este proceso es muy eficiente ya que puede convertir residuos orgánicos en productos de valor agregado para las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo. (Villegas Cornelio V. M., 2017).

En el proceso de vermicompost se da el proceso de humificación de la materia orgánica, este es el proceso en el cual ocurre la formación de ácidos húmicos y fúlvicos, a partir de la materia orgánica mineralizada. Estos procesos ocurren en presencia de oxígeno por lo cual son conocidos como procesos aeróbicos. Para que un compost marche con éxito se debe suministrar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico, al igual que en la vermicomposta. (Roman et al., 2013).

Los residuos de origen vegetal son cáscaras, residuos de poda, restos vegetales, frutas etc., como fuente de sustratos para el proceso de compostaje y

vermicompostaje, esta es considerada como materia orgánica, existe un gran número de residuos orgánicos convencionales y no convencionales generados por diferentes actividades agrícolas, urbanas e industriales que han sido ensayados y utilizados exitosamente en los procesos de vermicompostaje. (Villegas Cornelio V. M., 2017).

En estos procesos de gestión y aprovechamiento de residuos orgánicos putrescibles pueden interactuar diferentes grupos de microorganismos, siendo uno de estos el grupo de microorganismos mesófilos que son bacterias y hongos que pueden vivir, trabajar y reproducirse en una temperatura de 30 a 40 °C, otro grupo que interfiere en el proceso de compostaje son los termófilos, estas son microorganismos que interactúan en un rango de temperatura entre 40 y 60°C. (Laich, 2011).

Por medio de estos dos procesos se produce un Reciclaje de Nutrientes que es un ciclo en el cual los nutrientes orgánicos e inorgánicos se transforman y se mueven al suelo, agua, atmósfera, organismos vivos. También se conoce como ciclos biogeoquímicos los cuales reciclan nutrientes devolviéndolos a la naturaleza como al suelo. (Nancy, 2006).

- **Parámetros básicos que controlar en el proceso de precompostaje y vermicompostaje**

Los parámetros básicos de control en el proceso de precompostaje son esencialmente tres: la temperatura, la humedad, oxigenación y el pH. Estos parámetros garantizan que se dé un proceso óptimo y evitar problemas como la putrefacción del sustrato.

Humedad

La humedad es un parámetro relacionado a la presencia y actividad de los microorganismos, pues, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de

transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular, la humedad facilita este proceso, además, la humedad óptima para el compost se sitúa en un rango de 45% - 60% aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje.

Tabla 2.1 Rango de Humedad

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Fuente: Ministerio del Ambiente y Agua, 2020

Además, la humedad durante el proceso de tratamiento garantiza que las lombrices puedan sobrevivir, desplazarse, alimentarse y reproducirse, la humedad óptima para las lombrices se encuentran rangos superiores al 45% hasta el 80%. (Román, 2013).

Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros importantes ya que tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. (Román, 2013).

En este caso puntual al realizar una precomposta no se obtendrán temperaturas altas ya que la finalidad de precompostar es brindar mayor facilidad a las lombrices para degradar la materia orgánica.

Oxigenación

Los procesos de compostaje y vermicompostaje son procesos aeróbicos y se deben mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos y organismos aeróbicos que ayudan con la degradación de la materia orgánica. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. (Villegas Cornelio V. M., 2017).

pH

El pH en el proceso de precompostaje depende de la materia orgánica a utilizar, puede variar en cada fase del proceso desde 4,5 a 8,5. En las primeras fases del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos, mientras en la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, ya en la fase final el pH se puede estabilizar en valores cercanos al neutro (Román, 2013).

En el proceso de vermicompostaje las lombrices son muy susceptible al pH por lo que se considera que en el proceso se debe tener un rango entre de 5 a 8,4 ya que este es el rango de pH óptimo en el cual las lombrices pueden adaptarse. Este parámetro se puede controlar mediante un pH-metro o un simple papel indicador, si el pH se encuentra fuera de este rango la lombriz entra en una etapa de latencia (Dallas, 2017).

Nitrógeno total Kjeldahl

El método Kjeldahl es un proceso que se utiliza para determinar el contenido en nitrógeno de una sustancia (Tortosa, 2014). La determinación de este parámetro es de suma importancia en suelos, cultivos, compost. En el compost la presencia de nitrógeno es uno de los factores concluyentes que mejoran su calidad, la falta de este disminuirá el crecimiento y reproducción vegetal, en los suelos y sobre las

plantas, el nitrógeno actúa contribuyendo a la formación de proteínas, principio fundamental para la existencia de los vegetales. (HANNA instruments, 2017).

N, P, K

Son macronutrientes que toda planta necesita para crecer y dar frutos, los cuales son Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). El contenido de nutrientes en el compostaje y vermicompostaje va a depender netamente del sustrato utilizado por lo cual las concentraciones de estos en el sustrato pueden variar, los rangos que se pueden dar según pueden ser los siguientes.

Imagen 2.2 Concentración de N, P, K en sustrato compost

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0,3% – 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fósforo	0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0,3% – 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

Fuente: Ministerio del Ambiente y Agua, 2020

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. Socialización y capacitación

Para la recolección de la fracción orgánica putrescibles de los residuos urbanos de la parroquia Yaruquíes del cantón Riobamba, Ecuador se apoyó con 5 familias de esta parroquia a quienes se capacito sobre la segregación de residuos en la fuente y su importancia con el ambiente, además se realizó una encuesta para identificar características socioeconómicas y la toma de puntos georreferenciados mediante el uso del software Survey 123, con ello se realizó una descripción de las familias participantes y se generó un mapa de ubicación.

3.2. Recolección de residuos

La recolección de residuos orgánicos putrescibles se realizó puerta a puerta, con ayuda de las 5 familias de la parroquia Yaruquíes. Para la recolección se entregó recipientes de 20 litros con tapa para el almacenamiento de los residuos putrescibles que fueron recolectados cada 2 días (martes, jueves, sábado) por un total de 5 semanas consecutivas, dando un total de 75 muestras.

Imagen 3.3 Recolección de residuos



Fuente: Lozano E, 2022

3.3. Pesaje

Una vez retirados los recipientes se procedió a la revisión de los residuos y pesaje el cual se realizó con la ayuda de una balanza romana y una balanza de mesa, para pesar los residuos. Los datos del peso se registraron en una tabla Excel donde se realizaron cálculos para identificar y tabular las propiedades fisicoquímicas y la equivalencia de emisión de gases de CH₄ y CO₂.

Imagen 3.4 Registro peso de residuos orgánicos putrescibles

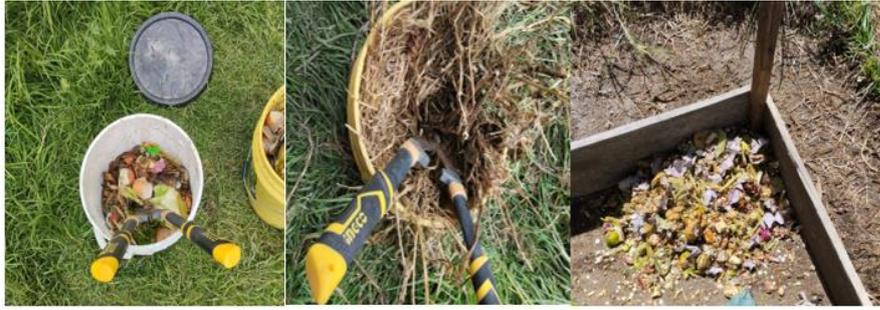


Fuente: Lozano E, 2022

3.4. Aprovechamiento

Del total de 75 muestras obtenidas de residuos orgánicos putrescibles fueron agrupadas en pilas de manera semanal, obteniendo 5 pilas para ser precompostadas. Los residuos que fueron retirados inmediatamente fueron reducidos su volumen con la ayuda de una tijera de podar, posterior a ello se mezcló con material seco para proceder con el tratamiento de precompostaje por una semana.

Imagen 3.5 Fase de precompostaje de residuos orgánicos putrescibles



Fuente: Lozano E, 2022

La mezcla con material seco se realizó en una proporción de una parte de material seco por dos partes de residuos húmedo, según lo indica el manual de compostaje de la FAO, ya que hay que considerar un equilibrio entre la relación C:N.

Una vez realizada la mezcla entre los residuos orgánicos putrescibles y material seco que en este caso fueron residuos provenientes de jardinería, se procedió a apilar los residuos generados en una semana para que se genere el proceso de precomposta, además de ello se agregó una capa de compost maduro para acelerar su descomposición por medio de los microorganismos presentes en el mismo.

Posterior a ello se realizó un control de temperatura, humedad, pH de forma diaria según el avance del proceso durante un mes. El equipo utilizado para controlar estos parámetros fue un multiparámetro para suelo de la marca Smart Sensor PH328.

Imagen 3.6 Toma de datos de temperatura, pH, humedad



Fuente: Lozano E, 2022

En cada pila de residuos putrescibles mezclados con material seco, se realizó un volteo cada 3 días para garantizar la oxigenación y la descomposición aeróbica de los residuos putrescibles.

Imagen 3.7 Volteos de residuos orgánicos putrescibles



Fuente: Lozano E, 2022

Posterior a ello los residuos orgánicos putrescibles que hayan sido precompostados por una semana se incorporara en un área de 1 m² en la cual se añadieron lombrices californianas para que degraden los residuos precompostados. En esta fase se debe controlar la temperatura, humedad y pH una vez por semana.

para garantizar la reproducción y vida de las lombrices. El tiempo de tratamiento mediante vermicompostaje será de 2 meses.

Imagen 3.8 Lombricomposta de los residuos orgánicos putrescibles



Fuente: Lozano E, 2022

3.5. Cálculos

Para determinar las propiedades físico-químicas de los residuos orgánicos putrescibles recolectados en la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba, se realizó mediante método indirecto, el cual consiste en cálculos a partir de fórmulas establecidas a partir del libro Handbook of Solid Waste Management de McGraw-Hill del año 1994 y 2002.

Los cálculos se realizaron en una hoja de cálculo Excel por medio del cual se determinarán cantidades que ayudan a determinar características como humedad global, densidad global, contenido energético global, fórmula química, distribución porcentual, potencial de metano de la muestra de residuos orgánicos putrescible recolectados en la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba.

Imagen 3.9 Registro de pesos

	REGISTRO DE PESOS														
	SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4			SEMANA 5		
	DIA 1 RECOLECCION (LUNES-MARTES)	DIA 2 RECOLECCION (MIERCOLES-JUEVES)	DIA 3 RECOLECCION (VIERNES-SABADO)	DIA 1 RECOLECCION (DOMINGO-LUNES)	DIA 2 RECOLECCION (MARTES-MIERCOLES)	DIA 3 RECOLECCION (JUEVES-VIERNES)	DIA 1 RECOLECCION (SABADO-DOMINGO)	DIA 2 RECOLECCION (LUNES-MARTES)	DIA 3 RECOLECCION (MIERCOLES-JUEVES)	DIA 1 RECOLECCION (VIERNES-SABADO)	DIA 2 RECOLECCION (DOMINGO-LUNES)	DIA 3 RECOLECCION (MARTES-MIERCOLES)	DIA 1 RECOLECCION (JUEVES-VIERNES)	DIA 2 RECOLECCION (SABADO-DOMINGO)	DIA 3 RECOLECCION (LUNES-MARTES)
Fecha recolección:															
CASA 1															
CASA 2															
CASA 3															
CASA 4															
CASA 5															
TOTAL DIA lb															
TOTAL DIA kg															
TOTAL SEMANA kg															

Fuente: Lozano E, 2022

- Distribución Porcentual**

La distribución porcentual se realizó el cálculo dividiendo el peso total de cada semana recolectada para el peso total. (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Ecuación 3.1 Distribución porcentual

$$\text{Distribución porcentual} = \frac{\text{Peso semana en kg}}{\text{peso total en kg}} * 100$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

- Humedad Global**

Es el contenido de humedad que tiene el peso total de la muestra, en este caso particular 96,42 kg, para calcular el contenido de humedad se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 3.2 Contenido de humedad

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{peso total en kg}}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

- Densidad Global**

La densidad global hace referencia a la densidad que tiene el total de los residuos orgánicos putrescibles recolectados, para calcular la densidad se utilizó la relación entre la masa total y el volumen total de los residuos recolectados, plasmado en la siguiente fórmula.

Ecuación 3.3 Densidad global

$$Densidad\ Global = \frac{masa\ total}{volumen\ total}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

- **Contenido Energético Global**

El contenido energético global nos indica la cantidad de energía disponible o aprovechable de los residuos recolectados, la finalidad de este parámetro es identificar la cantidad de energía para un futuro análisis sobre la viabilidad de un aprovechamiento energético de los residuos orgánicos putrescibles. Para realizar el cálculo de este parámetro se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 3.4 Densidad global

$$Contenido\ energético = \frac{KJ\ totales\ de\ la\ muestra}{Peso\ total\ en\ kg}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

- **Fórmula Química**

Para identificar la fórmula química de la muestra total de residuos orgánicos putrescibles se realizó mediante una hoja de Excel y en base a los resultados de los parámetros calculados con anterioridad como peso total, humedad, peso seco y factor de biodegradación. Además, se utilizó datos de la tabla 4-4 del libro Handbook Of Solid Waste Management de McGraw-Hill, la cual nos permite identificar los pesos en porcentaje de cada componente de la fórmula química como el C, H, O, N.

Imagen 3.10 Pesos de componentes C, H, O, N

Component	Percent by weight (dry basis)			
	Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen
Organic				
Food wastes	48.0	6.4	37.6	2.0
Paper	43.5	6.4	41.2	2.0

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

Para calcular el factor de biodegradación se empleó la siguiente fórmula:

Ecuación 3.5 Factor de biodegradación

$$\text{Factor de biodegradación} = \frac{\text{Peso seco degradado}}{\text{peso seco total de la fracción}}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

Posterior a ello se calculó las moles absolutas de C, H, O, N donde se divide el peso en kg es decir la masa del elemento para el peso molecular del elemento, así para cada elemento analizado. Ya para calcular las moles relativas de cada elemento lo que vendrían a resultar la fórmula química de la muestra de residuos orgánicos putrescibles se empelo la siguiente fórmula.

Ecuación 3.6 Moles relativas

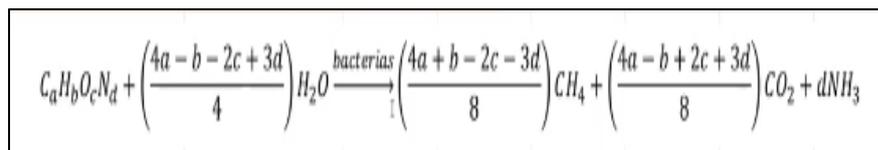
$$\text{Moles relativas} = \frac{\text{mol absoluta del elemento}}{\text{mol absoluta más baja}}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

- **Potencial de CH₄ y CO₂**

Para calcular el potencial de metano (CH₄) y de dióxido de carbono (CO₂) se realizó un balance estequiométrico de la fórmula química de los residuos putrescibles calculada anteriormente, el balance estequiométrico consiste en encontrar un equilibrio entre los reactivos y productos de la reacción química de degradación de la materia orgánica planteada por G. Tchobanoglous en su libro de Gestión Integral de residuos sólidos, Mcgraw Hill .

Imagen 3.11 Reacción química de degradación de la materia orgánica



Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

Una vez balanceada la fórmula química se puede determinar las fracciones de CO₂, CH₄, y H₂O con ello determinar la producción del volumen potencial de CH₄

y de CO₂. Para determinar el volumen potencial de los gases CH₄ y CO₂ se consideraron los siguientes datos para realizar el cálculo que implica determinar el volumen potencial. Temperatura de 0 °C y presión de 1 atm, además de la densidad de metano de 0,717 kg/m³ y la densidad de dióxido de carbono de 1,977 kg/m³, las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

Ecuación 3.7 Volumen potencial de CH₄

$$= \frac{\text{Volumen potencial de CH}_4}{\text{Fracción de CH}_4 \text{ de la reacción} * \text{peso seco de los residuos}} \\ \text{densidad del CH}_4 \text{ a presión y temperatura estándar}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

Ecuación 3.8 Volumen potencial de CO₂

$$= \frac{\text{Volumen potencial de CO}_2}{\text{Fracción de CO}_2 \text{ de la reacción} * \text{peso seco de los residuos}} \\ \text{densidad del CO}_2 \text{ a presión y temperatura estándar}$$

Fuente: Handbook of Solid Waste Management, 2002

3.6. Determinación de la Calidad del producto

Se realizó mediante la contratación de servicios de un laboratorio con experiencia en esta área, para determinar la cantidad de ácidos húmicos, fúlvicos, N, P, K, metales pesados (Cr, Ni, Cu, Zn, y Pb), estos análisis se realizaron mediante una muestra compuesta tomada a partir de los sustratos obtenidos después del tratamiento de vermicompostaje.

3.7. Determinación de ingresos económicos

La determinación de ingresos económicos generados a partir de los residuos, se realizó tomando como referencia los costos de mercado de abonos orgánicos relacionándolos con las cantidades obtenidas de cada uno de los residuos analizados.

Tabla 4.2 Descripción familias participantes

Preguntas	Familia 1	Familia 2	Familia 3	Familia 4	Familia 5
Peso residuos recolectados	17,15	18,36	18,68	20,27	21,95
Nombres	Galo Ruales (jefe de familia)	Luis Estrada (jefe de familia)	Jessica Chicaiza (jefa de familia)	Marcia Naranjo	Jofre Palomino (jefa de familia)
Edad	27-59 años (58 años)	27-59 años (36 años)	27-59 años (28 años)	27-59 años (45 años)	27-59 años (30 años)
Instrucción académica	Universitario	Universitario	Universitario	Técnico	Tecnólogo
Actividad económica	Se dedica a cultivo de tomate en invernaderos	Agricultura y ganadería	Diseñadora gráfica	Ama de casa	Comercio
Ingresos aproximados	Entre 1 y 2 salarios básicos	Entre 1 y 2 salarios básicos	Entre 1 y 2 salarios básicos	Menos de un salario básico	Entre 1 y 2 salarios básicos
Tipo vivienda	Casa, terminada, propia	Casa, terminada, propia	Casa, terminada, propia	Casa, terminada, propia	Casa, terminada, propia
Uso de la vivienda	Solo vivienda sin actividad productiva	Solo vivienda sin actividad productiva	Solo vivienda sin actividad productiva	Solo vivienda sin actividad productiva	Vivienda y actividad productiva
Servicios Básicos	Posee todos los servicios básicos, incluido internet	Posee todos los servicios básicos, incluido internet	Posee todos los servicios básicos, incluido internet	Posee todos los servicios básicos, incluido internet	Posee todos los servicios básicos, incluido internet
¿Qué realiza con los residuos generados?	Depósito en Ecotachos del sistema de recolección municipal	Sistema de recolección municipal	Sistema de recolección municipal	Sistema de recolección municipal	Clasifica y separa los residuos reciclables y los vende
Frecuencia de recolección	Dos veces por semana	Dos veces por semana	Una vez por semana	Una vez por semana	Una vez por semana
Habitantes por vivienda	4 personas adultas	5 personas adultas	4 personas adultas	3 personas adultas	5 personas adultas
Personas que trabajan por la familia	2-3 (3 personas)	6-10 (6 personas)	2-3(2 personas)	0-1 (1 personas)	2-3 (3 personas)
Generación aproximada de residuos orgánicos por familia	Entre 4 o 6 kg a la semana aproximadamente	Entre 6 o 10 kg a la semana	Unos 5 kg a la semana aproximadamente	Unos 6 kg a la semana aproximadamente	De 4 a 10 kg a la semana aproximadamente

Fuente: Lozano E, 2022

4.2. Recolección de residuos y Pesaje

La recolección de los residuos orgánicos putrescibles realizadas a las familias que decidieron apoyar con el proyecto, se realizó mediante valdes en los cuales ubicaron los residuos indicados en la capacitación realizada, como se puede ver en la siguiente figura.

Imagen 4.13 Residuos recolectados



Fuente: Lozano E, 2022

A continuación, se muestra la tabla de pesos registrados por cada día de recolección, donde se puede observar que la semana que más residuos se recolectó fue la semana 1 con un total de 22,23 kg, seguida de la semana 3 con un total de 19,77 kg, mientras que analizando los resultados de la recolección podemos ver que la familia que más residuos generó fue la familia 5 con un total de 21,95 kg, seguida de la familia 4 con un total de 20,27 kg.

Siendo los datos presentados en el párrafo anterior los más relevantes, así logrando obtener un total de 96,42 kg, siendo esta la muestra de residuos orgánicos putrescibles a tratar.

Tabla 4.3 Registro de pesos de las muestras

	REGISTRO DE PESOS															TOTAL FAMILIA kg
	SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4			SEMANA 5			
	DÍA1 RECOLECCIÓN (LUNES-MARTES)	DÍA2 RECOLECCIÓN (MIÉRCOLES-JUEVES)	DÍA3 RECOLECCIÓN (VIERNES-SABADO)	DÍA1 RECOLECCIÓN (DOMINGO-LUNES)	DÍA2 RECOLECCIÓN (MARTES-MIÉRCOLES)	DÍA3 RECOLECCIÓN (JUEVES-VIERNES)	DÍA1 RECOLECCIÓN (SABADO-DOMINGO)	DÍA2 RECOLECCIÓN (LUNES-MARTES)	DÍA3 RECOLECCIÓN (MIÉRCOLES-JUEVES)	DÍA1 RECOLECCIÓN (VIERNES-SABADO)	DÍA2 RECOLECCIÓN (DOMINGO-LUNES)	DÍA3 RECOLECCIÓN (MARTES-MIÉRCOLES)	DÍA1 RECOLECCIÓN (JUEVES-VIERNES)	DÍA2 RECOLECCIÓN (SABADO-DOMINGO)	DÍA3 RECOLECCIÓN (LUNES-MARTES)	
Fecha recolección:	18/10/2022	20/10/2022	22/10/2022	24/10/2022	26/10/2022	28/10/2022	30/10/2022	1/11/2022	3/11/2022	5/11/2022	7/11/2022	9/11/2022	11/11/2022	13/11/2022	15/11/2022	
Familia 1	1,5	2,5	3,5	2,5	1,5	3,5	1	3	2,5	3,6	2,5	2,5	3,0	2,6	2,0	17,15
Familia 2	3,5	3,2	4,5	3,3	1,5	2,5	2,9	3,5	3	2	3	2	2,5	2	1	18,36
Familia 3	3,2	3	3	2,4	2,3	1,9	3	3,2	2,9	3,5	2,9	1,6	2,5	2,5	3,2	18,68
Familia 4	2,5	2	4	3,5	3,1	2	2,6	3	3,5	3,8	3	3	3,6	3	2	20,27
Familia 5	3	3,5	6	4,5	2	3,5	3,5	2,9	3	2,50	3,9	3	3,5	2,5	1	21,95
TOTAL DÍA lb	13,70	14,20	21,00	16,20	10,40	13,40	13,00	15,60	14,90	15,40	15,33	12,10	15,10	12,60	9,20	
TOTAL DÍA kg	6,23	6,45	9,55	7,36	4,73	6,09	5,91	7,09	6,77	7,00	6,97	5,50	6,86	5,73	4,18	
TOTAL SEMANA kg	22,23			18,18			19,77			19,47			16,77			
	TOTAL, kg						96,42									

Fuente: Lozano E, 2022

4.3. Aprovechamiento

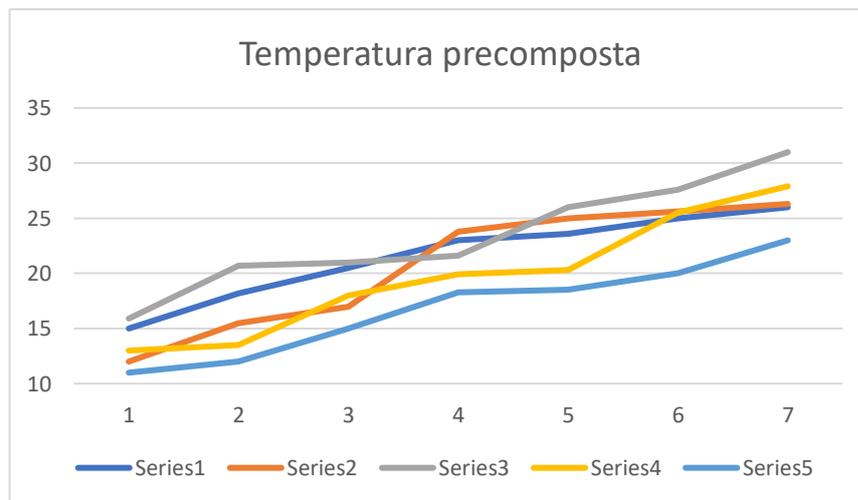
En este punto los residuos orgánicos putrescibles fueron sujetos a una semana de precompostaje donde se controló la temperatura, pH y la humedad, la finalidad de controlar estos parámetros fue para garantizar que el proceso se dé de la manera correcta y que se encuentren dentro de los límites idóneos. A continuación, se pueden observar los datos obtenidos mediante el control de los parámetros durante una semana, que fue el tiempo que duró este proceso.

Tabla 4.4 Temperatura precomposta

TEMPERATURA °C							
MUESTRA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
1	15	18,2	20,5	23	23,6	25	26
2	12	15,5	17	23,8	25	25,6	26,3
3	15,9	20,7	21	21,6	26	27,6	31
4	13	13,5	18	19,9	20,3	25,5	27,9
5	11	12	15	18,3	18,5	20	23

Fuente: Lozano E, 2022

Gráfico 4.1 Temperatura precomposta



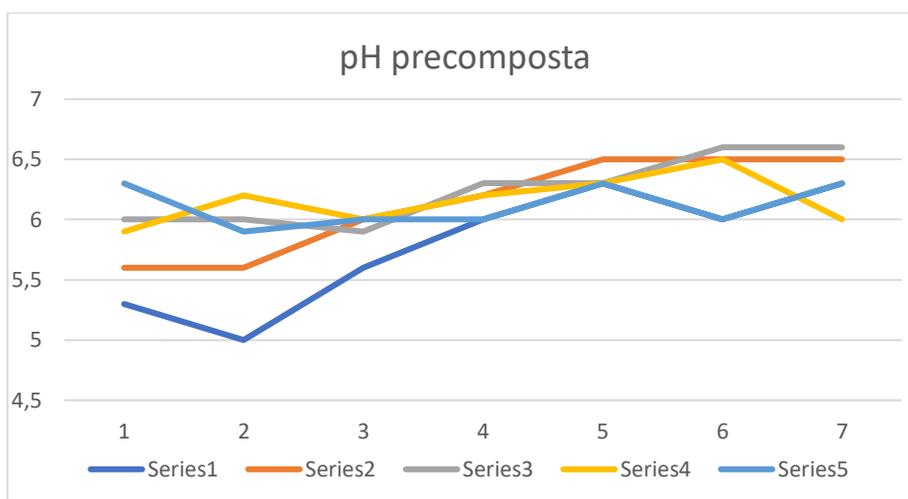
Fuente: Lozano E, 2022

Tabla 4.5 pH precomposta

pH							
MUESTRA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
1	5,3	5	5,6	6	6,3	6	6,3
2	5,6	5,6	6	6,2	6,5	6,5	6,5
3	6	6	5,9	6,3	6,3	6,6	6,6
4	5,9	6,2	6	6,2	6,3	6,5	6
5	6,3	5,9	6	6	6,3	6	6,3

Fuente: Lozano E, 2022

Gráfico 4.2 pH por día proceso precomposta



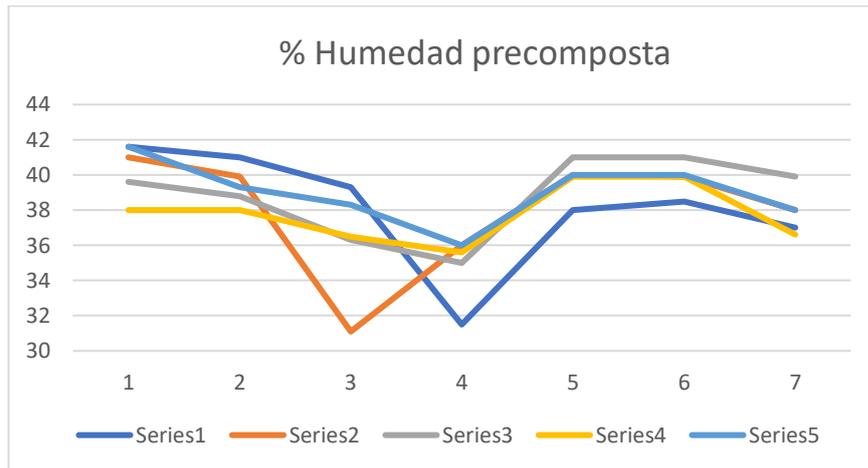
Fuente: Lozano E, 2022

Tabla 4.6 Humedad precomposta

Humedad %							
MUESTRA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
1	41,6	41	39,3	31,5	38	38,5	37
2	41	39,9	31,1	36	40	39,9	38
3	39,6	38,8	36,3	35	41	41	39,9
4	38	38	36,5	35,6	39,9	39,9	36,6
5	41,6	39,3	38,3	36	40	40	38

Fuente: Lozano E, 2022

Gráfico 4.3 Humedad proceso de precompostaje



Fuente: Lozano E, 2022

Una vez transcurrido este tiempo precompostando los residuos se utilizaron lombrices californianas (*Eisenia foetida*) para el proceso de vermicompostaje. El tiempo de precompostaje ayuda a que los residuos orgánicos putrescibles sean parcialmente degradados por la acción de microorganismos, lo cual facilita la alimentación y transformación de los residuos por las lombrices.

Durante este periodo se realizó el control de temperatura, pH y humedad cada semana con la finalidad de controlar los parámetros óptimos para garantizar que la población de lombrices no se reduzca y así garantizar el proceso.

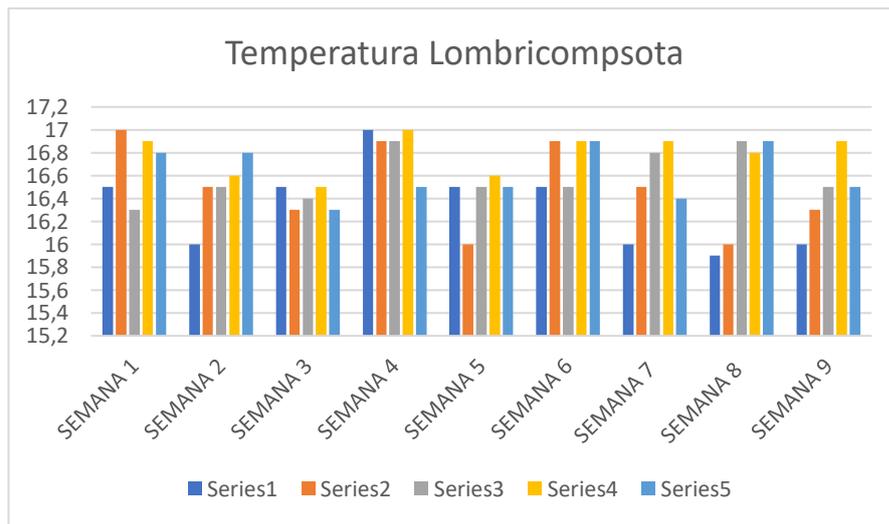
A continuación, se muestran los datos obtenidos:

Tabla 4.7 Temperatura °C Lombricomposta

Temperatura °C									
MUESTRA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9
1	16,5	16	16,5	17	16,5	16,5	16	15,9	16
2	17	16,5	16,3	16,9	16	16,9	16,5	16	16,3
3	16,3	16,5	16,4	16,9	16,5	16,5	16,8	16,9	16,5
4	16,9	16,6	16,5	17	16,6	16,9	16,9	16,8	16,9
5	16,8	16,8	16,3	16,5	16,5	16,9	16,4	16,9	16,5

Fuente: Lozano E, 2022

Gráfico 4.4 Temperatura lombricomposta



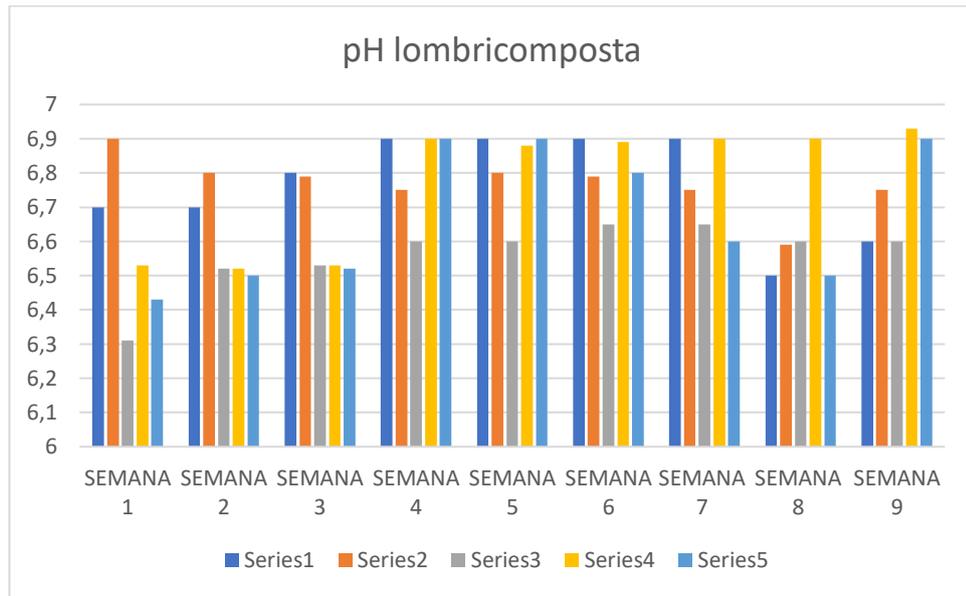
Fuente: Lozano E, 2022

Tabla 4.8 pH Lombricomposta

pH									
MUESTRA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9
1	6,7	6,7	6,8	6,9	6,9	6,9	6,9	6,5	6,6
2	6,9	6,8	6,79	6,75	6,8	6,79	6,75	6,59	6,75
3	6,31	6,52	6,53	6,6	6,6	6,65	6,65	6,6	6,6
4	6,53	6,52	6,53	6,9	6,88	6,89	6,9	6,9	6,93
5	6,43	6,5	6,52	6,9	6,9	6,8	6,6	6,5	6,9

Fuente: Lozano E, 2022

Gráfico 4.5 pH Lombricomposta



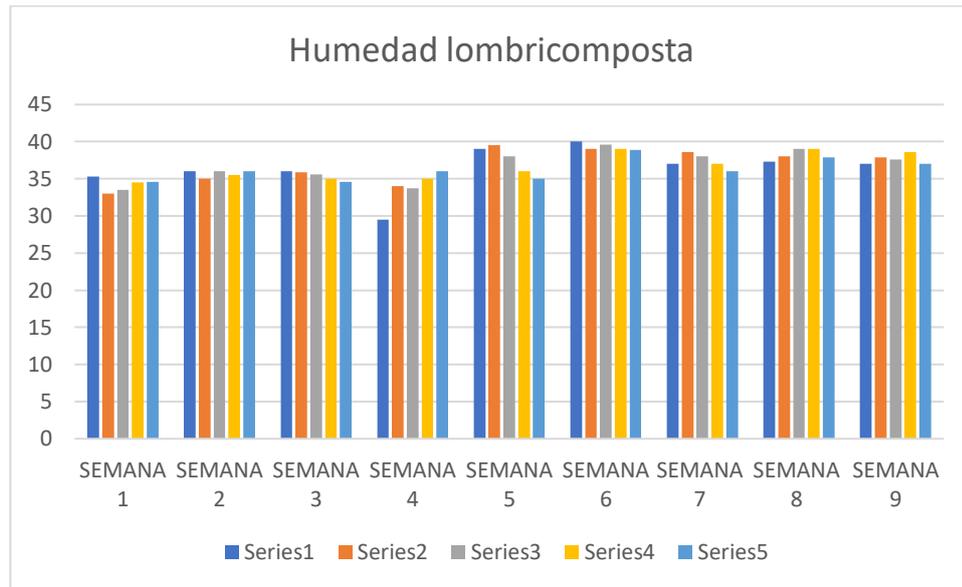
Fuente: Lozano E, 2022

Tabla 4.9 Humedad en porcentaje de Lombricomposta

Humedad %									
MUESTRA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9
1	35,3	36	36	29,5	39	40	37	37,3	37
2	33	35	35,9	34	39,5	39	38,6	38	37,9
3	33,5	36	35,6	33,7	38	39,6	38	39	37,6
4	34,5	35,5	35	35	36	39	37	39	38,6
5	34,6	36	34,6	36	35	38,9	36	37,9	37

Fuente: Lozano E, 2022

Gráfico 4.6 Humedad Lombricomposta



Fuente: Lozano E, 2022

4.4. Cálculos

Los cálculos para identificar las propiedades fisicoquímicas y la cuantificación de emisión de gases de CH₄ y CO₂, se realizaron mediante una hoja de cálculo Excel, mediante las fórmulas y metodología establecida anteriormente, a continuación, se observan los resultados obtenidos.

4.4.1. Distribución Porcentual

La distribución porcentual de los residuos recolectados en 5 hogares de la parroquia Yaruquíes de un total de 96,42 kg se encuentran en un rango de 0,17% a 0,23%, como se puede observar a continuación:

Tabla 4.10 Distribución porcentual

	PESO KG	DISTRIBUCION PORCENTUAL
SEMANA 1	22,23	23 %
SEMANA 2	18,18	19 %
SEMANA 3	19,77	21 %
SEMANA 4	19,47	20 %
SEMANA 5	16,77	17 %
TOTAL	96,42	

Fuente: Lozano E, 2022

4.4.2. Humedad Global, densidad global, contenido energético

El contenido de humedad de la muestra total de 96,42 kg es del 0,52%, ya que corresponde a residuos orgánicos putrescibles y una densidad de 131 kg/m³ con un aporte de 4650 kJ por cada kg húmedo de residuos putrescibles.

Tabla 4.11 Cálculo de humedad global, densidad global, contenido energético

	PESO KG	DISTRIBUCION PORCENTUAL	% HUMEDAD	PESO DE AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	DENSIDAD	VOLUMEN	DENSIDAD GLOBAL	CONTENIDO ENERGÉTICO	Kj	CONTENIDO ENERGETICO	MASA SECA
SEMANA 1	22,23	0,23	50%	0,12	0,52%	131	0,17	131	4650	103356,82	4650	22,11
SEMANA 2	18,18	0,19	50%	0,09			0,14			18,09		
SEMANA 3	19,77	0,21	50%	0,10			0,15			19,67		
SEMANA 4	19,47	0,20	50%	0,10			0,15			19,37		
SEMANA 5	16,77	0,17	50%	0,09			0,13			16,69		
TOTAL	96,42			0,5		0,74			448367,69	KJ/KG HUMEDO		

Fuente: Lozano E, 2022

4.4.3. Fórmula Química

Tabla 4.12 Cálculo de fórmula Química

COMPOSICIÓN	%Peso	% Humedad	Peso Seco	Factor de biodegradación	% C	Masa C	%H	Masa H	%O	Masa O	%N	Masa N	Peso seco degradado (kg)
DESCOMPOSICIÓN RÁPIDA													
RES.ALIMENTICIOS	96,42	52,00%	95,92	0,8	48	46,04	6,4	6,14	37,6	36,07	2,6	2,49	76,74
PESO FRACCIÓN RÁPIDA			95,92175974			46,04		6,14		36,07		2,49	76,74
FACTOR DE BIODEGRADACIÓN PONDERADA								0,80					
MOLES ABSOLUTAS (SE DIVIDE EL PESO PARA CADA PESO MOLECULAR)						3,84		6,14		2,25		0,18	
MOLES RELATIVAS (SE DIVIDE EL VALOR DE CADA MOLE ABSOLUTA PARA EL VALOR MAS BAJO DE LAS MOLES ABSOLUTAS):						C		H		O		N	
						22		34		13		1	

Fuente: Lozano E, 2022

Tabla 4.13 Balance estequiométrico de la fórmula química

Balance estequiométrico de la reacción bioquímica rápida								
MOLES H ₂ O		ELEMENTO	REACTIVOS	PRODUCTOS	DIFERENCIA		REACTIVOS CORREGIDOS	DIFERENCIA
8								
12	C		22	22	0			
10	H		50	51	-1		51	0
1	O		21	20	1		20	0
	N		1	1	0			
FÓRMULA CORREGIDA			C	H	O	N		
			22	35	12	1		

Fuente: Lozano E, 2022

4.4.4. Potencial de CH₄ y CO₂

Tabla 4.14 Determinación de volumen potencial de emisiones de CH₄, CO₂, biogas

DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE EMISIONES DE CH ₄ , CO ₂ Y BIOGAS DE LOS RESIDUOS RECOLECTADOS		
DENSIDAD CH ₄ A PRESIÓN Y TEMPERATURA ESTANDAR:	0,717	kg/m ³
PESO SECO DE FRACCIÓN DEGRADACIÓN RÁPIDA:	95,92175974	Kg pesos seco
FRACCIÓN DE METANO EN LA REACCIÓN:	0,4040	KG CH ₄ / KG PESO SECO
VOLUMEN POTENCIAL MÁXIMO DE CH₄ PRODUCIDO:	54,04266674	m³
DENSIDAD CO ₂ A PRESIÓN Y TEMPERATURA ESTANDAR:	1,977	kg/m ³
PESO SECO DE FRACCIÓN DEGRADACIÓN RÁPIDA:	95,92175974	Kg pesos seco
FRACCIÓN DE CO ₂ EN LA REACCIÓN:	0,871287129	KG CO ₂ / KG PESO SECO
VOLUMEN POTENCIAL MÁXIMO DE CO₂ PRODUCIDO:	42,27384655	m³
VOLUMEN DE BIOGAS POR PESO SECO=	1,00411537	m³/kg basura degradada

Fuente: Lozano E, 2022

4.5. Determinación de la Calidad del producto

Una vez transcurrido el tiempo del proceso de vermicompostaje se procedió a realizar una separación de las lombrices y el sustrato donde primero se dejó

expuesto el sustrato al sol para que pierda la humedad y las lombrices se vayan separando del sustrato inicial al sustrato con mayor humedad que se ubicó en un costado, esto se realizó durante 5 días posterior al término del proceso.

Una vez transcurrido este tiempo y verificado que ya no existe una gran cantidad de lombrices se procesa a utilizar el tamiz, el cual ayuda también a separar los elementos de mayor tamaño y que no se habían degradado totalmente, a continuación, se puede evidenciar en la siguiente imagen.

Imagen 4.14 Preparación toma de muestra



Fuente: Lozano E, 2022

Una vez tamizado todo se procede a realizar la toma de la muestra para el análisis de laboratorio, para lo cual se realizó mediante el método del cuarteo, que consiste en realizar una muestra compuesta de todo el sustrato obtenido y dividirlo en 4 partes iguales, de la cual se tomó únicamente 1/4 de los 4/4, con ello realizar los análisis, la muestra a analizar fue de 2 kg.

Imagen 4.15 toma muestra para análisis



Fuente: Lozano E, 2022

Los Parámetros a analizar fueron los siguientes:

- Ácidos Húmicos y fúlvicos
- N, P, K
- Metales pesados

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio se procedió a realizar una comparativa con datos referenciales encontrados en otras investigaciones similares. En un estudio realizado denominado Informe de ácidos húmicos y fúlvicos: Importancia y recomendaciones para uso en fertirriego se puede evidenciar la siguiente tabla con valores referenciales en diferentes sustratos, la cual sirvió de referencia para su comparación (humus de lombriz).

Imagen 4.16 Porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes sustratos

Material	Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos
Leonardita / humatos	40%	85%
Turba negra	10%	20%
Estiércol	4%	15%
Compost	2%	5%
Tierra jardín	1%	5%
Humus de lombriz	2,8%	1,5%

Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales

Fuente: Kilmo,2022

Además, se analizó la concentración de los principales nutrientes que deben existir en un sustrato para que pueda crecer vegetación, por lo cual se analizó la concentración de N, P, K corroborando su presencia en el sustrato, comparando con los valores habituales reportados en el documento denominado interpretación de análisis de compost donde presentan valores referenciales donde el Nitrógeno (N) tiene un valor de 1% - 2,5%; Fósforo (P) 0,40% - 1,2%; Potasio (K) 0,50% - 1,3% (Gipuzkoa, 2013).

Mientras que en el análisis de metales pesados realizados se compararon con los resultados obtenidos con los niveles máximos permisibles establecidos donde se puede observar que las concentraciones de los metales pesados están

muy por debajo del límite permisible establecidos en la EPA en 2006 (Villegas Cornelio V. M., 2017).

Imagen 4.17 Concentración de metales pesados en sustratos orgánicos

Metales pesados	Composta (mg kg ⁻¹)	Niveles máximos permisibles		
		Norma 503 EPA* (mg kg ⁻¹)	NTC-5167, 2004** (mg kg ⁻¹)	EPA 2006*** (mg kg ⁻¹)
As	0.4375	54	41	--
Cd	0.5	18	39	10
Cr	23.4375	1 200	1 200	400
Cu	91.1875	1 200	450	450
Ni	24.6875	180	420	120
Pb	62.375	300	300	300

*= valores en la norma 503 de la agencia de protección ambiental (EPA); **= valores en el NTC-5167, 2004, que establece los requisitos que deben cumplir los productos orgánicos utilizados como fertilizantes y abonos; ***= Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Fuente: Villegas. C, 2017

Los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio se pueden evidenciar en la siguiente tabla y en el apéndice A figuras A, B, C.

Tabla 4.15. Resultados análisis de laboratorio

Parámetros Analizados	Resultados %	Resultados mg/kg	Comparativa
Ácidos Húmicos	1,12 %	11200 mg/kg	2,8 %
Ácidos Fúlvicos	2,57 %	25700 mg/kg	1,5 %
N	0,02817 %	281,7 mg/kg	1 % - 2,5 %
P	0,00197 %	19,75 mg/kg	0,40 % - 1,2 %
K	0,67 %	6772,2 mg/kg	0,50 % – 1,3 %
Cr total	0,001436 %	14,36 mg/kg	400 mg/kg
Ni	0,001298 %	12,98 mg/kg	120 mg/kg
Cu	0,004215 %	42,15 mg/kg	450 mg/kg
Zn	0,01728 %	172,8 mg/kg	200 mg/kg
Pb	0,000959 %	9,59 mg/kg	300 mg/kg

Fuente: Lozano E, 2022

Realizando una comparación se puede constatar que el sustrato obtenido tiene un importante aporte de ácidos húmicos y fúlvicos que van de la mano con el pH ya que los ácidos húmicos son solubles a un pH mayores de 6, mientras que los ácidos fúlvicos son solubles a cualquier pH. (Kilimo, 2022) lo que hace que los nutrientes estén disponibles y así mejorar la calidad de suelo, además existe la presencia de N, P, K, en cuanto a los metales pesados están por debajo del límite permisible.

4.6. Determinación de ingresos económicos

La determinación de ingresos económicos que se pueden percibir se realiza en base a la comparación de la cantidad de residuos recolectados y la cantidad de producto obtenido y el precio de venta en el mercado.

Tabla 4.16 Determinación del ingreso económico por sustrato

Peso residuos	Peso sustrato obtenido	Precio en el mercado por kg	Ingreso por venta de sustrato obtenido
96,42	27 kg	0,2 ctv./kg	5,4 \$

Fuente: Lozano E, 2022

Con los resultados anteriores se puede determinar que los 96,42 kg de residuos recolectados y tratados se obtuvieron 27 kg de sustrato donde el costo por kg es de 0,2 ctv. el valor neto por la venta sería de 5,4 ctv.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se logró recolectar mediante el apoyo de las 5 familias de la parroquia Yaruquíes de la ciudad de Riobamba, 96,42 kg de residuos orgánicos putrescibles que fueron clasificados por estas familias durante 5 semanas, con lo cual se desarrolló una forma de aprovechamiento mediante precompostaje y vermicompostaje obteniendo aceptables resultados y evitando las emisiones de CH₄ y CO₂ que podrían haber generado si los residuos hubiesen terminado en el relleno sanitario de la ciudad.
- Se determinaron las características físico-químicas de los 96,42 kg de residuos orgánicos putrescibles, mediante el uso de una hoja de cálculo Excel, donde los resultados obtenidos son los siguientes: humedad absoluta es del 0,52 %, la densidad de 131 kg/m³ y el aporte energético es de 4650 kJ por cada kg húmedo de residuos putrescibles, estas características tanto de humedad, densidad y valor energético, nos dan información acerca de los procesos de aprovechamiento que pueden dar, al ser residuos con una alta humedad limita su aprovechamiento energético por incineración mientras que otros métodos como el compostaje o vermicompost aprovechan los residuos convirtiéndoles en una fuente de sustratos para recuperación de suelos erosionados entre otros usos.
- El proceso de precompostaje se considera como un proceso mesofílico ya que la temperatura durante el proceso fue en un rango de 13°C hasta los 31°C, para alcanzar temperaturas más altas se requiere aumentar el tiempo de compostaje y la cantidad de materia orgánica putrescible,

mientras que el pH del proceso de precompostaje empezó en un rango ácido debido a la descomposición de los residuos, a medida que pasaban los días y aumentaba la temperatura el pH aumentaba acercándose a valores cercanos al neutro, en cuanto a la humedad presento valores muy variables empezando con valores altos de humedad que a medida que pasaban los días bajaban su porcentaje de humedad, por lo cual se realizaban riegos controlados para subir el porcentaje de humedad.

- En el proceso de lombricomposta los resultados de temperatura fueron estables y bajos en un rango de 16° C a 17 °, mientras que el pH también se portó de una manera más estable que en la precomposta dando un pH en el rango de 5 a 6 cercano al neutro, siendo un rango aceptable, la humedad se mantuvo en el rango de 30 % a 40 % para evitar la saturación del sustrato y la putrefacción del mismo.
- Se obtuvo un sustrato mediante la recolección y aprovechamiento de los 96,42 kg de residuos orgánicos putrescibles aplicando un proceso de precompostaje y vermicompostaje con lo cual se pudo evitar la emisión de 54,04 m³ de CH₄ y 42,27 m³ de CO₂, además de que aplicar estos métodos de tratamiento y aprovechamiento se pueden obtener productos de valor agregado.
- Se analizó el retorno económico que se puede obtener solo por la cantidad de sustrato obtenido donde según la relación de producción del sustrato donde los 96,42 kg generaron 27 kg de sustrato con una humedad de 30 %, pH 6.8 y una temperatura de 16°C, por lo que se considera que por cada 96 kg se pueden obtener 5.40\$ solo por la venta de sustrato, sin contar el rubro que implicaría trabajar como un gestor calificado de residuos.

- Se determinó la calidad del sustrato obtenido mediante un análisis de laboratorio realizado donde se puede evidenciar que el sustrato tiene características para el desarrollo vegetal y recuperación de suelos, ya que la calidad del sustrato determinada por análisis muestra una concentración de 1.12 % de ácidos húmicos y 2.57 % de ácidos fúlvicos, mientras que para el N fue de 0,02817 %, P 0,00197 %, K 0,67 %. Los metales pesados se encuentran por debajo de los límites permisibles reportados en otras investigaciones, por lo que se considera que el sustrato obtenido tiene características notables para mejorar y aportar la calidad de suelo influyendo positivamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- El implementar métodos de aprovechamiento de residuos orgánicos putrescibles influyen de forma positiva en disminuir la contaminación generada por estos residuos, se obtiene un sustrato con valor agregado para mejorar suelos erosionados, ahorran espacio en el relleno sanitario.

6. Referencias

- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Ameen, F., & Al-Homaidan, A. (2022). Improving the efficiency of vermicomposting of polluted organic food wastes by adding biochar and mangrove fungi. *Chemosphere*, 286.
- Bustos, D. (2013). *Propuesta para el aprovechamiento de residuos en Bogotá*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7139>
- Dallas, L. (2017). *Lombricultura*. Obtenido de <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html#:~:text=La%20lombriz%20acepta%20sustratos%20con,e n%20una%20etapa%20de%20latencia>.
- Gipuzkoa. (2013). *Interpretacion de los naálisis de compost*. Obtenido de [https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncomp ost_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012#:~:text=Nitr%C3%B3geno%2C%20%25N%201%2C0,\(figuras%205%20y%206\)](https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncomp ost_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012#:~:text=Nitr%C3%B3geno%2C%20%25N%201%2C0,(figuras%205%20y%206)).
- HANNA instruments. (2017). *HANNA instruments*. Obtenido de <https://www.hannacolombia.com/blog/post/85/determinacion-nitrogeno-total-kjeldahl>
- Kilimo. (marzo de 2022). *Kilimo*. Obtenido de Informe Ácidos húmicos y fúlvicos: importancia y recomendaciones para su uso en fertirriego: <https://academiaderiego.kilimoagtech.com/informe-acidos-humicos-y-fulvicos-importancia-y-recomendaciones-para-su-uso-en-fertirriego>
- Laich, F. (Octubre de 2011). *ICIA España*. Obtenido de ICIA: <https://www.icia.es/biomusa/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2020). *Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos MUnicipales*. Quito: CENTRO DE ARTES GRÁFICAS "EL FUEGO Y LA PALABRA".
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica . (30 de julio de 2020). Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-la-gestion-adecuada-de-residuos-organicos-en-las-ciudades/>
- Nancy, G. (mayo de 2006). Obtenido de INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23151/Granados%20Rodr%C3%ADguez%20Nancy%20Maribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Román, P. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile.
- Ropero Portillo, S. (junio de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-gestion-de-residuos-2787.html>
- Tortosa, G. (15 de 11 de 2014). *Compostando Ciencia*. Obtenido de <http://www.compostandociencia.com/2014/07/determinacion-del-contenido-total-de-nitrogeno-en-un-compost/>
- Vásquez, C., & Esperanza, S. (2018). *Propuesta de un programa de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales - Cutervo, 2018*. Obtenido de <https://repositorio.udl.edu/xmlui/handle/UDL/174>
- Villegas Cornelio, V. M. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 393-406. Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000200393

- Villegas Cornelio, V., & Laines Canepa, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratameinto de residuos sólidos orgánicos . *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 393-406.
- Wang, Y., Tang, Y., & Yuan, Z. (2022). Improving food waste composting efficiency with mature compost addition. *Bioresource Technology*, 349.
- Yang, W., & Zhang, L. (2022). Addition of mature compost improves the composting of green waste. *Bioresource Technology*, 350. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126927>

7. Apéndices y anexos

Apéndice A: Análisis de laboratorio

Figura A Análisis de Ácidos Húmicos y Fúlvicos



TerraProductos
Y SERVICIOS DE AGRICULTURA

ANALISIS DE CALIDAD Y CONTENIDO DE ACIDOS HUMICOS Y FULVICOS

ANALISIS DE LABORATORIO
No. 853 – Calidad y contenido de Ácidos Húmicos y Fulvicos.

Fecha Recepción: 09-02-2021
Solicitado por: Eduardo Lozano
Tipo de muestra: Solida
Dirección: Cayambe

Fecha laboratorio: 14-02-2021
Responsable: Eduardo Lozano
Provincia: Pichincha
Telf:

MUESTRA 1

DATOS DE LA MUESTRA VERMICOMPOST

Número de Lote	No Reportado
Fecha de Elaboración	No Reportado
Fecha de Expiración	No Reportado
Descripción de la muestra	Sólida
Volumen de la muestra	250 g
Densidad	0,78 g/l
pH	6,557
ce	3,56 mS/cm

RESULTADOS MUESTRA 1

PARAMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS %	METODO	CRITERIO DE ACEPTACION
Acidos húmicos	1.12	Cromatografía	-
Referenciales	2.88		
Acidos fulvicos	2.57	Cromatografía	-
Referenciales	5		

<https://academiaderiego.kilimoagtech.com/informe-acidos-humicos-y-fulvicosimportancia-y-recomendaciones-para-su-uso-en-fertiriego>.



Dra. Tania Merino
Gerencia TerraProductos
099 850 1980
02138 350 / 597
taniamerino@terraproductos.com

www.terraproductos.com @terraproductos

Figura B Análisis fósforo



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: EDUARDO LOZANO
Atención: Dra. Tania Merino
Muestra Recibida : 09-02-2023
Análisis Completado: 15-02-2023
Orden de Trabajo n° 23 47
Tipo de investigación : Análisis Material Altamente Organico
Nro Secuencia: 1
Rotulación Muestra : MUESTRA VERMICOMPOST

Rotulación Muestra	MUESTRA VERMICOMPOST	Unidad	Método Valoración
Parámetros :			
Fósforo	199,75 (*)	mg/kg (P)	SM. 4500-P E

DATOS ADICIONALES:

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centimetro; %: porcentaje; ppm: partes por millón;

Método: Oslen Modificado (asimilable) * Fuera del rango de medición LSA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA" ;

AOAC : offers the Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL;

Dra. Tania Merino
Responsable Técnico

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por personal técnico del cliente

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Figura C Análisis metales pesado, N, K

ALS ECUADOR ALSECU S.A.
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito - Ecuador
T: +5 93 280 8877



right solutions.
right partner.



Acreditación N° SAE LEN 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS

PROTOCOLO: 91039/2023-1.0	RL-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 14
	Página 1 de 2

NOMBRE DEL CLIENTE: EDUARDO LOZANO
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: EDUARDO LOZANO
NOMBRE DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE SUELO
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO 10 DEL 2023 / 16:30 / N° CADENA DE CUSTODIA: 007892 / N° ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO: NO APLICA
LUGAR DE ANÁLISIS: ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 10 AL 17 DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 17 DE FEBRERO DEL 2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	SUELO					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84
14221	MT	Suelo	No reportado por el cliente	No reportado por el cliente	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Los datos relacionados al Proyecto e Información de la Muestra a excepción del Código de Laboratorio fueron proporcionados por el cliente.

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas, las mismas que fueron entregadas al laboratorio bajo condiciones propias del cliente. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A.; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente Informe.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Sin la firma electrónica del responsable autorizado de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



COORDINADORA EMISIÓN DE INFORMES
SILVIA CAROLINA ESCOBAR ESTRELLA

Coordinadora Emisión de Informes
ALS ECUADOR ALSECU S.A.



PROTOCOLO: 91039/2023-1.0	RL-49
	Revisión: 14
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	14221 M1	INCERTIDUMBRE (N=2)
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-Horg C	PA - 72.00	mg/kg	281,7	± 19,8 mg/kg
POTASIO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 8010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	6772,2	± 96,21 mg/kg
CROMO TOTAL		PA - 118.00	mg/kg	14,36	± 0,008 mg/kg
NÍQUEL		PA - 118.00	mg/kg	12,98	± 0,013 mg/kg
COBRE		PA - 118.00	mg/kg	42,15	± 0,28 mg/kg
ZINC		PA - 118.00	mg/kg	172,8	± 0,019 mg/kg
PLOMO		PA - 118.00	mg/kg	9,59	± 0,044 mg/kg