



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE VERMICOMPOSTAJE PARA
EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
GENERADOS EN EL MERCADO EL VERGEL DEL CANTÓN
CAÑAR”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS: TANYA MAGDALENA CHICAIZA GARCÍA

JUANA MERCEDES QUIROZ QUINTUÑA

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA, PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Tanya Magdalena Chicaiza García & Juana Mercedes Quiroz Quintuña

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Tanya Magdalena Chicaiza García y Juana Mercedes Quiroz Quintuña, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de noviembre de 2023



Tanya Magdalena Chicaiza García
C.I. 030265207-8



Juana Mercedes Quiroz Quintuña
C.I. 030261470-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE VERMICOMPOSTAJE PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO EL VERGEL DEL CANTÓN CAÑAR**”, realizado por las señoritas: **TANYA MAGDALENA CHICAIZA GARCÍA** y **JUANA MERCEDES QUIROZ QUINTUÑA**, ha sido cuidadosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-17
Ing. Juan Carlos González García, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-17
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-17

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios por permitirme culminar una más de mis metas académicas, a mis padres de manera especial a mi madre Fátima por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento, a mis hermanos Mishell e Ismael, a mis abuelitos Silvio e Inés también a mi esposo Freddy por siempre tener un consejo, por sus positivismo, su ayuda y a mi amado hijo Gael quien ha sido mi motor e impulso en todo este proceso, a mis amigas que siempre han estado pendientes.

Tanya

A Dios por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr uno más de mis objetivos. A mi madre Zoila por demostrarme siempre su cariño, confianza y su apoyo infinito, a mi hermanos/as Lenin, Luz y Damaris, también de manera especial a esa persona quien me animo a continuar y no rendirme, por último, a mi persona especial que sé que siempre está a mi lado en cada paso que avance.

Juana

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarnos los conocimientos, lineamientos y prepararnos para la vida profesional, al Ing. Juan Carlos González por su paciencia y ayuda en el desarrollo de nuestro trabajo. A los técnicos docentes quienes compartieron sus conocimientos, sabiduría y paciencia. También agradecemos a todos aquellos que de una u otra forma estuvieron presentes en esta etapa como familiares y amigas/os, pues sin su ayuda no habríamos podido hacerlo.

Tanya & Juana

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>General</i>	5
1.4.2. <i>Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de investigación	7
2.2. Referencias teóricas	9
2.2.1. <i>Residuo sólido</i>	9
2.2.1.1. <i>Clasificación de los residuos sólidos</i>	10
2.2.2. <i>Vermicompostaje</i>	12
2.2.3. <i>Vermicompost</i>	12
2.2.3.1. <i>Parámetros de calidad que debe cumplir el vermicompost</i>	13
2.2.3.2. <i>Dosificación según el tipo de cultivo</i>	13
2.2.3.3. <i>Beneficios vermicompost</i>	13
2.2.4. <i>Etapas del vermicompostaje</i>	14
2.2.4.1. <i>Fase inicial o de precompostaje</i>	14
2.2.4.2. <i>Fase mesófila</i>	14

2.2.4.3.	<i>Fase de maduración</i>	14
3.2.5.	Parámetros de control del vermicompostaje	14
2.2.5.1.	<i>Parámetros ambientales</i>	14
2.2.5.2.	<i>Aireación</i>	15
2.2.5.3.	<i>Contenido de humedad</i>	15
2.2.5.4.	<i>pH</i>	15
2.2.5.5.	<i>Temperatura</i>	15
3.2.5.6.	<i>Color y olor</i>	15
2.2.5.7.	<i>Relación C:N (carbono nitrógeno)</i>	15
2.2.6.	Lombriz roja californiana	16
2.2.6.1.	<i>Antecedentes</i>	16
2.2.6.2.	<i>Características</i>	16
2.2.6.3.	<i>Reproducción</i>	17
2.2.6.4.	<i>Morfología</i>	18
2.2.7.	Condiciones ambientales	19
2.2.7.1.	<i>Humedad</i>	19
2.2.7.2.	<i>Aireación</i>	19
3.2.7.3.	<i>Temperatura</i>	19
2.2.7.4.	<i>Luz</i>	19
2.2.7.5.	<i>pH</i>	20
2.2.8.	Alimentación	20
2.2.8.1.	<i>Alimentos no recomendados</i>	20
2.2.8.2.	<i>Alimentos recomendados</i>	20
2.2.9.	Parámetros del alimento	21
2.2.9.1.	<i>Temperatura</i>	21
3.2.9.2.	<i>Humedad</i>	21
2.2.9.3.	<i>pH</i>	21
2.2.9.4.	<i>Conductividad eléctrica</i>	21
2.2.10.	Tipos de compostaje	21
2.2.10.1.	<i>Compostaje indio de Bangalore</i>	21
2.2.10.2.	<i>Compostaje de recipientes</i>	22
2.2.10.3.	<i>Compostaje en hileras</i>	22
2.2.10.4.	<i>Vermicompostaje</i>	22
2.2.10.5.	<i>Compostaje estático</i>	23
2.2.10.6.	<i>Compostaje de hojas</i>	23
2.2.10.7.	<i>Compostaje indore indio</i>	24
2.3.	Marco legal	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLOGICO	29
3.1.	Enfoque	29
3.2.	Alcance	29
3.3.	Definición de variables	29
3.4.	Diseño	29
3.5.	Definición y selección de la muestra	29
3.6.	Recolección de datos	30
3.6.1.	<i>Tipificación de residuos orgánicos</i>	30
3.6.2.	<i>Recolección y transporte de RO</i>	30
3.6.3.	<i>Caracterización de residuos orgánicos</i>	34
3.6.3.1.	<i>Método del cuarteo</i>	34
3.6.3.2.	<i>Determinación de la producción per capita</i>	35
3.6.4.	<i>Precompostaje de RSO</i>	35
3.6.4.1.	<i>Elaboración de la pila</i>	35
3.6.4.2.	<i>Control de parametros de la pila</i>	36
3.6.5.	<i>Construcción del vermicompostador</i>	36
3.6.6.	<i>Adaptación y alimentación de lombriz roja californiana</i>	37
3.6.7.	<i>Procesos de laboratorio</i>	39
3.6.7.1.	<i>pH</i>	39
3.6.7.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	40
3.6.7.3.	<i>Parámetros relacionados con la materia orgánica</i>	41
3.6.7.4.	<i>Nitrógeno total</i>	43
3.6.7.5.	<i>Relación C/N</i>	45
3.6.7.6.	<i>Metales</i>	45
3.6.7.7.	<i>Análisis de metales</i>	46
3.8.	Análisis de datos	51

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS E INTERPRETACIÓN	52
4.1.	Tipificación de los residuos orgánicos	52
4.2.	Caracterización de los residuos orgánicos	53
4.3.	Pila de precompostaje	54
4.4.	Vermicompostaje	55
4.5.	Análisis físicos, químicos y microbiológicos del vermicompost	57

4.6.	Análisis físicos, químicos y microbiológicos del compost de la EMMAIPC	61
4.7.	Guía técnica para vermicompostaje.....	67

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1.	Conclusiones.....	70
5.2.	Recomendaciones.....	71

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Sistemas de vermicompostaje.....	23
Tabla 2-2: Marco Legislativo.....	24
Tabla 2-3: Grupo 2. Abonos Orgánicos – Nitrogenados (Apartado del Anexo 1)	25
Tabla 2-4: Límites de contenido para abonos con un único nutriente.....	26
Tabla 2-5: Límites de contenido para abonos compuestos	26
Tabla 2-6: Criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos.....	27
Tabla 2-7: Parámetros óptimos para compost final bajo la norma U.S. Composting del 2001 y 2002	27
Tabla 3-1: Métodos utilizados para análisis de parámetros	39
Tabla 3-2: Estándar para análisis de magnesio	48
Tabla 3-3: Estándar para análisis de calcio	48
Tabla 3-4: Estándar para análisis de hierro	48
Tabla 3-5: Estándar para análisis de cromo	48
Tabla 3-6: Estándar para análisis de níquel.....	49
Tabla 3-7: Estándar para análisis de manganeso.....	49
Tabla 3-8: Estándar para análisis de cadmio.....	49
Tabla 4-1: Composición física de los residuos orgánicos	52
Tabla 4-2: Caracterización físico-química de los residuos orgánicos	53
Tabla 4-3: Registro de parámetros en pila de precompostaje	54
Tabla 4-4: Registro de parámetros en el proceso de vermicompostaje.....	55
Tabla 4-5: Análisis estadístico del vermicompost.....	58
Tabla 4-6: Resultado de <i>E.coli</i> , coliformes y <i>salmonella</i>	60
Tabla 4-7: Resultados físico – químicos del compost.....	61
Tabla 4-8: Resultado de <i>E.coli</i> , coliformes y <i>salmonella</i>	64
Tabla 4-9: Contraste de compost EMMAIPC-EP y vermicompost <i>Eisenia fetida</i>	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1:	Mapa de ubicación del Mercado El Vergel del Cantón Cañar.....	31
Ilustración 3-2:	Recolección de los residuos orgánicos en el Mercado El Vergel	32
Ilustración 3-3:	Pesaje de los residuos orgánicos en el CGY	32
Ilustración 3-4:	Separación de cítricos en el área orgánica del CGY	33
Ilustración 3-5:	Maquina trituradora residuos orgánicos del CGY	33
Ilustración 3-6:	Método del cuarteo.....	35
Ilustración 3-7:	Dimensiones de la pila de Precompostaje	36
Ilustración 3-8:	Multiparámetro Soil Tester.....	36
Ilustración 3-9:	Estructura del vermicompostador.....	37
Ilustración 3-10:	Lombriz roja de California.....	38
Ilustración 3-11:	Sustrato de adaptación.....	38
Ilustración 3-12:	Prueba de ensayo en caja empleando la lombriz roja.....	39
Ilustración 3-13:	Análisis de pH.....	40
Ilustración 3-14:	Análisis de conductividad eléctrica.....	41
Ilustración 3-15:	Análisis de materia orgánica	43
Ilustración 3-16:	Análisis nitrógeno por el método kjeldahl	44
Ilustración 3-17:	Proceso de digestión ácida	46
Ilustración 3-18:	Proceso de análisis para el fósforo	47
Ilustración 3-19:	Equipo fotómetro de llama.....	50
Ilustración 4-1:	Cantidad de residuos generados por día en el mercado El Vergel.....	53
Ilustración 4-2:	Pila de pre-compostaje con los residuos sólidos orgánicos.....	54
Ilustración 4-3:	Camas elaboradas para el proceso de vermicompostaje.....	55
Ilustración 4-4:	Evolución del PH en las camas 1, 2, 3 y 4	56
Ilustración 4-5:	Evolución de la humedad en las camas 1, 2, 3 y 4	57
Ilustración 4-6:	Evolución de la temperatura en las camas 1, 2, 3 y 4.....	57
Ilustración 4-7:	Comportamiento de los nutrientes del compost - vermicompost	65
Ilustración 4-8:	Compost EMMAIPC y vermicompost obtenido	66
Ilustración 4-9:	Guía técnica.....	67
Ilustración 4-10:	Guía técnica.....	68
Ilustración 4-11:	Guía técnica.....	68
Ilustración 4-12:	Guía técnica.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
- ANEXO B:** TRITURACIÓN Y FORMACIÓN DE LA PILA DE PRECOMPOSTAJE
- ANEXO C:** CONSTRUCCIÓN DEL VERMICOMPOSTADOR Y ELABORACIÓN DE CAMAS
- ANEXO D:** ANÁLISIS REALIZADOS EN LABORATORIOS
- ANEXO E:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

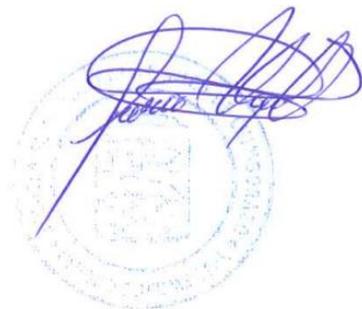
EMMAIPC-EP	Empresa Pública Mancomunada del Pueblo Cañari
CGY	Centro de Gestión Yurakasha
PH	Potencial de Hidrogeno
°C	grados centígrados
%H	Porcentaje de humedad
Kg	Kilogramos
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
mL	mililitro
h	horas
°T	Temperatura
g	gramos
mg	miligramos
um	micrómetros
Na	Sodio
K	Potasio
P	Fosforo
Mn	Manganeso
Mg	Magnesio
Fe	Hierro
Ca	Calcio
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
NPM	Numero Mas Probable
MO	Materia Orgánica
Cen	Cenizas
COT	Carbono Orgánico Total
C/N	Carbono/Nitrógeno
VC1	Vermicompost Cama 1
VC2	Vermicompost Cama 2
VC3	Vermicompost Cama 3
VC4	Vermicompost Cama 4
C	Compost
mS/cm	miliSiemens/centímetro

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue evaluar el proceso de vermicompostaje con los residuos sólidos generados en el mercado el Vergel de la ciudad de Cañar. En el cual, se utilizó lombriz roja californiana (*Esenia fetida*) por lo que inicialmente se caracterizó los residuos orgánicos de igual manera se tipificó por 3 semanas, posteriormente se elaboró la pila de precompostaje por aproximadamente un mes para disminuir tamaño y densidad de los residuos también se realizó la vermicompostera y su división de 4 camas, mismas en las que se desarrolló el proceso de adaptación de las lombrices posterior a esto se colocó alimento gradualmente en un periodo de 6 meses hasta obtener el vermicompost, después se recolectó muestras que se analizaron por triplicado de los principales parámetros físico químicos como pH, conductividad eléctrica, macronutrientes y metales con métodos de análisis de compost referenciados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA,2005). Según los resultados obtenidos se demostró que los macronutrientes (fósforo, potasio, calcio, manganeso, magnesio, hierro, sodio) fueron superiores en el vermicompost a comparación del compost producido por la EMMAIPC-EP, por lo contrario, para metales se registró en cadmio 0,75 mg/Kg, níquel 80,6 mg/Kg, cromo 61,82 mg/Kg respectivamente por lo que clasificó como un abono de clase B, mientras que el vermicompost no registró presencia de cadmio y níquel por lo que alcanzó una clase A. Por lo tanto, se puede concluir que la acción degradativa de las lombrices influyó en la calidad del abono orgánico, esto se reflejó en los parámetros de calidad plasmados en el Real Decreto 506/2013 para abonos elaborados con residuos orgánicos, por lo que se recomienda a los comerciantes y ciudadanos aprovechar estos residuos para producir un abono orgánico libre de químicos.

Palabras clave: <VERMICOMPOST>, <LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA ESENI FETIDA>, <MACRONUTRIENTES>, <METALES>, <RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS>, <ABONO>.

2035-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The objective of this project was to evaluate the vermicomposting process with solid waste generated at *Vergel* market in Cañar city. In which, Red Californian Worm (*Esenia Fetida*) was used. Initially, the organic waste was characterized and typified for 3 weeks. Then a pre composting pile was elaborated for approximately one month to decrease the size and density of the waste. Also, the vermicomposting and its division of 4 beds were made, samples that were collected and analyzed in triplicate of the main physical and chemical parameters such as pH, electrical conductivity, macronutrients, and metals using compost analysis methods referenced by the *Instituto de Investigaciones Agropecuarias* (INIA, 2005). According to the results obtained, it was shown that the macronutrients (phosphorus, potassium, calcium, manganese, magnesium, iron, sodium) were superior in the vermicompost compared to the compost produced by EMMAIPC-EP, while for metals, cadmium 0.75 mg/kg, nickel 80.6 mg/kg and chromium 61,82 mg/kg were recorded which classified as a class B fertilizer. The vermicompost did not register the presence of cadmium and nickel, so it reached as a class A fertilizer. Therefore, it can be concluded that the degradative action of the earthworms influenced the quality of the organic compost, which was reflected in the quality parameters of the Royal Decree 506/2013 for compost made from organic wastes, so it is recommended that merchants and citizens take advantage of these wastes to produce organic compost free of chemicals.

Keywords: <VERMICOMPOSING>, < RED CALIFORNIAN WORM (*Esenia Fetida*) >, <MACRONUTRIENTS>, <METALS>, < SOLID ORGANIC WASTE>, <FERTILIZER>.

2035-DBRA-UPT-2023



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez

C.I. 06038771-3

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos es la causa de los principales problemas que existe en el planeta debido a que el exceso de estos trae consigo consecuencias ambientales además de generar impactos ambientales negativos como el gran incremento de los mismos lo que hace más difícil la gestión y disposición de estos. En el país a nivel nacional un habitante produce en promedio 0,9 Kg de residuos sólidos al día, en el cantón Cañar el promedio fue de 0,7 Kg/hab*día según datos del INEC. La práctica de separación de residuos sólidos es importante para reducir el impacto y la cantidad de residuos que terminan en vertederos y también de promover la sostenibilidad ambiental, la clasificación de los residuos sólidos además permite identificar los materiales que pueden ser reutilizados o reciclados para ser aprovechados mediante el reciclaje, la reutilización, la recuperación energética y por técnicas de compostaje. La característica de los residuos sólidos producidos en el Ecuador es que el 55 % corresponde a residuos orgánicos y el 45 % a inorgánicos.

De acuerdo al INEC, a nivel cantonal en Cañar la práctica de separación de residuos en la fuente se encuentra en un 71,4 %, pero el 28,6 % se estima que son residuos de origen comercial e industrial. Actualmente la Empresa Publica Mancomunada del Pueblo Cañari (EMMAIPC-EP) es la entidad encargada de la gestión integral de los residuos sólidos del cantón Cañar, cuentan con un centro de gestión para el tratamiento de los residuos sólidos inorgánicos y orgánicos. Los residuos orgánicos en la EMMAIPC-EP son tratados mediante la técnica de compostaje para la obtención de un abono orgánico para fines agrícolas.

Con el fin de contribuir con una solución y otra alternativa al aprovechamiento de residuos orgánicos y mejorar la calidad del abono, se ejecutó el siguiente trabajo donde se evaluó el proceso de vermicompostaje con los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado El Vergel del cantón Cañar como una alternativa de gestión. Para esto se ha estudiado y aplicado la técnica del vermicompostaje que ha demostrado ser factible y que puede ser replicada por la población del mercado o en general. Ya que el vermicompost es un producto utilizado como enmienda orgánica para remediar suelos degradados por las actividades del hombre, además de ser un buen fertilizante con excelentes cualidades agrícolas. El vermicompost obtenido fue analizado en laboratorio junto con el compost de la EMMAIPC y se realizó un análisis comparativo donde se valoró cual tiene la mayor cantidad de nutrientes.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Una realidad cada vez más visible y apremiante en la actualidad es la disposición antitécnica de los desechos sólidos. En Ecuador, de acuerdo con el programa documental visión 360, se producen un aproximado anualmente de 4 millones de toneladas de estos desechos. De esta cantidad, sólo el 25% se tratan de manera técnica. Al menos la mitad de los cantones en Ecuador deposita sus desechos en botaderos de basura. Hasta 2010, se contabilizaban hasta 200 depósitos de basura con un gran impacto ambiental. En la actualidad son 109 botaderos según el Ministerio de Ambiente de 5 acuerdo a este mismo documental. Los esfuerzos gubernamentales establecieron en 2014 como meta, el cierre de estos botaderos a cielo abierto hasta 2017 (Gestión integral de residuos y desechos sólidos en el Pueblo Cañari, a través del Mancomunamiento de GAD municipales de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal).

De acuerdo con el diario El Comercio (2018), de los 109 GAD municipales en Ecuador que disponen inadecuadamente sus residuos y desechos sólidos, 73 necesitan implementar sus estudios de cierre técnico, 14 se encuentran en proceso de implementación, 19 deben mejorar su gestión y 3 requieren formular estudios técnicos. Adicional, el diario hace referencia al Censo de Información Ambiental Económica en GAD en 2016 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se hace una distinción entre la operatividad e infraestructura de los sitios de disposición final. Por ejemplo, mientras el MAE contabiliza 109 GAD que operan con botaderos, solo 79 informaron tener estas estructuras (Gestión integral de residuos y desechos sólidos en el Pueblo Cañari, a través del Mancomunamiento de GAD municipales de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal).

La ciudad del Cañar es una parroquia urbana del cantón Cañar se encuentra ubicada en la región Sierra, de relieves montañosos y zonas escarpadas con unidades estructurales bien diferentes. La temperatura media anual que se presenta en el cantón es de 11.3 °C. De acuerdo con el INEC 2010, la población de la parroquia es de 18 335 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional del 0.98 % anual, lo que llega a generar una mayor demanda de consumo de productos.

Existían los desechos sin recolectar y esparcidos por importantes sectores, eran un denominador común. En mercados, ferias libres, ventas informales, etc., la presencia de basura era una realidad cotidiana. En cabeceras cantonales, no existían vehículos recolectores lo que redundaba en

enfermedades gastrointestinales de las personas. Además, se propiciaba la contratación costosa de vehículos improvisados para la recolección.

Cañar actualmente cuenta con 3 mercados municipales: Mercado Central “25 de junio”, Mercado Sur y el Mercado Norte “El Vergel”; de los cuales solamente el mercado Central y el Sur funcionan toda la semana, mientras que el mercado Norte tiene su funcionamiento todos los domingos, este último es importante debido a que la mayoría de los productos se expenden allí, así mismo genera considerables cantidades de residuos de hortalizas, frutas, verduras y granos.

Los residuos generados en los mercados son recolectados por la EMMAIPC-EP empresa encargada de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos. Los residuos orgánicos que mayormente se generan en los mercados son transportados al Centro de Gestión Yurakasha donde son sometidos a un tratamiento de compostaje tradicional que obtiene como producto final abono orgánico. La técnica aplicada es efectiva y se ha demostrado la calidad del producto además de contar con un registro de datos de control del compostaje en todas sus etapas. En estudios se ha evidenciado que el compostaje es una opción viable y económica para la descomposición biológica además de los beneficios que tiene la aplicación del compost para mejorar la calidad y estructura de los suelos.

En una investigación realizada por Cedeño Karla (2021) considera que, el vermicompost con el empleo de los residuos orgánicos para la alimentación de lombrices californianas permite el máximo aprovechamiento y la obtención de un producto como el abono orgánico que pueden ser empleados en la agricultura. Además, demostró que la alimentación basada en 80% de residuos de frutas y verduras + 10% de hojarasca + 10% de cartón incrementa la biomasa de las lombrices californianas, lo que logró obtener resultados favorables para la mayor parte de parámetros productivos, tales como la producción de humus y degradación de sustrato, dicho tratamiento obtuvo 1,40 kg y 39,99% respectivamente, con el uso de 20 lombrices californianas (Cedeño, 2021, pág. 53).

1.2. Planteamiento del problema

Los residuos sólidos generados a nivel nacional de tipo orgánico e inorgánico si no cuentan con un adecuado manejo y gestión pueden convertirse en contaminantes representativos ya que al descomponerse generan los lixiviados, estos pueden contaminar el suelo, los recursos hídricos y el aire. Además, si no tienen una disposición adecuada pueden afectar a la salud de las personas, en la actualidad se ha observado un incremento significativo en la producción de residuos esto como consecuencia de la mayor demanda que representa el incremento de la población.

La falta de cultura ambiental, información y capacitación a los diferentes comerciantes del mercado han provocado una generación de residuos completamente mezclados, es decir, desde la fuente de generación no son debidamente clasificados. Por lo que se debe mejorar su almacenamiento en los interiores del mercado para que desde su fuente de origen sean adecuadamente tratados de esta manera facilita el proceso que se realice para su disposición final, de manera que se busca generar economía y productos que puedan ser útiles para la producción de nuevos vegetales, frutas, hortalizas entre otros.

Mediante la técnica del vermicompostaje se aprovecha la humedad que los residuos orgánicos poseen para poder descomponerles con la ayuda de las lombrices crear un producto de carácter orgánico que pueda ser empleado en la producción de diferentes vegetales, frutas también que ayude a mejorar las propiedades del suelo ya que aporta con nutrientes importantes que pueden ser aprovechados.

1.3. Justificación

El presente proyecto se enfoca en evaluar el proceso de vermicompostaje de los residuos orgánicos en uno de los 3 mercados de la ciudad de Cañar, como una de las problemáticas debido a que los residuos orgánicos e inorgánicos son almacenados a las afueras de este sin una clasificación previa causando un impacto visual para esta ciudad, además de los diferentes factores negativos como los perros callejeros que rebuscan comida y los esparcen.

Además, la EMMAIPC-EP entidad pública encargada de la recolección de los residuos de la ciudad no pueden ingresar a los mercados a realizar las sanciones pertinentes ya que esta acción está a cargo del Municipio mismos que no han realizado ningún tipo de gestión para mejorar este aspecto.

Por lo tanto, debido a la gran cantidad de residuos producidos en el mercado se buscó aprovechar los de carácter orgánico para crear un abono natural libre de químicos mediante la técnica de vermicompostaje, debido a su alto contenido de agua, materia orgánica puede ser apta para la degradación empleando las lombrices californianas. De esta manera se evitará que los residuos se acumulen a las afueras de la instalación causando una mala imagen en las calles, se contaminen otros componentes como el suelo y agua, también que no se emita malos olores a las viviendas que se localizan cerca del mismo. También se busca crear consciencia en los comerciantes que no tienen una adecuada clasificación de estos, generalmente la mayoría de estos son de ciudades aledañas por lo que al terminar su mercadería se retiran dejando los residuos orgánicos e inorgánicos mezclados.

Al finalizar el proceso de vermicompostaje se realizará un análisis comparativo con otro abono obtenido únicamente con la técnica de volteo, para poder valorar cuál de los dos tiene una mayor cantidad de nutrientes que aportan al suelo para mejorar las condiciones de este. Además, de esta manera se aprovecha los residuos orgánicos para producir un abono que puede ser empleado en los mismos cultivos creando de esta manera una economía circular, también se lograra disminuir el consumo de fertilizantes que al ser usados con frecuencia contaminan los suelos, puesto que estos químicos alteran su composición y afectan a la microflora de este.

Según un estudio publicado por la revista Scientia Agropecuaria se comprobó que la incorporación de enmiendas orgánicas como el vermicompost en los diferentes cultivos ayuda a mejorar la absorción foliar de los diferentes nutrientes, a través de esto se logró comprobar que este abono incrementa la conductividad eléctrica, la disponibilidad del fósforo y mejora el contenido de materia orgánica. Además, origina el efecto tampón del PH, que disminuye la densidad aparente (Vázquez et al., 2020, pág. 105)

El vermicompost puede aportar con nutrientes que mejoran las características físicas del suelo como la densidad aparente y la porosidad, estas permiten aumentar la capacidad de retención de la humedad también con la aplicación de este abono se reduce las variaciones de PH y aumenta la disponibilidad del fósforo, además se obtiene un producto mejorado (Vázquez et al., 2020, pág. 108).

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Evaluar el proceso de vermicompostaje para el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado “El Vergel” del cantón Cañar como alternativa de gestión.

1.4.2. Específicos

- Caracterizar los residuos sólidos orgánicos generados por el mercado El Vergel del Cantón Cañar.
- Aplicar a los residuos sólidos orgánicos del mercado El Vergel la técnica del vermicompostaje para la obtención del abono orgánico.
- Contrastar el compost obtenido por la técnica del vermicompostaje y el producido por la EMMAIPC-EP.

- Proponer una guía técnica para la producción sostenible de compost por medio del vermicompostaje.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

El desarrollo económico y las mejoras en los estilos de vida presenciados en la mayoría de los países de bajos y medianos ingresos son acompañada de la generación de mayores cantidades de residuos. La gestión de residuos sólidos urbanos especialmente los residuos orgánicos, es un reto con el que las autoridades están enfrentándose en muchos países de América Latina. Uno de los procesos de disposición de los residuos sólidos urbanos más empleado es el vertedero a cielo abierto, práctica que genera diversos problemas ambientales, entre los que se encuentra la generación de metano, que afecta de manera negativa al cambio climático, emisiones de gases tóxicos que pueden ser transportados por el viento afectando la salud de los ciudadanos y la contaminación de las fuentes de agua subterránea; en los países líderes en reciclaje que han incluido en sus prácticas el compostaje como medio de reducción de los residuos enviados a rellenos sanitarios, se alcanzan volúmenes de reciclaje superiores al 60% (Yate y Fuquene, 2017, pág. 1).

Según el INEC en el año 2019 a partir de la información recolectada por los GADMS se determinó que en el sector urbano cada habitante del Ecuador produce en promedio 0,84 kg de residuos sólidos por día, esta cifra continúa incrementándose como consecuencia de mayor de demanda de consumo y el crecimiento poblacional lo que ha generado que los residuos sólidos se incrementen a escala nacional. Los residuos sólidos procedentes de los mercados son en mayor parte orgánicos, y debido a su biodegradabilidad pueden ser tratados mediante compostaje u otras metodologías, de modo que se generen beneficios ambientales y económicos (venta de abonos). En el caso del compostaje, por ejemplo, una de las principales razones para su fracaso es la falta de un mercado listo para el fertilizante producido, ya que el biofertilizante producido tiene una desventaja de diluir los nutrientes (Niquinga, 2021, pág. 4).

Una tecnología que también hace el uso de los residuos orgánicos es el vermicompostaje, que es el proceso mediante el cual se utilizan lombrices para convertir desechos orgánicos en una sustancia parecida al humus llamada vermicompost. Otro subproducto de este proceso es la biomasa de lombrices, que se puede utilizar como fuente adecuada de proteína animal. En anteriores experimentos llevados a cabo en Kampala en reactores de vermicompost no optimizados, se estableció que el vermicompostaje funciona bien, con una tasa de reducción de

material del 45,9 %, una tasa de conversión de residuos a biomasa del 3,5 % y un retorno de la inversión de 2,75% al tratar 450 kg de estiércol de vaca (Komakech et al., 2016, págs. 395,396).

El uso de vermicompostaje en América Latina como estrategia para la reducción de residuos orgánicos enviados a rellenos sanitarios puede ser una opción aplicable. Es de esperar que, si en países industrializados donde la mayor cantidad de residuos corresponden a residuos inorgánicos debido a altos consumos de comida empacada, se han obtenido buenos resultados con el vermicompostaje de residuos orgánicos, considerando los altos volúmenes de residuos orgánicos domiciliarios generados en países de América Latina el proceso sea igualmente efectivo. Sin embargo, su implementación sustentable a gran escala requiere en gran medida de las acciones que desde los gobiernos se implementen, como el desarrollo e implementación de políticas, subsidios y educación ambiental (Yate y Fuquene, 2017, págs. 2-3).

En el estudio realizado por Mejía Estalin & Ramos Steven (2019), utilizando la técnica de vermicompostaje, el PH en el vermicompostaje inicia con un valor de 8,13 el mismo que se mantiene a lo largo del proceso. A este PH las lombrices puedan realizar su trabajo, sin embargo, cabe mencionar que los residuos orgánicos fueron previamente precompostados para evitar la acidez, el tratamiento usa una mayor cantidad de agua para mantener una humedad alta durante el proceso. El tratamiento mostro valores superiores al 80%, indicando que se puede usar como enmienda directamente en los suelos, el análisis de calidad del abono obtenido mediante parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos concluyeron que el vermicompost cumple con los criterios de calidad según las normas (US Composting Council, 2001), (European Commission 2014), (Ecological criteria For soil improvers 2006) para ser usados directamente en el suelo. Por otra parte, el vermicompostaje fue el tratamiento que permitió obtener un abono con el mayor contenido de nutrientes e índice de germinación superior a 100 (Mejía Estalin & Ramos Steven, 2019, págs. 47-52).

Cedeño Karla (2021, pág.5), realizó en su investigación la evaluación del comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. Los tratamientos fueron: T1: 90% de tierra agrícola (hojarasca de cacao) +10% de cartón de cubetas de huevos. T2: 80% estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola +10% de cartón. T3: 80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón, y T4: 80% residuos agrícolas (cáscara de maracuyá y plátano) + 10% de tierra agrícola +10% de cartón, con cuatro repeticiones por tratamiento. La alimentación basada en 80% de residuos de frutas y verduras +10% hojarasca+10% de cartón, aumentó la biomasa en las lombrices. La degradación del sustrato producido (%) por las lombrices tuvo 39,99% de humus. La valoración en las lombrices californianas: sub adultas, juveniles y producción total de lombriz tuvo incrementos equivalentes en los T1 y T2. El uso de sustratos

beneficia la producción de cocones y nuevos individuos. El uso de estiércol de bovino precompostado es una opción aceptable. El resultado del T2 logró obtener resultados favorables para la mayor parte de parámetros productivos, tales como la producción de humus y degradación de sustrato, dicho tratamiento obtuvo 1,40 kg y 39,99% respectivamente, también arrojó resultados altamente significativos para los parámetros reproductivos, la naturaleza propia del sustrato es la que permitió a las lombrices multiplicar su población inicial, con un total de 229,00 cocones, 92,00% de fertilidad y 4,00 lombrices nacidas por cocón (Cedeño, 2021, pág. 53).

Según Manuel Acosta-Durán et al. (sf), considera que para procesar un desecho orgánico con lombrices, éste debe estabilizarse por medio de un proceso de compostaje para obtener las características físico químicas aceptables, podría sugerirse que ya no es necesario aplicar la lombriz, lo cual involucra un mayor tiempo y gasto de insumos; por lo que acortar el periodo de compostaje previo tiene la ventaja de mantener elevado el carbono lábil, lo que posiblemente favorece las posibilidades de desarrollo de las poblaciones de *Eisenia spp.*, cuya ingesta se relaciona con los microorganismos del ciclo del carbono, y evita para las lombrices, un medio de avanzada estabilización del carbono. La investigación se basó en establecer el tiempo de precompostaje para el desarrollo adecuado de poblaciones de *Eisenia spp.*, y la producción de vermicompost. Para la obtención de vermicompost, los residuos se sometieron a un proceso de precompostaje de 0 a 8 semanas antes del proceso de vermicompostaje. Se concluyó que las condiciones en las que se desarrolló el experimento permitieron el desarrollo de las lombrices en todos los periodos de precompostaje. El vermicompostaje en capas reduce significativamente el tiempo del proceso para lograr la completa descomposición de los residuos orgánicos. Para la presencia de cocones y juveniles no es necesario el precomposteo. En general el precomposteo de 0 a 2 semanas favorece la reproducción y el de 3 a 7 semanas favorece el crecimiento individual de las lombrices. El mejor tratamiento fue el precomposteo de 2 semanas, debido a que favorece la reproducción y el aumento del peso promedio de la lombriz. El precompostaje no es necesario cuando las pilas de vermicompost tienen menos de 50 cm de altura, al producir vermicompost en 30 días (Acosta et al., 2012, págs. 129-130).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Residuo sólido

Según Galvis Gonzáles (2016), entiende por residuo sólido todo material destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza.

2.1.1.1. Clasificación de los residuos sólidos

- **Residuos sólidos orgánicos:** son los materiales residuales que, en algún momento, tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles. Dentro de ellos se encuentran.
- **Putrescibles:** son los residuos que provienen de la producción o utilización de materiales naturales sin transformación natural significativa; por ello y por su grado de humedad mantienen un alto grado de biodegradabilidad. Entre ellos se pueden mencionar: residuos forestales o de jardín, residuos animales, residuos de comida, heces animales, residuos agropecuarios y agroindustriales, entre otros (Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución., 2016, pág. 1).
- **No putrescibles:** residuos cuyas características biológicas han sido modificadas, al grado en que determinadas condiciones pierden su biodegradabilidad. Comúnmente son los combustibles.
- **Naturales:** la condición determinante de la pérdida de biodegradabilidad es la falta de humedad, por ejemplo, el papel, el cartón, los textiles de fibras naturales, y la madera, entre otros.
- **Sintéticos:** residuos no biodegradables altamente combustibles, provenientes de procesos de síntesis petroquímica, como por ejemplo los plásticos, las fibras sintéticas, entre otros.
- **Residuos sólidos inertes:** son aquellos no biodegradables ni combustibles que provienen generalmente de la extracción, procesamiento o utilización de los recursos minerales; por ejemplo, el vidrio, los metales, los residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros.
- **Residuos que pueden ser peligrosos o no peligrosos:** están definidos por una o más de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infeccioso. Por sus características físicas, químicas o biológicas, pueden o no ser acoplados a procesos de recuperación o transformación, y en casos extremos tratarse para su incineración o confinamiento controlado (Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución., 2016, pág. 1).

De acuerdo con la:

- **Fuente generadora:** los residuos pueden ser: residuos sólidos urbanos, residuos de construcción (residuos sólidos inertes), residuos agropecuarios, residuos clínicos o sanitarios, residuos sólidos depuradoras de agua (lodos), residuos de incineración, residuos industriales (Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución, 2016, pág. 2).
- **Residuos sólidos urbanos:** los residuos sólidos urbanos, conocidos popularmente como “basuras” que se producen en los núcleos de población, constituyen un problema para el hombre desde el momento en que su generación alcanza importantes volúmenes y, como consecuencia, empieza a invadir su espacio vital o de esparcimiento. Se incluyen todos los residuos que se generan en la actividad doméstica, comercial, industrial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, jardines y parques. Según la procedencia y la naturaleza de estos residuos, se pueden clasificar en: domiciliarios (procedentes de la actividad doméstica); voluminosos de origen doméstico (embalajes, muebles); comerciales, procedentes de las actividades empresariales; residuos de limpieza de vías y áreas públicas generadas en la limpieza de calles, arreglo de parques y jardines, entre otros (Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución., 2016, pág. 4).
- **Residuos agropecuarios:** son considerados en general de naturaleza orgánica; como tales, comparten características similares con otros residuos de origen agroindustrial y con la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos. La diferencia básica radica en que los residuos agropecuarios se producen en su entorno natural, mientras que los de origen agroindustrial son generados en procesos de transformación de los productos agrícolas y, finalmente, los urbanos que se generan en el proceso de consumo. Los residuos agropecuarios se componen de los siguientes grupos: residuos agrícolas, forestales, ganaderos y de industrias agropecuarias. Independientemente de su origen o estructura, los residuos sólidos son factibles de reutilizarse, recuperarse o reciclarse. El nivel de concientización, la voluntad política, los recursos legales y la tecnología disponible, son factores decisivos para llevar a cabo algún sistema de gestión. El recurso económico y su disponibilidad juegan un papel importante, pero no deben ser determinantes para lograr la gestión de los residuos sólidos, de una forma que armonice con el medio ambiente y la salud pública (Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución., 2016, pág. 7).

2.2.2. Vermicompostaje

Es el proceso mediante el cual se realiza la biooxidación y estabilización de la materia orgánica empleando lombrices de tierra que a través de su alimentación degradan los desechos orgánicos, estos anélidos en condiciones aptas logran reducir un volumen de 40 a 60% (Olle, 2019, pág.6).

El vermicompostaje es el método empleado para convertir los residuos orgánicos en un compost que es apreciado por su alto contenido de nutrientes, minerales que generalmente se encuentran en forma de nitratos facilitando la absorción de las plantas, además de su disponibilidad de fosfatos, potasio soluble, nitrato y calcio intercambiable (Hakeem et al. 2021, pág.7).

Es el tratamiento que se da a los residuos orgánicos para que se oxiden con la acción de los microbios y lombrices, las mismas que degradan, mezclan y degradan estos residuos, modificando la naturaleza física y química reduciendo la proporción de carbono y nitrógeno (Hakeem et al. 2021, pág1).

2.2.3. Vermicompost

Es el abono orgánico producido por las lombrices posee macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, también tiene enzimas como proteasas, amilasas, lipasa, celulasa, quitinasa y microflora inmovilizada ayudando a mejorar la calidad del suelo y de los cultivos, de esta manera se evita el uso de los químicos en los productos.

Es un fertilizante natural obtenido de residuos orgánicos degradados en el intestino de las lombrices gracias a los microorganismos, enzimas que estas tienen logran ingerir y sintetizar para obtener un producto que se complementa con la mineralización de la materia orgánica mejorando la calidad del suelo. Además, es considerado como un fertilizante eco-amigable con el ambiente ya que es el resultado del reciclaje de los residuos sólidos orgánicos (Cai et al. 2022, pág.4).

Es un abono de origen natural producido con una tecnología limpia, eficaz en la que se logra aprovechar los residuos orgánicos, creando una enmienda de alta calidad libre de químicos con un bajo contenido de metales logrando mejorar las propiedades del suelo y cultivos en los que se emplea este (Raza et al. 2020, pág.9).

2.2.3.1. Parámetros de calidad que debe cumplir el vermicompost

Dependiendo los residuos orgánicos utilizados puede variar la calidad del vermicompost, los parámetros más importantes para que pueda ser apto para su consumo son:

- PH: este debe estar dentro del rango de 7 a 8,5.
- Conductividad eléctrica: pueda puede ir desde 1,25 hasta los 6 mS cm⁻¹.
- Materia orgánica: el contenido de esta de ser de 30 a 50%.
- Capacidad de intercambio catiónico: esta se encuentra en rangos de 40 hasta los 78 meq por cada 100 gramos.
- Nitrógeno: su contenido debe estar de 1,5 a 3,3% (Fernández Miriam, 2017, pág.4).

2.2.3.2. Dosificación según el tipo de cultivo

- Hortalizas: para este tipo de cultivo se debe colocar 1 kilogramo por metro cuadrado, si va a realizar por planta se debe poner 200 gramos en cada una de ellas.
- Semilleros: aquí se debe colocar de 10 a 20%.
- Flores: se debe colocar 150 a 200 gramos por cada planta.
- Árboles frutales: en este tipo de plantas se debe agregar de 1 a 3 kilogramos dependiendo el tamaño del árbol.
- Plantas leñosas: en este tipo de plantas se debe colocar de 500 a 1000 gramos.
- Césped: se debe colocar de 500 a 1000 gramos dependiendo la extensión de este (Vermican, sf, pág.12).

2.2.3.3. Beneficios vermicompost

Al estar conformada por enzimas y metabolitos estos influyen en la descomposición de la materia orgánica del suelo, ayuda a mejorar la porosidad de estos permitiendo mayor aireación también activa la actividad microbiana de este, acelera la oxidación y disponibilidad de los nutrientes de manera asimilable para las plantas.

El humus producido por la lombriz produce el conocido efecto tampón, es decir, controla los cambios PH cuando este se vuelve ácido lo neutraliza para microorganismos invasivos como hongos y bacterias. Su gran contenido de enzimas y hormonas promueven el crecimiento de la planta.

Además, se agrega al suelo materia orgánica estabilizada a través de esto se logra tener una mayor fertilidad ya que retienen los nutrientes y no son eliminados cuando se da el proceso de lixiviación (Oviedo, sf, pág.15).

2.2.4. Etapas del vermicompostaje

2.2.4.1. Fase inicial o de precompostaje

Esta etapa inicia con la elaboración de las pilas con los residuos orgánicos, en estas se realiza un composteo tradicional aproximadamente por 15 días para que se degraden con mayor facilidad también se eliminarán los compuestos potencialmente tóxicos para las lombrices.

2.2.4.2. Fase mesófila

En esta fase las lombrices rojas californianas desarrollan sus características y funciones para degradar la materia orgánica a través de la combinación de partículas que se encuentran en el suelo, mejoran las acciones microbianas acondicionando los residuos orgánicos para posteriormente fabricar abonos orgánicos (Olle, 2019, pág.2).

2.2.4.3. Fase de maduración

Esta es la etapa final en la que se obtiene una turba sin mal olor, con un gran contenido de humus el mismo que al entrar en contacto con el suelo crea canales para el paso del aire mejorando la capacidad de retención del agua.

3.2.5. Parámetros de control del vermicompostaje

Los parámetros que se deben considerar esencialmente en el proceso son:

2.2.5.1. Parámetros ambientales

Es de gran importancia controlar estos factores debido a que el proceso se desarrolla con lombrices las mismas que requieren de ciertas condiciones para su óptimo desempeño entre las más relevantes están:

2.2.5.2. Aireación

El oxígeno es un elemento vital para las lombrices, pues este es empleado para reemplazar al dióxido de carbono producido en la degradación de la materia, además, disminuye los gases residuales; una baja cantidad de oxígeno puede elevar la temperatura afectando severamente a estos invertebrados. Su aireación óptimo es de 5 a 15%.

2.2.5.3. Contenido de humedad

La humedad no debe superar el 50 y 60 %, si la humedad supera el intervalo el proceso disminuye la actividad microbiana produciendo la fermentación mientras que si decrece el proceso se retarda ya que esta humedad no es la óptima.

2.2.5.4. pH

El PH ideal para este proceso es de 7 a 8, si este es demasiado alto genera el gas amoníaco aumentando significativamente el consumo de oxígeno mientras que si el PH es demasiado bajo producirá un medio ácido causando la muerte de los invertebrados que desarrollan el proceso de compostaje (Kasam et al. 2021, pág.8).

2.2.5.5. Temperatura

Una temperatura de 25 °C es adecuada para el desarrollo óptimo de las lombrices, el descenso de esta puede afectar el crecimiento por lo que recomienda que esta sea lo más próxima a la temperatura del agua subterránea aproximadamente de unos 30 °C.

3.2.5.6. Color y olor

Son parámetros que se emplean para determinar la madurez del humus, un abono madurado adecuadamente presenta un color negrozco con olor a tierra; si este tiene un olor desagradable puede ser un indicador del proceso de fermentación (Kasam et al. 2021, pág.3).

2.2.5.7. Relación C:N (carbono nitrógeno)

Lo recomendado para el proceso de vermicompostaje es de 15 a 30, pues un bajo contenido de C-N puede generar malos olores, provocando condiciones anaeróbicas además se perdería el

nitrógeno ya que se producirá amoníaco mientras que si la relación de C-N es alta ralentiza las actividades de los organismos involucrados en el proceso.

2.2.6. Lombriz roja californiana

Esta lombriz es del tipo *Eisenia* denominada californiana debido a que es originaria de zonas templadas, es la más usada para desarrollar procesos de vermicompostaje por su elevado nivel de adaptación en diversos medios también por su potencial tasa reproductiva. Es un anélido hermafrodita por lo que requiere otra semejante para su apareamiento mediante la cual se depositan los espermatozoides en un corto tiempo.

2.2.6.1. Antecedentes

Desde tiempo atrás 3000 años antes de Cristo, los sumerios fueron los primeros agricultores en darle importancia a las lombrices pues la calidad de los suelos y cultivos estaban asentados sobre estos seres vivos, además, existen evidencias de que en Egipto era considerado como un animal con un valor significativo pues el limo que resultaba del desbordamiento del río Nilo era digerido por estos animales y se obtenía un humus que favorecía la fertilidad de sus tierras por lo que su exportación fuera del reino estaba penado con la muerte.

En Grecia Aristóteles se dedicó a realizar la primera clasificación de estos seres en su libro denominado “Historia Animalium” también a través del método inductivo considerando a estos animales como los intestinos de la tierra ya que ayudaban a mejorar su productividad.

Carlos Linneo en 1770 a 1778 se interesó por las lombrices llegando a relatar “Lumbricuss Terrestris”, su obra toma gran peso por que pulió y definió el concepto de especie al dar a conocer todo el cimiento de su clasificación la misma que es validada en la actualidad. Otros biólogos como Gilbert White, Charles Darwin y George Sheffield publicaron interesantes obras que han permitido conocer de manera más cercana a estos anélidos y poderlos criar en cautiverio ya que su humus ayuda mejorar la producción de los diferentes cultivos (Mejía, 2018 pág.1).

2.2.6.2. Características

Es de color rojizo se encuentra en jardines, es utilizado para pescar. Originaria de Europa actualmente se encuentran en Norteamérica, Asia continental y otros lugares. Trabajan sin luz por lo que en la oscuridad es común observar alimentándose en la superficie mientras que en el día se

localizan bajo la tierra cerca de la superficie, además, son capaces de crear agujeros con una profundidad de hasta 2 metros.

Su longitud varia de 7 a 8 cm, están formados por segmentos denominados anillos los mismos que se encuentran protegidos por pequeñas cerdas las mismas que utilizan para poder moverse en la tierra. Su boca se encuentra en el primer segmento de su cuerpo, según va desplazándose por los residuos orgánicos los va digiriendo (National Geographic, 2010, pág.1).

Esta lombriz ayuda a mejorar la calidad del suelo, ayuda a transportar nutrientes, minerales que se reciclan de la descomposición de la materia orgánica, a través de túneles que hacen favorecen la aireación del suelo, esta puede comer en un día un equivalente a un tercio de su peso. También se utiliza como alimento para diversos animales como pájaros, sapos, ratas entre otros, además de ser empleadas para la elaboración de abono orgánico es empleada en la pesca industrial, deportiva ya que sirve de anzuelo (Agropendia, 2022, pág.1).

La lombriz roja californiana sirve como una óptima fuente de proteína que se usa para la alimentación de animales y personas, aproximadamente su composición proteica es de 60 y 80%. Además, al no tener dientes es de gran importancia que los residuos orgánicos que sirven de alimento estén húmedos, pero sin sobrepasar el 80% pues podría causar su ahogamiento. Si la humedad disminuye del 60% puede que ralentice el proceso degradativo ya que las lombrices tienden a estresarse por lo que desaceleran su ritmo de alimentación.

2.2.6.3. Reproducción

Al ser una lombriz hermafrodita esta se aparea cada 7 días por lo tanto esta debe tener el medio óptimo con las condiciones adecuadas. Luego de que el macho deposita los huevos en los óvulos de las hembras ellas expulsan una capsula que se denomina cocón que contiene alrededor de 2 a 21 huevos, por lo que en un periodo de 14 y 21 días este eclosiona naciendo de 2 a 21 lombrices. En un año se puede producir aproximadamente 500 lombrices, el peso de una lombriz adulta es de 1 gramo el largo de su cuerpo redondea los 10 centímetros con un diámetro de 2 a 3 milímetros.

Las lombrices recién nacidas generalmente son de color blanco, tomando una coloración rosada de 5 a 6 días, finalmente adquieren el color rojo oscuro en los 15 y 20 días. Este anélido pertenece a la clase de los Oligoquetos su hábitat natural es un ambiente con gran humedad, son organismos que trabajan en ausencia de luz (Agropendia 2022, pág.1).

Los sustratos que se proporcionen a estas lombrices influyen de manera directa en su desarrollo reproductivo ya que algunos de estos favorecen que exista un aumento considerable de cocones y biomasa.

2.2.6.4. Morfología

El exterior se encuentra cubierto por la cutícula, esta protege la epidermis tejida parecido a la de la piel, es la encargada de enviar información al tejido nervioso en donde el proceso se desarrolla desde las capas del tejido luego pasa al cordón nervioso en donde finalmente la información es receptada por el ganglio cerebral. Su cuerpo está cubierto por protuberancias rígidas que se asemejan a cabellos las mismas que ayudan adherirse en el suelo para protegerse de sus predadores.

Su sistema nervioso es muy básico pues su cerebro está conformado por el ganglio el cual es un conjunto de nervios que captan información sensorial, señales que indican humedad, vibraciones, luz y calor de esta manera la lombriz puede dar respuesta para lograr sobrevivir en el medio que se encuentra.

El sistema circulatorio está conformado por 5 corazones cada uno posee una válvula que controla el flujo de sangre mediante la cual se transporta nutrientes y oxígeno por toda la lombriz, la piel exterior es la encargada de brindar el oxígeno los desechos líquidos se eliminan a través de la piel.

Su sistema digestivo inicia con la boca llamada también cavidad bucal el alimento se transporta por todo el cuerpo siendo ingerido por la boca, luego pasa a la faringe, esófago, buche, molleja, intestino para al fin ser eliminado por el ano. La boca posee células sensoriales que ayudan a identificar los minerales y alimentos, de esta manera logran diferenciar entre comida comestible y no comestible (Uncle Jim's, 2017, pág.6).

También esta se asemeja a una bomba que succiona mientras que la faringe transporta el alimento desde la boca hasta el tracto digestivo, luego la comida pasa del esófago hasta el buche lugar en el cual se almacenan estos asemejándose a un estómago. Los alimentos son triturados en la molleja estos pasan al intestino en el cual la lombriz absorbe todos los nutrientes finalmente se elimina el excremento.

Este excremento es de gran valor para los jardineros, agricultores entre otros, este desecho es denominado humus, fundiciones pues es un fertilizante de color oscuro con un gran contenido de

minerales, además de la flora microbiana que tiene como hongos, enzimas, protozoos y actinomicetos que son inofensivos para la tierra (Uncle Jim's, 2017, pág.3).

2.2.7. Condiciones ambientales

Para su óptimo desarrollo las lombrices requieren de ciertas condiciones ambientales que ayudan a digerir de manera más eficiente los residuos orgánicos también favorecen su reproducción, acortando el tiempo en el que generalmente terminan el vermicompostaje, entre ellas se encuentran.

2.2.7.1. Humedad

Para su óptimo desempeño las lombrices deben estar una humedad entre los 70 a 80%, si este factor sobrepasa el 85% provocaría daños severos pues no tendrían el oxígeno necesario para poder sobrevivir, mientras que si la humedad es menor al 70% dificulta el proceso de digestión ya que el sustrato se encontrara en un estado seco además no se podrían movilizar adecuadamente.

2.2.7.2. Aireación

La aireación está relacionada con la humedad pues si la humedad es superior al 85% significa que no está ingresando el oxígeno suficiente a las camas, por lo que el proceso de digestión se ralentiza ya que las lombrices entran en un estado de latencia teniendo la producción de vermicompost, no se reproducen y se expande el tiempo de eclosión de las capsulas.

3.2.7.3. Temperatura

La óptima está considerada de 18 a 25°C, si esta disminuye de los 15°C provoca que las lombrices entren en estado de latencia descendiendo su metabolismo también se reduce su reproducción ya que las capsulas no eclosionan hasta estas en las condiciones adecuadas. Debido a que la temperatura corporal de estos animales es de 19 a 20°C, temperaturas mayores a 35 y 40°C podrían ser mortales (Ortigosa, 2022, pág.4).

2.2.7.4. Luz

Su hábitat natural es la tierra sitio en donde los túneles son excavados para poder llegar al lugar más húmedo, son fotofobicas, es decir, evaden la luz ya que los rayos ultravioletas las matarían

al instante también la luz solar sobre las camas provocaría un aumento de temperatura porque afectaría a las lombrices.

2.2.7.5. pH

Para que esta pueda subsistir el PH del medio en el que se encuentra debe estar en un intervalo de 5 a 8,4, si este es muy básico entrarán en estado de latencia tardando el proceso mientras que en un PH ácido estas pueden quemarse, además puede permitir que se produzca un medio apto para la plaga denominada planaria.

2.2.8. Alimentación

Las lombrices son productoras de un abono rico en nutrientes, pero son selectivas con su alimentación por lo que es necesario combinar de manera adecuada los residuos orgánicos que se quieren procesar.

2.2.8.1. Alimentos no recomendados

Estos anélidos son reconocidos por su capacidad para devorar los residuos, pero les desagrada los cítricos como naranjas, limones, piña, naranjilla, además esto podría generar un medio ácido en su hábita por lo tanto afecta su desarrollo; no es recomendado colocar tomates ya que sus semillas son muy duras para digerirlas también no se debe colocar desperdicios de comida como carne, lácteos, alimentos que contengan grandes cantidades de sal ya que estos pueden atraer a otros animales y no serán ingeridos por las lombrices.

2.2.8.2. Alimentos recomendados

Son devoradores por excelencia digieren rápidamente y con mayor facilidad las cáscaras de todo tipo de vegetal excepto las cebollas, verduras, frutas, la pulpa de frutas también ingieren cereales como avena, arroz, cebada, bolsitas de té usadas. Se puede colocar restos de césped siempre que estos estén triturados en una cantidad no muy grande ya que puede provocar exceso de humedad (Uncle Jim's, 2018, pág. 5).

Se puede colocar en su dieta estiércol de ganado, cuy, conejo, realizar una buena mezcla puede ayudarnos a optimizar el proceso además se evita de esta manera generar olores desagradables si se realiza un precompostaje, es de gran importancia triturar los mas que se pueda ya que esto ayudara agilizar la digestión. Se debe agregar la comida gradualmente según vaya siendo digerida.

2.2.9. Parámetros del alimento

Para poder colocar los desechos orgánicos a las lombrices es necesario considerar los siguientes parámetros y de esta manera evitar pérdidas.

2.2.9.1. Temperatura

Se considera que la óptima es de 20°C, en la que pueden comer sin ningún problema se encuentra en un rango de 15 a 24°C mientras que temperaturas de -5°C y 37°C pueden poner en peligro la supervivencia de estas.

3.2.9.2. Humedad

La óptima es de 75%, en la que pueden comer sin ningún problema se encuentra en un rango de 70 a 80% mientras que valores menores a 70% y superiores a 80% pueden poner en peligro la supervivencia de estas.

2.2.9.3. pH

El óptimo es de 6,5 a 7,5 mientras que en un rango de 6 a 8 se pueden digerir de manera más retardada, los valores que estén por debajo de 4,5 y mayor a 8,5 pueden afectar severamente.

2.2.9.4. Conductividad eléctrica

La más óptima es de 2.5 mmhos/cm, la adecuada se encuentra en los 3.0 mmhos/cm y valores superiores a 8 mmhos/cm puede ponerlas en peligro (Mejía, 2018, pág.3).

2.2.10. Tipos de compostaje

Para elegir un método de compostaje se debe conocer los beneficios y contras que estos tienen también los residuos con los que se desea trabajar, además estos van según el criterio del investigador y el objetivo que tenga, a continuación, se detallan algunos de estos.

2.2.10.1. Compostaje indio de Bangalore

Este tratamiento es originario de Bangalore, India; es usado para el compostaje de excretas y desechos. Su método consiste en elaborar trincheras de aproximadamente un metro de

profundidad con ayuda de excavadoras para colocar de manera alternada formando capas los residuos orgánicos y la tierra. Tiene forma de pozo el mismo que al finalizar se cubre con una capa de residuos con un espesor de 15 a 20 cm, reposan por 3 meses sin volteo ni regadío en este periodo existe una disminución del volumen inicial de los residuos y un aumento de la tierra, los residuos colocados al final se cubren con barro para evitar la pérdida de humedad también la cría de moscas, su producto final se puede apreciar a partir de los 6 a 8 meses, por su elevado costo no es muy aplicado (Ayilara et al. 2020, pág.9).

2.2.10.2. Compostaje de recipientes

Engloba todos los compostajes que se realizan en un área cerrada, es decir, un recipiente en el que se requiere de una gran cantidad de oxígeno para que los residuos puedan tener una buena aireación o esta puede ser forzada mediante técnicas de volteo ya sea de manera manual o mecánica. Al ser trabajoso implica costos relativamente altos.

2.2.10.3. Compostaje en hileras

Este procedimiento consiste en colocando los residuos orgánicos en largas pilas y estrechas por esta razón se denominan hileras las cuales se giran en ciertos periodos de tiempo. Es muy importante realizar una mezcla adecuada de los residuos ya que de esto depende que tenga una buena aireación, para elaborar estas hileras comúnmente se comienza desde una altura de 1 metro para desechos con gran densidad como el estiércol y una altura de 4 metros para materias esponjosos o estructurantes. Es un proceso de bajo costo, pero se debe controlar la temperatura ya que generalmente retiene calor, pero se realiza en cortos periodo de tiempo (Ayilara et al. 2020, pág.12).

2.2.10.4. Vermicompostaje

Es el tratamiento en el cual se usan lombrices para degradar la materia orgánica, estas pueden comer su peso corporal por día, sus desechos son el producto final que es denominado humus el cual es rico en nitrato, fósforos, potasio, calcio y magnesio los cuales ayudan a mejorar la calidad del suelo.

Tabla 2-1: Sistemas de vermicompostaje

SISTEMA	DESCRIPCIÓN
Vermicompostaje en pilas	Se apilan los lechos sobre el suelo o sobre plástico u hormigón. Cuando la materia orgánica se ha madurado, se agregan las lombrices. Se debe cuidar de la intemperie a que no se mueran las lombrices.
Vermicompostador comercial	Diseñado para mantener las condiciones óptimas para el proceso.
Vermicompostaje en camas	Se distribuye el sustrato con las lombrices, debe tener drenaje para agua y gases. Medidas: alto 50 cm, 1 a 2,5 m de ancho y hasta 500 m de longitud dependiendo del espacio.
Vermicompostaje en camas elevadas	Se ubican sobre soportes. Tiene las mismas recomendaciones en las medidas que las otras camas.
Vermicompostaje en contenedores	En contenedores de 20-70 m ³ son móviles, tienen equipo para medir las condiciones atmosféricas dentro del contenedor. Se puede hacer en barriles de plástico

Fuente: Sánchez, 2017.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

2.2.10.5. Compostaje estático

Es un método muy tradicional el cual consiste en compostar los residuos de manera aeróbica pues se realiza una aireación muy pasiva mediante el uso de tuberías, pequeños volteos infrecuentes, se requiere de un largo periodo de tiempo para obtener el producto final además tiene bajos costos en comparación con las demás técnicas.

2.2.10.6. Compostaje de hojas

Esta técnica consiste en aprovechar los beneficios de la materia orgánica sin tener que realizar pilas de compostaje pues las hojas y desechos de jardín sirven como un manto sobre el que se coloca la materia orgánica a descomponer, posteriormente estos son removidos con un aza hasta que se descompongan en su totalidad para poder mezclar con la tierra, esta técnica requiere de abundante agua y residuos de jardín, es el más sencillo y económico (Ayilara et al., 2020, Chicaiza, T; Quiroz, J. 2023, pág.5).

2.2.10.7. Compostaje indore indio

En esta técnica se usa mezcla rica en nutrientes provenientes de materia prima como restos de plantas, desechos de animales de granja, tierra, ceniza de madera y agua. Se elabora una capa con un espesor de 15 cm hasta llegar al metro y medio de altitud, luego ese montón es partido a la mitad en rodajas de 20 a 25 kilogramos creando un descanso nocturno. Estos pedazos de materia son depositados en un pozo capa sobre capa una semana, necesita ser regado 3 veces durante todo el proceso del compostaje (Ayilara et al. 2020, pág.3).

2.3. Marco legal

Tabla 1-2: Marco Legislativo

CUERPO LEGAL	REGISTRO OFICIAL	ARTICULO/LITERAL
Ley para la Gestión Integral de Residuos	Ley 8839	8; 12; 14; 20; 23; 38; 43; 44; 45; 49; 50
Boletín Oficial de España	Real Decreto 506/2013	4 numeral 1, 2; 13 numeral 1,2,3; 16; 17; 18 numeral 1, 3; 19 numeral 1; 20
Constitución de la Republica del Ecuador	Registro Oficial de 20-oct-2008 449	14; 15; 66 numeral 27; 83 numeral 6; 264 numeral 4; 278; 397; 415
Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente	Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003	74 título III; 44 numeral 7 título V
Código Orgánico del Ambiente	Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017	27 numeral 6, 7; 224; 226
Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos en los Cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal	Gaceta oficial N° 16	9; 12; 15 literal c; 46 numeral 3, 12; 52 numeral 2; 54 numeral 11; 55; 58 numeral 1

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Ecuador no dispone de normas vigentes para la elaboración de abonos orgánicos, sin embargo, se consideraron normas internacionales para determinar los límites permisibles de metales pesados, patógenos, vectores entre otros.

Según, el “Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes”, en el **artículo 4**, menciona los requisitos que debe cumplir para ser considerado un producto fertilizante, se detallan a continuación:

Requisitos

- a) Aporte de nutrientes a plantas de manera eficaz o mejore propiedades del suelo.
- b) Métodos adecuados de toma de muestras, análisis y ensayos para poder comprobar sus riquezas y cualidades del producto.
- c) Que, en condiciones normales de uso, no produzca efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Tabla 2-3: Grupo 2. Abonos Orgánicos – Nitrogenados (Apartado del Anexo 1)

Nº	Tipo	Forma de componentes esenciales	Nutrientes	Tipo de etiquetado	Contenido de nutrientes declarado
02	Abono orgánico nitrogenado de origen vegetal	Producto sólido obtenido por tratamiento, con o sin mezcla, de materia orgánica vegetal	- N total: 2% - C/N no mayor de 15	- Humedad mínima y máxima	- N total y N orgánico - C orgánico - C/N - P ₂ O ₅ y K ₂ O totales (si superan el 1%) - Ácidos húmicos (si superan el 1%)

Fuente: Real Decreto 506, 2013.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Márgenes de Tolerancia

Grupos 2 y 3. Abonos orgánicos y órgano-minerales

- 2/3.a. Abonos que solo declaran un único nutriente principal

Un 15% del valor declarado, para los contenidos en cualquier elemento nutriente principal, con un máximo de:

Tabla 2-2: Límites de contenido para abonos con un único nutriente

Nutrientes	Limite
N total	0,9
N orgánico	0,5
P ₂ O ₅	0,9
K ₂ O	0,9

Fuente: Real Decreto 506, 2013.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

- **2/3. b. Abonos compuestos**

Un 15% del valor declarado, para los contenidos en cualquier elemento nutriente principal, con un máximo de:

Tabla 2-3: Límites de contenido para abonos compuestos

Nutrientes	Limite
N total	1,1
N orgánico	0,5
P ₂ O ₅	1,1
K ₂ O	1,1
Valor máximo de la suma de las desviaciones negativas respecto al valor declarado:	
Abonos binarios	1,5
Abonos ternarios	1,9

Fuente: Real Decreto 506, 2013.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

- **2/3. c. Abonos que declaran nutrientes secundarios**

Un 25% del contenido declarado en CaO, MgO, Na₂O y SO₃ con un máximo del 0,9% del valor absoluto.

- **2/3. d. Abonos que declaran micronutrientes**

Un 20% del valor declarado, para los contenidos en micronutrientes inferiores al 2%.

Un 0,4% en valor absoluto, para los contenidos en micronutrientes superiores al 2%.

- **2/3. e. Otras características específicas**

-Carbono orgánico y relación C/N: 10% del valor declarado, con un máximo en valor absoluto del 1%

- Ácidos húmicos: 15% del valor declarado

Tabla 2-4: Criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos

Parámetros	Cantidad
Porcentaje de nitrógeno orgánico	85%
Humedad	14% - en materia seca
Granulometría	10 mm
Límite máximo de microorganismos	Salmonella: Ausente en 25 g de producto elaborado Escherichia coli: < 1000 NPM/g
Límite máximo de metales pesados (mg/Kg de materia seca)	
Metales	Clase A Clase B Clase C
Cadmio	0,7 2 3
Cobre	70 300 400
Níquel	25 90 100
Plomo	45 150 200
Zinc	200 500 1000
Mercurio	0,4 1,5 2,5
Cromo (total)	70 250 300

Fuente: Real Decreto 506, 2013.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023..

Tabla 2-5: Parámetros óptimos para compost final bajo la norma U.S. Composting del 2001 y 2002

Parámetro	Unidad	2001	2002
PH	-	6,5 - 8,5	5 - 8,5
Conductividad	mS/cm	> 2	1 -10
Humedad (base de peso húmedo)	%	-	40 - 50
Materia orgánica (MO)	%	≥25	30 - 70
Nitrógeno total	%	> 1	0,5 - 2,5
Carbono orgánico total (COT)	%	-	< 54

Relación C/N	%	10-25	< 21:1
Fosforo (P)	%	> 1	-
Potasio (K)	%	0,3 - 1,5	-

* 1 mmho/cm = 1 dS/m = 1mS/cm

Fuente: Etheredge y Waliczek, 2022, pág. 91.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Enfoque

Este estudio se basó en un enfoque cuantitativo debido a que se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos por tanto se obtuvieron datos numéricos además se definió, describió y se justificaron las relaciones entre las variables involucradas durante el proceso.

3.2. Alcance

El presente proyecto tendrá un alcance explicativo, por tanto, mediante resultados obtenidos se demostró y explicó la factibilidad del proceso de vermicompostaje con los residuos orgánicos del mercado El Vergel, además de proporcionar datos relevantes que servirán para proyectos futuros.

3.3. Definición de variables

Variables independientes: composición y cantidad residuos orgánicos, parámetros de control (PH, humedad, temperatura), tipo de vermicompostador y de lombriz.

Variables dependientes: vermicompost, parámetros de calidad (relación carbono/nitrógeno, PH, conductividad, porcentaje de humedad), cantidad de metales, límite máximo de microorganismos.

3.4. Diseño

El presente trabajo técnico es un diseño experimental, ya que existen la manipulación de variables independientes y se analizó las consecuencias que hubo sobre las variables dependientes por lo que, mediante un análisis se determinó la mayor eficacia del proceso y la cantidad de nutrientes que aportó.

3.5. Definición y selección de la muestra

Para este trabajo se considera la población de estudio los residuos sólidos orgánicos generados por el Mercado El Vergel del Cantón Cañar. Dicho mercado cuenta con un área aproximada de 3956,5 m² y con 150 puestos donde se realiza la comercialización de frutas, verduras, cárnicos, comidas y lácteos.

No se consideró una cantidad específica de muestra debido a que se tuvo en cuenta un muestreo no probabilístico por las características de la investigación y que los datos no podrán generalizarse.

3.6. Recolección de datos

La recolección de datos se desarrolló en la siguiente secuencia:

- Tipificación de los residuos orgánicos.
- Recolección y transporte de los residuos orgánicos.
- Caracterización de residuos orgánicos producidos durante un fin de semana altamente comercializado.
- Elaboración de pila para precompostaje de los residuos recolectados.
- Construcción del vermicompostador.
- Adaptación y alimentación de lombriz roja californiana
- Procesos de laboratorio para: análisis físico químico de la muestra inicial de residuos orgánicos y análisis de control de parámetros para la determinación de calidad de los abonos orgánicos.

3.6.1. Tipificación de residuos orgánicos

En el mercado se separó los residuos orgánicos de la siguiente manera:

- Restos y cáscaras de frutas
- Restos de verduras
- Restos de hierbas y cáscaras de vegetales
- Derivados de animales
- Sobras de alimentos

3.6.2. Recolección y transporte de RO

Paso 1: La recolección de los residuos sólidos orgánicos se lo realizó el día 14 de noviembre del 2022 en el mercado El Vergel, una vez en el lugar se separó los residuos sólidos en orgánicos e inorgánicos.

Datos Generales

- Las coordenadas de Cañar son:

Latitud: -2.739694

Longitud: -78.848602

- Factores climáticos

La temperatura generalmente varía de 2 °C a 12 °C y rara vez baja a menos de 0 °C o sube a más de 15 °C. La temperatura es de 11.8°C media anual, es de clima frío y templado por su ubicación en la parte alta de la Cordillera de los Andes.



Ilustración 3-1: Mapa de ubicación del Mercado El Vergel del Cantón Cañar

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Paso 2: Luego se procedió a recolectar los residuos sólidos orgánicos del lugar con la ayuda de los trabajadores de la EMMAIPC-EP, y se transportó al centro de gestión Yurakasha (CGY).



Ilustración 3-2: Recolección de los residuos orgánicos en el Mercado El Vergel

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Paso 3: Al llegar al CGY el vehículo primeramente se dirigió a la báscula y se realizó el registro del peso del carro más los residuos sólidos orgánicos.

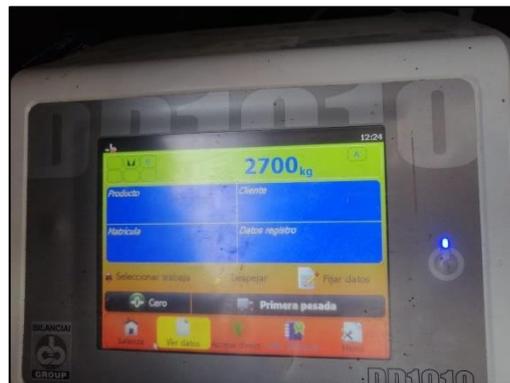


Ilustración 1-3: Pesaje de los residuos orgánicos en el CGY

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Paso 4: Seguidamente se descargaron los residuos en el área orgánica del CGY y se realizó la clasificación en la cual se procedió a retirar la mayor cantidad de cítricos debido a que las lombrices son sensibles a la acidez.



Ilustración 3-2: Separación de cítricos en el área orgánica del CGY

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Paso 5: Una vez realizada la clasificación, se procedió a triturar los residuos sólidos orgánicos en la maquina picadora que dispone el CGY y finalmente se realizó la pila para iniciar con el proceso de precompostaje. Por último, se registró el peso del vehículo vacío.



Ilustración 3-5: Maquina trituradora residuos orgánicos del CGY

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.3. Caracterización de residuos orgánicos

La caracterización de los residuos ayuda a determinar las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, mediante la identificación de su contenido y propiedades.

3.6.3.1. Método del cuarteo

Para Montoya (2012), este método los nombra “diferencia de pesos” se aplica en rellenos sanitarios de alta capacidad tipo mecánicos que posean una báscula en la entrada, y donde todos los vehículos que entran al relleno se encuentren registrados con su peso vacío.

El presente estudio se basó en la metodología de Montoya Rendón (2012), donde se realizó la recolección de los residuos orgánicos en el mercado El Vergel, mismos que fueron transportados hacia el Centro de Gestión de Yura Kasha para el pesado inicial correspondiente, posterior se realizó el pesado del vehículo con peso vacío, de esta manera se realizó el cálculo de diferencia de pesos y se determinó la cantidad de residuos sólidos orgánicos recolectados el día Lunes 14 de noviembre del 2023. Esta metodología nos permitió conocer la cantidad de residuos que se generan en dicho mercado.

Para conocer la composición de los residuos sólidos orgánicos se utilizó el siguiente análisis:

- Una vez recolectados los residuos sólidos orgánicos, se realizó una circunferencia lo más uniforme posible, de esta se sacó dos cuartos.
- Con los residuos que se separaron se realizó otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacó otros dos cuartos, este proceso se repitió hasta conseguir una muestra representativa y manejable.

La siguiente Ilustración 6-3 representa el método del cuarteo antes detallado, donde se indica la circunferencia y la división en cuartos, 2 de los cuales se toman en cuenta para la siguiente circunferencia en donde se extrae el material que se encuentra en la zona de color rojo y se descarta la zona de color blanco. Con lo seleccionado realiza nuevamente otra circunferencia y el mismo procedimiento de división por cuartos, hasta lograr una disminución del tamaño de la muestra (Caracterización de Residuos Sólidos, 2012, p.7).

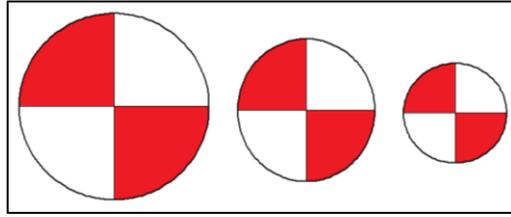


Ilustración 3-6: Método del cuarteo

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

El total de los residuos orgánicos recolectados fue de 960 Kg, se realizó la división de cuartos hasta conseguir una muestra de 1 Kg, posterior la muestra fue preparada los respectivos análisis de laboratorio.

3.6.3.2. Determinación de la producción per capita

$$PPC = \frac{Pw}{Hab * día}$$

Donde:

$$PPC = producción per cápita \left(\frac{Kg}{hab*día} \right)$$

$$Pw = peso diario de residuos en \left(\frac{Kg}{día} \right)$$

3.6.4. Precompostaje de RSO

3.6.4.1. Elaboración de la pila

Después de la recolección y selección se procedió a triturar estos residuos, luego se elaboró la pila triangular de un metro de alto y un metro de ancho, también se realizó los volteos cada dos días hasta que se descompongan los residuos orgánicos recolectados, finalmente se observó una disminución considerable del volumen y densidad al terminar el proceso de precompostaje.

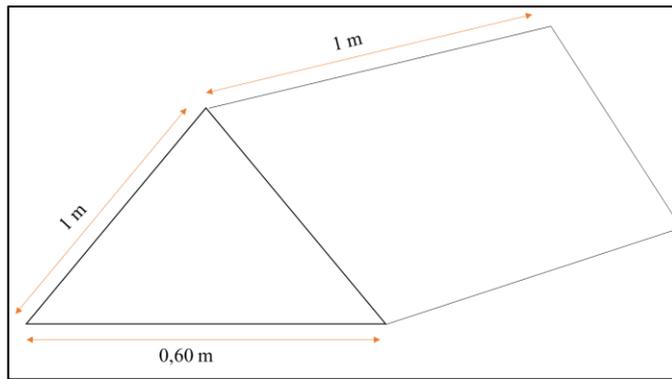


Ilustración 3-7: Dimensiones de la pila de Precompostaje

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.4.2. Control de parametros de la pila

Para controlar los parámetros más esenciales durante el proceso de precompostaje se empleó el multiparámetro Soil Tester el mismo que puede medir la temperatura de la pila en grados centígrados y el porcentaje de humedad. Se llevó un registro de los datos como se observa en la tabla.



Ilustración 3-8: Multiparámetro Soil Tester

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.5. Construcción del vermicompostador

Para la elaboración de este vermicompostador se emplearon materiales como: bloques, cemento, hojas de zinc, clavos, tubo PVC, malla para fundir, arena, ripio, lastre y equipos como aplanadora, mezcladora luego se siguió los siguientes pasos:

Paso 1: se realizó la medición del terreno para poder aplanarlo y borrar algunos desniveles, después se tendió el lastre para poder terraplenarlo y colocar las mallas para su fundición.

Paso 2: se fundió el piso con una pendiente de aproximadamente 15 centímetros para evitar la acumulación de lixiviado, luego se procedió a colocar los bloques para las paredes y la estructura.

Paso 3: se colocó los soportes para el techo y las hojas de zinc, una vez terminado se tapó con una tela negra para evitar el paso de la luz.

Paso 4: finalmente se procedió a enlucir la parte externa del vermicompostador también se realizó las divisiones de cada una de las 4 camas que contenía el vermicompostador.

Su construcción tuvo una duración de una semana, cuyas dimensiones fueron de 6 metros de largo por dos de ancho, luego de terminar la estructura externa se dividió en 4 camas cuyas dimensiones son 1,5 metros de ancho y 2 metros de largo obteniendo un área de 3 metros cuadrados debido a que por metro cuadrado se encuentran de 100 a 200 lombrices, por lo que se calculó las dimensiones antes mencionadas ya que se trabajó inicialmente con 3300 lombrices californianas.



Ilustración 3-9: Estructura del vermicompostador

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.6. Adaptación y alimentación de lombriz roja californiana

La adaptación tuvo una duración de 30 días para esto se retiró las lombrices del recipiente en el cual se transportaban con el sustrato, luego fueron colocadas en cada una de las camas para que se adapten a las nuevas condiciones climáticas y se añadió como soporte alimenticio compost

maduro obtenido de la EMMAIPC-EP. Además, con ayuda del multiparámetro se registró los parámetros como humedad, PH y temperatura.



Ilustración 3-10: Lombriz roja de California

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.



Ilustración 3-11: Sustrato de adaptación

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Antes de la antes de alimentar a las lombrices con los residuos recolectados se realizó una prueba de caja donde se colocó 1 Kg de los residuos orgánicos previamente precompostados con 50 lombrices al cabo de una semana se volvió a contabilizar la misma cantidad inicial, mediante este ensayo se pudo comprobar que los residuos orgánicos se encontraban aptos para alimentación de las lombrices además de verificar que estos no eran tóxicos para el desarrollo de las mismas.



Ilustración 3-12: Prueba de ensayo en caja empleando la lombriz roja

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7. Procesos de laboratorio

Físicos – químicos

Tabla 3-1: Métodos utilizados para análisis de parámetros

Parámetro	Método
pH	Suspensión en agua 1:5
Conductividad	Extracto 1:5
Humedad	Gravimétrico
Materia orgánica	Perdida por calcinación a 550 °C
Cenizas	Calculo a partir de materia orgánica
Carbono orgánico	Calculo a partir de materia orgánica
Nitrógeno total	Digestión y destilación Kjeldahl
Potasio	Espectrofotometría de emisión atómica
Fosforo	Espectrofotometría Uv
Na, K, Mn, Mg, Fe, Ca	Espectrofotometría de absorción atómica
<i>E. coli</i> y <i>Salmonella</i>	Diluciones seriadas

Fuente: INI-Métodos de análisis de compost, 2005.

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7.1. pH

Este análisis se realizó en muestra seca, los equipos utilizados fueron balanza analítica, agitador y pHmetro; también se ocuparon materiales como tubos falcón, agua destilada, espátula y balón de aforo de 50 ml. Para realizar este procedimiento se ejecutó los pasos siguientes:

Paso 1: se pesó 5 gramos de la muestra seca y triturada, previamente se verificó con anterioridad que la balanza este correctamente calibrada.

Paso 2: se colocó los 5 gramos de muestra en el tubo falcón y se agregó 50 mL de agua destilada en una relación de 1:5.

Paso 3: se puso en el agitador todas las diluciones por 20 minutos a una velocidad de 300 revoluciones por minuto al finalizar se dejó sedimentar de 3 a 5 minutos.

Paso 4: se lavó el cátodo del pHmetro con la solución estándar y se colocó directamente en el tubo falcón con la solución hasta que se observó la palabra estable.



Ilustración 3-13: Análisis de pH

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7.2. Conductividad eléctrica

Este análisis se realizó en muestra seca, los equipos utilizados fueron balanza analítica, agitador, centrifuga y conductímetro también se emplearon materiales como tubos falcón 50 mL uno por cada muestra, agua destilada, balón de aforo de 50 mL y papel filtro.

Paso 1: se pesó 5 gramos de muestra seca en la balanza analítica calibrada, luego se colocó en el tubo falcón y se añadió 50 mL de agua destilada en el mismo en relación 1:5.

Paso 2: se colocó en el agitador por 20 minutos a 300 revoluciones por minuto luego se trasladó a la centrifuga por 6 minutos a 600 revoluciones por minuto al retirar las soluciones se dejó reposar por 5 minutos.

Paso 3: se filtró la solución para colocarlos en otros tubos, luego se lavó el cátodo del conductímetro y se realizó la medición hasta obtener un valor estable.



Ilustración 3-14: Análisis de conductividad eléctrica

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7.3. *Parámetros relacionados con la materia orgánica*

- Materia Orgánica
- Cenizas
- Carbono Orgánico

Para este proceso de laboratorio se utilizaron los siguientes equipos: mufla, desecador, balanza analítica y la estufa. Así también los siguientes materiales: muestra, crisol (dependerá del número de muestras), pinza y espátula.

Proceso en laboratorio para parámetros relacionados con materia orgánica

Paso 1: se etiquetó el crisol seguido se colocó el crisol en la estufa por un lapso de 4 h.

Paso 2: transcurridas las 4 h se colocó el crisol en el desecador por 30 minutos para que se enfríe.

Paso 3: se pesó 3 g de la muestra y se añadió al crisol, luego se colocó una vez más en la estufa por 20 h aproximadamente.

Paso 4: se procedió a retirar de la estufa con una pinza y colocarlo en el desecador, una vez frío el material se pesó y registro el nuevo peso.

Paso 5: se colocó el crisol dentro de la mufla, se inició con una temperatura de 250°C por 15 minutos.

Paso 6: una vez alcanzada la °T y transcurrido el tiempo, se incrementó 50 °C más por 5 minutos se repitió este paso hasta llegar a 550°C, alcanzada la °T dicha se dejó por 4 h.

Paso 7: calcinada la muestra se retiró el crisol de la mufla y se dejó enfriar por 30 minutos en el desecador.

Paso 8: finalmente se pesó nuevamente el crisol y se registró el peso final obtenido. Y se procedió a realizar el cálculo con las siguientes ecuaciones.

Para el contenido de materia orgánica (MO) y ceniza (Cen) en % en base seca se aplicó la siguiente ecuación:

$$MO (\%_{bs}) = \frac{(A - B) * 100}{A - C}$$

Donde:

A = masa de la cápsula + muestra seca (g)

B = masa de la cápsula + muestra calcinada (g)

C = masa de la cápsula (g)

$$Cen (\%_{bs}) = 100 - MO (\%_{bs})$$

Para carbono orgánico total (COT) a partir de la materia orgánica:

$$COT (\%_{bs}) = \frac{MO (\%_{bs})}{1,8}$$



Ilustración 3-15: Análisis de materia orgánica

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7.4. *Nitrógeno total*

En este procedimiento se empleó equipos de digestión y destilación macroKjeldahl también materiales como Erlenmeyer de 500 mL, balón de 500 mL y 100 mL, vaso de precipitación de 500 mL, probeta de 50 mL, tubos de digestión, espátula y agua destilada. Además, se usó los siguientes reactivos: ácido sulfúrico al 98%, hidróxido de sodio, sulfato de potasio, sulfato de cobre y ácido bórico y soluciones que contienen 200 gramos de NaOH aforado en 500 mL de agua destilada, 10 gramos de ácido bórico aforado en 500 mL de agua destilada temperada, 4,175 gramos de ácido clorhídrico en 500 mL y una dilución estándar con 13,200 mg de carbonato de calcio de alta pureza. Durante este proceso se ejecutó los siguientes pasos:

Paso 1: se pesó 2 gramos de muestra seca luego se colocó en los tubos digestores también se agregó 3,4 gramos de K_2SO_4 y 0,2 gramos de $CuSO_4$.

Paso 2: se agregó un tubo digestor con 3,4 gramos de K_2SO_4 y 0,2 gramos de $CuSO_4$ como blanco también se añadió 20 mL de ácido sulfúrico concentrado y los núcleos de ebullición en cada tubo digestor.

Paso 3: se colocó los tubos en el digestor luego se conectó el digestor y la bomba de agua, se verificó la entrada de agua en las 3 llaves finalmente se realizó la digestión hasta que el equipo alcance los 400 °C.

Paso 4: cuando se terminó la digestión se dejó enfriar los tubos digestores para realizar la destilación.

Paso 5: se colocó el tubo en la parte izquierda del equipo mientras que a lado derecho se colocó un Erlenmeyer de 500 mL con 50 mL de ácido bórico al 4%, además se añadió 10 gotas de indicador mixto (rojo de metilo y verde bromocresol).

Paso 6: se encendió el equipo luego se esperó aproximadamente 6 minutos que termine la destilación, al final se observó un color rosa débil luego se debe titular el destilado HCl N/10 hasta que llegue al color obtenido en el blanco.

Paso 7: finalmente se calculó el porcentaje de nitrógeno contenido en cada muestra aplicando fórmula estequiométrica.

$$\%N - Kjeldahl = \frac{(V1 - V0) \times N \times 1,4}{P}$$

Donde:

V1: Volumen de HCl (mL) consumido en titulación

V0: Volumen consumido en titulación del blanco

P: Peso de la muestra (Kg)

N: Normalidad del HCl empleado en la titulación



Ilustración 3-16: Análisis nitrógeno por el método kjeldahl

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7.5. Relación C/N

Para determinar la relación carbono/nitrógeno en función de porcentaje de materia orgánica y del porcentaje de nitrógeno total fue mediante la siguiente ecuación:

$$\%C/N = \frac{MO (\%_{bs}) * 0,58}{\%N}$$

Donde:

$\%N = \%Nitrógeno\ total$

$MO (\%_{bs}) = \%Contenido\ de\ materia\ orgánica$

0,58 = Constante dada por Jackson

3.6.7.6. Metales

- Digestión Ácida para Análisis de Metales

Los equipos utilizados fueron: balanza analítica, campana extractora de gases y reverbero. Así también materiales como: muestra, Erlenmeyer 250 mL, pipetas, balón 100 mL, probeta, papel filtro y frasco microbiológico. Además, se usaron los siguientes reactivos: ácido sulfúrico, sulfato cúprico, peróxido de hidrogeno, ácido nítrico y ácido perclórico.

- Procedimiento de digestión ácida

Paso 1: se pesó 0,5 g de muestra.

Paso 2: luego se colocó la muestra en un Erlenmeyer y se añadió 10 mL de ácido sulfúrico más 0,1 g de sulfato cúprico.

Paso 3: se dejó reposar el Erlenmeyer con la solución preparada por 24 h en la campana extractora de gases.

Paso 4: después se colocó el Erlenmeyer sobre un reverbero a °T máxima y se mantuvo allí hasta que el color de la solución cambie a un tono cristalino, el tiempo de duración dependió de la cantidad de materia orgánica que contenía la muestra.

Paso 5: para acelerar el proceso se agregaron 3 mL de peróxido de hidrogeno, 5 mL de ácido nítrico y 1 mL de ácido perclórico, ya que la muestra aparentemente contenía un alto contenido de materia orgánica.

Paso 6: una vez obtenido el color deseado se retiró el Erlenmeyer con una pinza y se dejó enfriar.

Paso 7: se añadió 50 mL de agua destilada al Erlenmeyer y se filtró, la solución filtrada se aforo en un balón de 100 mL.

Paso 8: por último, se traspasó la solución del balón hacia un frasco microbiológico y esta se le denominó solución A_0 .



Ilustración 3-17: Proceso de digestión ácida

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

3.6.7.7. Análisis de metales

- Fosforo

Para este análisis se utilizaron los siguientes equipos: balanza analítica, pHmetro, espectrofotómetro. Además de materiales como: balones de 100 mL, pipetas, frasco microbiológico y tubo redondo de vidrio. Y los siguientes reactivos: Hidróxido de sodio y mezcla de indicadores para el fosforo.

Procedimiento para análisis del fosforo

Paso 1: se preparó una solución al 10 % de hidróxido de sodio, se pesó 10 g de hidróxido de sodio y se aforo en un balón de 100 mL con agua destilada.

Paso 2: luego se trabajó con la solución A_0 obtenida de la digestión acida, en un frasco microbiológico se colocó 5 mL de solución A_0 con 20 mL de agua destilada. Se obtuvo una dilución que se denominó A_1 .

Paso 3: a la solución A_1 se modificó el PH por tanto se utilizó la solución hidróxido de sodio que se preparó en el paso 1 y mediante un gotero se añadió gota por gota. El rango a llegar fue de 2,5 a 3,0 y se controló en el pHmetro

Paso 4: seguido en un balón de 100 ml se colocó la solución A_1 y se aforo con agua destilada.

Paso 5: después se pipeteo 3 mL de la solución A_1 hacia un tubo redondo de vidrio.

Paso 6: se preparó una solución indicadora en un balón de 100 mL se agregó 3 mL de X más 20 mL de agua, seguido se añadió 1 mL de Y y finalmente se aforo con agua destilada.

Paso 7: finalmente se adiciono 3 mL del indicador en el tubo de vidrio que contenía la solución A_1 . Se agito y se dejó reposar por 15 min.

Paso 8: por último, se colocó el tubo en el espectrofotómetro y se obtuvo datos de la muestra.



Ilustración 3-18: Proceso de análisis para el fósforo

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

- Na, K, Mn, Mg, Fe, Ca

Para este análisis se utilizó el Fotómetro de llama también materiales como: frascos microbiológicos, balón de aforo de 50 mL, agua destilada, probeta de 10 mL, pera de succión y pipeta de 5 mL, además se ocupó los siguientes estándares y se ejecutó los siguientes pasos:

Tabla 3-2: Estándar para análisis de magnesio

Elemento	C1	V1	C2	V2
Mg	100	2,5	5	50
	5	1	0,1	50
Mg	5	2	0,2	50
	5	5	0,5	50
	5	10	1	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023

Tabla 3-3: Estándar para análisis de calcio

Elemento	C1	V1	C2	V2
Ca	1000	0,5	5	100
	10	1	0,2	50
Ca	10	3	0,3	50
	10	5	1	50
	10	10	2	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Tabla 3-4: Estándar para análisis de hierro

Elemento	C1	V1	C2	V2
Fe	1000	0,5	10	50
	10	1	0,2	50
Fe	10	3	0,6	50
	10	5	1	50
	10	10	2	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Tabla 3-5: Estándar para análisis de cromo

Elemento	C1	V1	C2	V2
Cr	100	10	20	50
	20	1	0,4	50
Cr	20	3	1,2	50
	20	5	2	50
	20	10	4	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023

Tabla 3-6: Estándar para análisis de níquel

Elemento	C1	V1	C2	V2
Ni	100	5	10	50
	10	1	0,2	50
Ni	10	3	0,6	50
	10	5	1	50
	10	10	2	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Tabla 3-7: Estándar para análisis de manganeso

Elemento	C1	V1	C2	V2
Mn	100	5	10	50
	10	1	0,2	50
Mn	10	3	0,6	50
	10	5	1	50
	10	10	2	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Tabla 3-8: Estándar para análisis de cadmio

Elemento	C1	V1	C2	V2
Cd	1000	0,1	1	100
	1	1	0,02	50
Cd	1	2	0,04	50
	1	5	0,1	50
	1	10	0,2	50

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Paso 1: se trabajó con las diluciones obtenidas en la digestión acida con ayuda de una pipeta se succionó 5 mL y se aforó en 50 mL de agua destilada.

Paso 2: de la dilución obtenida se aforó 1 mL y se aforó en 10 mL luego se encendió el fotómetro de llama y se procedió a leer los estándares.

Paso 3: se obtuvo una señal estable luego de que el capilar absorbió la muestra y se observó la concentración en el panel de lectura.

Paso 4: con la dilución preparada se sumergió el capilar en cada una de las muestras y se realizó la lectura, este procedimiento se aplicó para todos los metales.



Ilustración 3-19: Equipo fotómetro de llama

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Análisis microbiológicos

- *E.coli* y *Coliformes*

Para este análisis se utilizaron los siguientes materiales: muestra fresca, tubos de ensayo, Erlenmeyer de 250 mL, pipeta de 10 mL y puntas azules de 1 mL. Los equipos utilizados son: incubadora, cámara de extracción y autoclave. Y como reactivo se usó la peptona.

Paso 1: se colocaron los materiales mencionados al equipo autoclave por un lapso de una hora tiempo necesario para esterilizarlos.

Paso 2: transcurrido el tiempo se procedió a retirar los materiales y realizar la primera disolución 10^{-1} para esto se pesó 10 g de muestra y se añadió a 90 mL de agua de peptona.

Paso 3: seguido se homogenizó la dilución y se procedió a realizar la siembra en la placa microfast coliformes y e. coli. Se colocó 1mL de la solución 10^{-1} en la placa.

Paso 4: luego se tomó 1 ml de 10^{-1} y se colocó en otro tubo que contenía 9 ml de agua de peptona, se agitó hasta homogenizar y se obtuvo la dilución 10^{-2} y se realizó el proceso del paso anterior. Se repiten los pasos 3 y 4 para la dilución 10^{-3} .

Paso 5: se colocaron las placas en la incubadora a 36 °C de 24 h a 48h, luego se procedió al realizar el recuento de UFC.

- *Salmonella*

Para el análisis de la salmonella se usaron los siguientes materiales: muestra fresca, placas Petri, tubos de ensayo, Erlenmeyer de 250 mL, puntas azules de 1 mL, puntas amarillas de 0,1 mL, espátula Drigalski. Los equipos utilizados fueron: autoclave, cámara de extracción e incubadora. Y de reactivos se utilizaron el Caldo Tetracionato y el Agar SS (Agar Salmonella Shigella).

Paso 1: se preparó en un Erlenmeyer el caldo tetracionato, por lo que, se calculó la cantidad necesaria del caldo y el agua destilada se procedió a homogenizar y finalmente se colocó 9 mL en un tubo de ensayo y se colocó al autoclave por 1 h con los demás materiales mencionados para esterilizarlos.

Paso 2: trascurrido el tiempo se dejó enfriar los tubos en la cámara de extracción, luego se realizó el mismo proceso de diluciones seriadas que se ejecutó en análisis de *E.coli* y *coliformes*, se obtuvieron las siguientes diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , con una micropipeta se tomó 1 mL de cada dilución y se añadió a cada tubo de caldo tetracionato preparado. Y se dejó en la incubadora por 4 h a 35°C .

Paso 3: para la siembra en placa, de igual manera se calculó la cantidad requerida del Agar SS y de agua destilada, se homogenizó la mezcla en un Erlenmeyer y se calentó con agitación frecuente y se llevó a ebullición para obtener una disolución total.

Paso 4: luego se tomó 20 mL del agar y se vertió a cada caja Petri, una vez solidificado el agar y transcurridas las 4 h del caldo en la incubadora, se procedió a realizar la siembra se tomó 100 μm del tubo 10^{-1} de caldo y se vertió sobre el medio de cultivo, finalmente se esparció la muestra con una espátula Drigalski sobre la superficie del medio. Se repitió el paso para la siembra de las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} .

Paso 5: para finalizar se colocaron las placas en la incubadora a 36°C de 24 h a 48 h, luego se procedió al realizar el recuento de UFC.

3.8. Análisis de datos

Se realizó el análisis aplicando estadística descriptiva ya que se describieron los procesos realizados también se registró de datos de parámetros como: humedad, PH, temperatura que fueron recopilados hasta obtener el producto, además se utilizó la estadística inferencial ya que se compararon los parámetros de calidad para conocer cual proceso obtuvo un mejor rendimiento entre el compost y vermicompost.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

4.1. Tipificación de los residuos orgánicos

Tabla 4-1: Composición física de los residuos orgánicos

Tipo	Descripción	SEMANA	SEMANA	SEMANA	UNIDAD
		1	2	3	
Restos y cáscaras de frutas	Naranjas, piñas, manzanas, guineos, etc.	310,50	330,80	266,20	
Restos de verduras	Pepinillo, cascara de papas, tomates, etc.	250,75	310,50	236,50	
Hierbas y cáscaras vegetales	Tallos de verde, maduro, hojas de brócolis cilantro, etc.	350,30	270,50	298,50	Kg
Derivados de animales	Huesos de res y pollo, restos de mariscos (pescados, camarones).	180,45	120,80	90,30	
Sobras de alimentos	Arroz, salchipapas, etc.	30,10	45,50	20,25	
TOTAL		1122,10	1078,10	911,75	

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

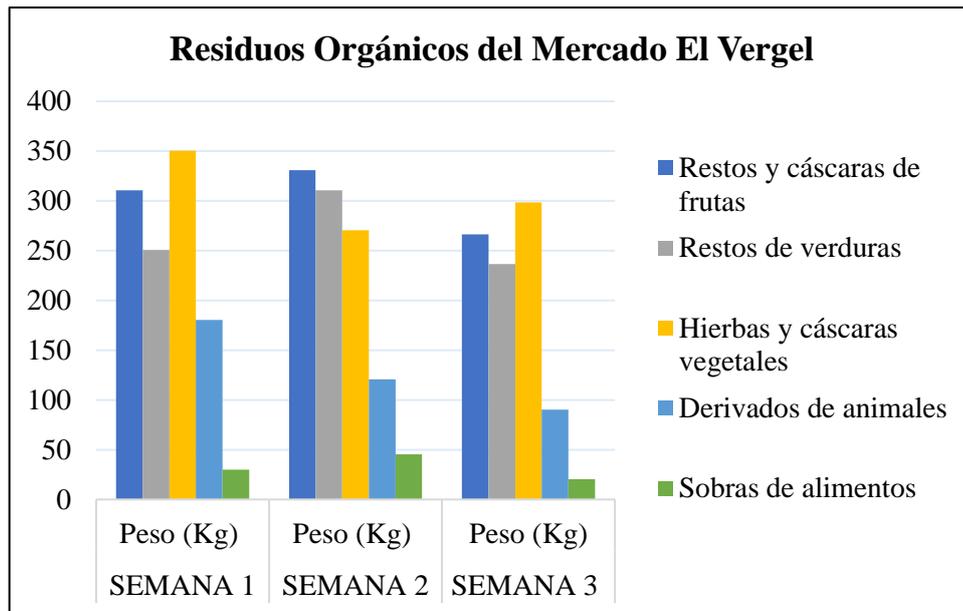


Ilustración 4-1: Cantidad de residuos generados por día en el mercado El Vergel

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

4.2. Caracterización de los residuos orgánicos

Tabla 4-2: Caracterización físico-química de los residuos orgánicos

Parámetro	Unidad	Residuos			Media	Desviación estándar
		R1	R2	R3		
PH	-	8,94	9,06	9,03	9,01	0,06
Conductividad	mS/cm	9,09	8,65	8,61	8,78	0,27
Humedad	%	75,98	72,61	79,84	76,14	3,62
MO	%	47,35	47,91	48,11	47,79	0,39
Cen	%	52,65	52,09	51,89	52,21	0,39
COT	%	26,31	26,62	26,73	26,55	0,22
Nitrógeno total	%	2,92	2,79	3,03	2,91	0,12
Relación C/N	%	9,01	9,54	8,82	9,12	0,37
K	%	1,04	0,91	1,29	1,08	0,19
P	%	0,67	0,65	0,70	0,67	0,02

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

La (Tabla 4-2) indica la caracterización física inicial que corresponde a la muestra representativa que se obtuvo mediante el método del cuarteo de los residuos orgánicos del mercado El Vergel. El PH inicialmente se encontraba en 9,01 en función a la media, en la etapa del precompostaje se evidencio como el PH se redujo a valores de 5,9 como indica en la tabla, esto debido a la actividad microbiana y a la descomposición de compuestos solubles. Así también la conductividad eléctrica

inicial de los residuos orgánicos fue de 8,78 mS/cm. La humedad inicial fue de 76,1% ya que la muestra recolectada era fresca por lo que tenía un alto contenido de agua en los restos de frutas y verduras además de las hierbas.

El porcentaje de materia orgánica inicial fue de 47,79% para ceniza fue de 52,21% y de carbono orgánico total estuvo en 26,55%, mientras que el nitrógeno estuvo presente en un valor de 2,91%. Entonces la relación C/N inicial de los residuos orgánicos fue de 27:3 aproximadamente, el exceso de nitrógeno se debió a que existía una mayor cantidad de material rico en nitrógeno como los restos de frutas y verduras que se encontraban en mayor porcentaje.

El fósforo inicial de los residuos orgánicos fue de 0,67% un valor bajo debido a que este elemento se encuentra presente en las heces de los animales domésticos y en pequeño porcentaje en material vegetal. El potasio fue de 0,67 % que estuvo de igual manera presente en los residuos orgánicos recolectados.

4.3. Pila de precompostaje



Ilustración 4-2: Pila de pre-compostaje con los residuos sólidos orgánicos

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Tabla 4-3: Registro de parámetros en pila de precompostaje

Fecha	Temperatura	pH	Humedad
	°C		%
18/11/2022	31	5,9	55
20/11/2022	32	6,1	57
22/11/2022	35	6,1	66
24/11/2022	34	6,4	67
27/11/2022	36	7,1	63
29/11/2022	36	7,6	63

01/12/2022	35	8,1	65
04/12/2022	38	7,8	65
07/12/2022	37	7	65
10/12/2022	34	7,1	64
12/12/2022	27	6,9	62
17/12/2022	24	7,2	60
20/12/2022	21	7,1	60

Realizado por: Chicaiza T; Quiroz J, 2023

4.4. Vermicompostaje

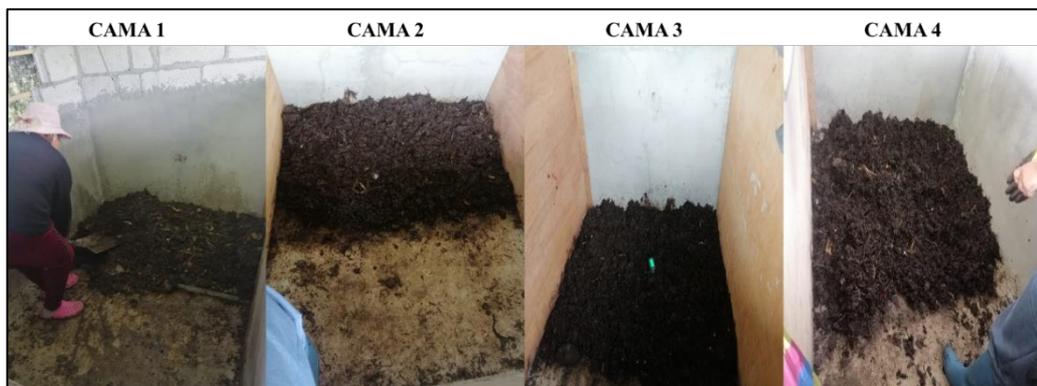


Ilustración 4-3: Camas elaboradas para el proceso de vermicompostaje

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Tabla 4-4: Registro de parámetros en el proceso de vermicompostaje

Fecha	Registro de parámetros de control del vermicompostaje											
	VC1			VC2			VC3			VC4		
	pH	%H	°C	pH	%H	°C	pH	%H	°C	pH	%H	°C
21/12/2022	7	62	11	7,4	60	10	7,1	64	9	7	60	9
28/12/2022	7	72	11	7	68	12	6,9	70	12	7	68	12
04/01/2023	7,4	65	9	6,6	62	10	7	62	10	7	65	10
13/01/2023	7	45	14	7,2	46	13	6,8	47	13	6,6	44	13
17/01/2023	6,8	81	11	6,8	81	10	6,8	81	10	6,8	75	11
25/01/2023	7	77	14	7	68	14	7	62	16	7	59	15
30/01/2023	7	66	16	7	65	15	6,8	59	14	6,8	56	14
07/02/2023	6,8	69	11	7,2	66	9	7	65	11	7	63	9
16/02/2023	7	62	10	7	63	9	7,2	66	10	7,2	66	10
25/02/2023	7	70	12	7,2	68	11	7	69	12	6,8	68	13
02/03/2023	7	72	15	6,8	61	13	6,8	57	13	7,2	59	16

10/03/2023	7	70	14	6,8	69	13	7	68	12	6,8	68	12
17/03/2023	7	56	15	7	55	12	7	59	14	7,2	55	13
26/03/2023	7	61	10	6,8	59	12	6,8	63	11	6,8	60	12
31/03/2023	7	50	12	7	51	12	7	64	13	6,9	60	12
09/04/2023	7	82	12	7	76	12	7	78	12	7	80	12
18/04/2023	6,8	75	10	6,8	71	11	6,8	75	10	7	77	10
03/05/2023	7,2	66	13	7,1	66	13	7,2	64	12	7	63	12
12/05/2023	7	68	13	6,9	67	12	6,8	66	13	7	67	12
27/05/2023	7	84	13	7	79	13	7,2	82	13	7,2	85	12
11/06/2023	7,2	77	11	7,2	71	11	7,2	69	11	7,2	69	11
20/06/2023	7	56	13	7	56	13	7	59	11	6,8	61	11

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

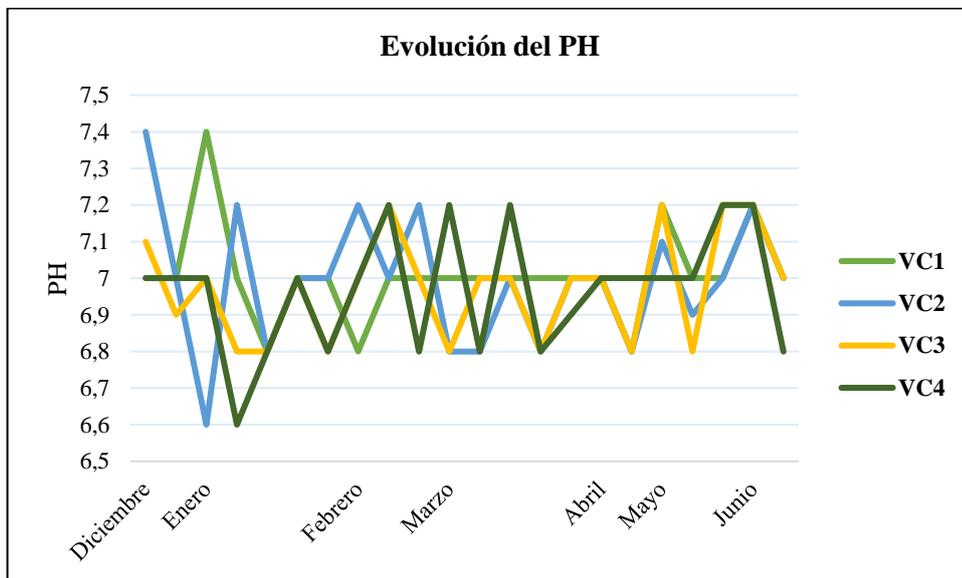


Ilustración 4-4: Evolución del PH en las camas 1, 2, 3 y 4

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

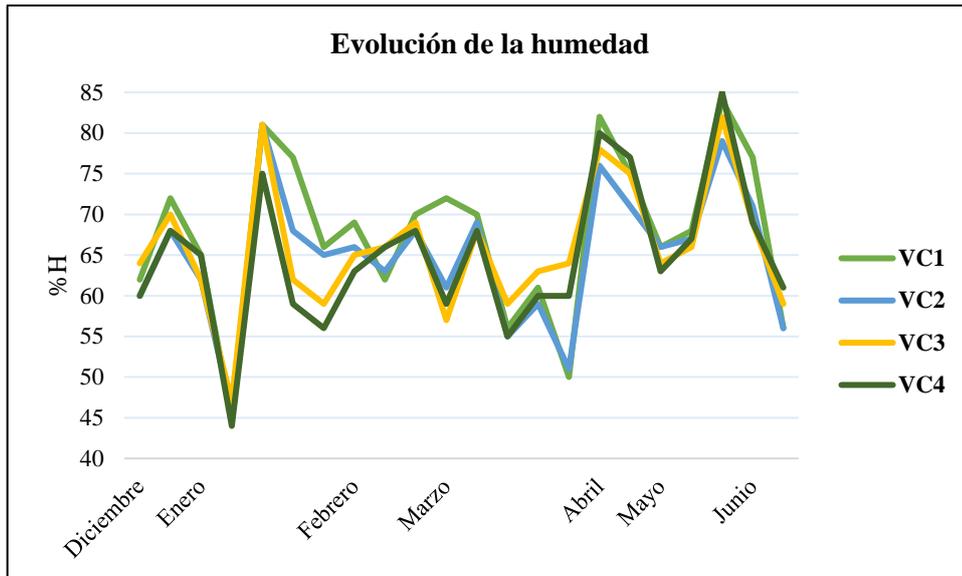


Ilustración 4-5: Evolución de la humedad en las camas 1, 2, 3 y 4

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

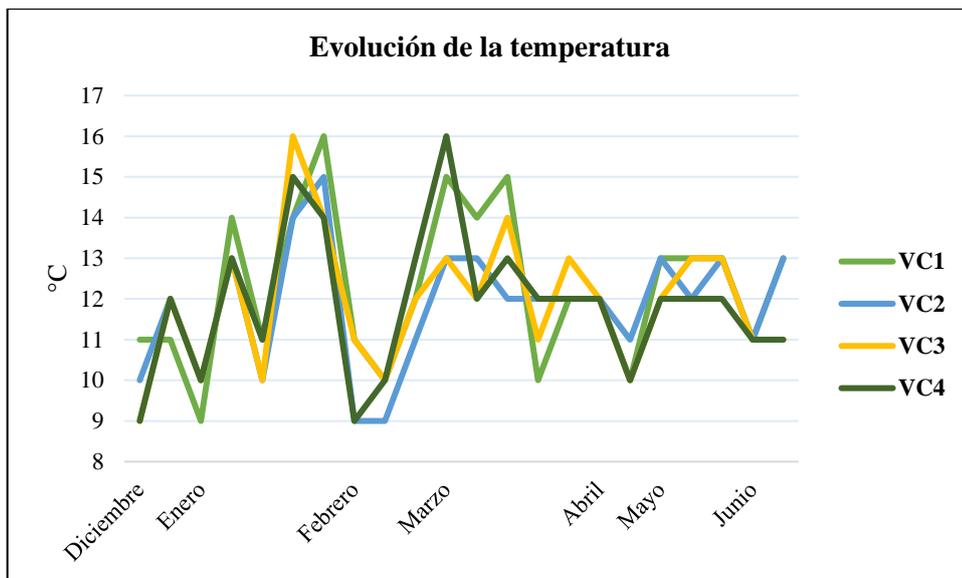


Ilustración 4-6: Evolución de la temperatura en las camas 1, 2, 3 y 4

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

4.5. Análisis físicos, químicos y microbiológicos del vermicompost

Tabla 4-5: Análisis estadístico del vermicompost

Parámetros	Unidad	VC1		VC2		VC3		VC4	
		Media	Desviación estándar						
PH	-	7,88	0,21	8,23	0,03	8,42	0,06	8,57	0,04
Conductividad	mS/cm	2,97	0,57	2,77	0,26	2,76	0,3	2,82	0,12
Humedad	%	58,96	2,15	58,61	0,77	60,47	0,87	59,95	3,03
MO	%	40,34	0,14	37,01	4,52	42,33	3,73	39,4	0,4
Ceniza	%	59,66	0,14	62,99	4,52	57,67	3,73	60,6	0,4
COT	%	22,41	0,08	20,56	2,51	23,52	2,07	21,89	0,22
Nitrógeno total	%	2,08	0,03	1,98	0,05	2,04	0,02	1,88	0,05
Relación C/N	%	10,76	0,17	10,38	1,46	11,53	1,12	11,68	0,24
P	%	0,49	0,05	0,54	0,03	0,55	0,02	0,64	0,06
K	%	0,99	0,05	0,87	0,07	0,97	0,04	0,90	0,05
Na	mg/Kg	6192,47	2153,8	5404,37	1174,68	4341,71	270,94	4690	308,21
Mn	mg/Kg	175,56	8,38	175,15	13,43	171,07	7,48	196,75	53,73
Mg	mg/Kg	28590,17	3779,75	33568,86	7851,68	10838,99	2144,59	14663,75	3488,2
Ca	mg/Kg	6453,28	467,35	4606,37	860,64	5620,24	1444,35	6339,95	3152,44
Fe	mg/Kg	14995,22	7615,92	6073,02	1722,81	9671,24	663,07	5761,29	2350,16
Cd	mg/Kg	0	0	0,15	0,52	0	0	0	0
Cr	mg/Kg	37,11	4,61	33,81	0,66	33,68	2,75	25,1	1,43
Ni	mg/Kg	1,8	4	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

En cuanto a parámetros físico-químicos del vermicompost obtenidos, el PH del vermicompost maduro de las 4 camas esta ligeramente alcalino como se observó en la (Tabla 20-4), según los rangos de la norma U.S. Composting (5 – 8,5) el vermicompost de las 4 camas se encontraron dentro del rango, similares resultados se autor (Rivadeneira, 2018, p.102) en su trabajo de investigación menciona que se debe por la “degradación de ácidos pirúvicos en la etapa termófila y a la descomposición del nitrógeno presente en el material orgánico formándose amoniaco que por la humedad se diluye formando amonio”. Los valores de la desviación estándar son bajos lo que indica que no existe diferencias significativas.

La conductividad eléctrica de las 4 camas estuvo dentro de los rangos de la norma U.S. Composting ($CE > 1$), la VC1 tuvo mayor contenido de conductividad eléctrica y con el menor contenido es la VC3. Además, la VC1 tiene el valor más alto en la desviación estándar lo que indica que tiene mayor variabilidad de datos.

La humedad de las camas al finalizar el proceso se encuentra entre 58,6 – 59,9 % lo que indicó que no cumplió con el criterio de la norma U.S. Composting considerando que la muestra analizada era fresca.

De manera general la materia y el carbono orgánico total disminuyeron debido a que hubo una mayor degradación es decir una mayor desintegración de los materiales orgánicos iniciales. Según la (Tabla 20-4) se observó que el mayor contenido de MO y COT está en la VC3 y el menor contenido en la VC2 sin embargo estos parámetros cumplen con la norma U.S. Composting, respecto al porcentaje de ceniza este aumento en las 4 camas. Para el nitrógeno de igual manera disminuyó al valor inicial y se encuentra en un porcentaje máximo de 2,08% en la VC1, la relación C/N se encuentra en el rango de 10,38 – 11,68%, siendo la VC4 con mayor contenido de igual manera estos cumplieron con el límite establecido en la normativa.

Los macronutrientes como Na, K y P, el Na se encuentra en un rango de 0,47 – 0,62 % donde la VC1 tiene el mayor contenido y el más bajo la VC4, en cambio el K está en el rango de 0,87 – 0,99 el valor más alto se encuentra en la VC1 y el más bajo en la VC2, finalmente para el K se obtuvo el siguiente rango 0,49 – 0,64 este sigue el mismo patrón de comportamiento que el Na. Y los micronutrientes que se declaran en el vermicompost son los siguientes Mn, Mg, Ca y Fe, el Mn se encuentra en valor mínimo de 0,02% en las 4 camas, para el Mg se obtuvo el siguiente rango de valores 1,08 – 3,36% correspondiendo el valor más bajo a la VC3 y el más alto a la VC2, para el caso del Ca se consiguió el rango entre 0,46 – 0,65% siendo la VC1 con el porcentaje alto y la VC2 el porcentaje bajo, y por el último el Fe con el rango entre 0,58 – 1,50%, teniendo la VC1 el valor alto de porcentaje y el valor bajo la VC4. Con los datos obtenidos se declara que la

VC1 es la que mayor contenido de macro y micronutrientes posee. La desviación estándar de los datos varía significativamente.

En cuanto a los metales pesados que se analizaron Cd, Cr y Ni, estos se compararon con el límite máximo de metales pesados del Real Decreto 506/2013 que nos permitió ver qué clase de vermicompost es y su finalidad. Se obtuvieron las medias de las camas para conocer las cantidades en las que se encontraban los metales pesados. En cuanto al Cd en las VC1, VC3 y VC4 existió presencia del metal, sin embargo, la VC2 tiene un valor bajo de 0,15 mg/kg. Para el Cr se evidencio que el valor promedio más alto fue de 37,11 mg/Kg en la VC1 y el valor más bajo de 25,10 mg/Kg en la VC4. En el caso del Ni de igual manera en las camas VC2, VC3 y VC4 no presentó cantidades significativas del metal en las muestras analizadas, mientras que en la VC1 se encuentra en un valor bajo de 1,80 mg/Kg.

Según el Real Decreto 506/2013 el vermicompost de las 4 camas pertenece a un abono de clase A, se puede decir que es de alta calidad por lo cual puede ser aplicado directamente sobre el suelo siendo apto para la agricultura.

Tabla 4-6: Resultado de *E.coli*, coliformes y *salmonella*

Vermicompost	<i>Escherichia coli</i> (NPM/g)	<i>Coliformes</i> (NPM/g)	<i>Salmonella</i> (Presencia/Ausencia)
VC1	11	8	Ausencia
VC2	23	7	Ausencia
VC3	49	21	Ausencia
VC4	36	21	Ausencia

Realizado por: Chicaiza T, Quiroz J. 2023

De acuerdo con la normativa del Real Decreto 506/2013 los resultados demostrados en la (Tabla 4-6), se encuentran dentro de lo establecido.

4.6. Análisis físicos, químicos y microbiológicos del compost de la EMMAIPC

Tabla 4-7: Resultados físico – químicos del compost

Parámetro	Unidad	Compost			Media	Desviación estándar
		C1	C2	C3		
PH	-	8,65	8,59	8,87	8,7	0,15
Conductividad	mS/cm	4,91	4,16	4,5	4,52	0,38
Humedad	%	13,92	14,08	13,65	13,88	0,22
MO	%	36,3	39,71	36,3	37,44	1,97
Ceniza	%	63,7	60,29	63,7	62,56	1,97
COT	%	20,16	22,06	20,17	20,8	1,09
Nitrógeno total	%	3,55	3,64	3,61	3,6	0,05
Relación C/N	%	5,69	6,06	5,6	5,78	0,24
P	%	0,53	0,45	0,47	0,48	0,04
K	%	2,61	1,75	2,10	2,15	0,43
Na	mg/Kg	3454,62	2743,56	2831,14	3009,77	387,73
Mn	mg/Kg	155,66	183	172,82	170,49	13,82
Mg	mg/Kg	4544,58	6149,64	4458,86	5051,03	952,39
Ca	mg/Kg	11290,6	6032,46	8221,64	8514,9	2641,31
Fe	mg/Kg	13393	15054,6	17600,7	15349,4	2119,28
Cd	mg/Kg	0,4	0,76	1,08	0,75	0,34
Cr	mg/Kg	53,96	51,6	79,9	61,82	15,7
Ni	mg/Kg	108,08	71,06	62,66	80,6	24,17

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Según los resultados obtenidos (Tabla 4-7) se observó que el PH en las 3 muestras analizadas no varía significativamente entre sí tampoco se alejan del promedio por lo que existen valores de 8,59 hasta 8,87 superando los límites permisibles establecidos para compost (5 – 8,5) establecido para enmiendas de suelo según US Composting Council de acuerdo con Valverde-H (2018) quien en su estudio registro valores de 7,9 hasta 9,8 en el cual se compostó residuos vegetales con estiércol de cobaya.

Mientras que en la conductividad eléctrica se reportaron valores relativamente altos que van desde 4,16 hasta 4,91 mS/cm difiriendo representativamente con el promedio excepto la muestra C3 con un valor de 4,5 mS/cm en contraste con los resultados de 4×10^{-6} mS/cm obtenidos por López et al. (2017).

En cuanto a humedad se puede divisar que los valores difieren entre si ya que va desde 13,65 % hasta 14,08 % mientras que solo la muestra C2 sobrepasa al promedio (13,88) obtenido con un valor de 14,08, al tener un porcentaje de 13,88 % se encuentra dentro del límite establecido (14 % - en materia seca) por lo que al contrastar con Valverde – H (2018) es su estudio realizado obtuvo valores inferiores a 50 %, debido a que el porcentaje de humedad depende de las características de la materia prima con la que se trabajó y del tipo de muestra empleado.

En materia orgánica (MO) se puede registrar valores de 36,30 % hasta 39,71 % los mismos que no se aproximan al promedio 37,44 % ya que C1 y C3 han registrado valores inferiores mientras que C2, según Román, Martínez & Pantoja (2013) en su Manual del compostaje del agricultor registrado en la FAO mencionan que el límite permisible en un compost maduro para este parámetro es de >20 % por lo tanto el compost fabricado por la EMMAIP-EP cumple con este rango establecido (Tabla 22-4).

En cuanto a ceniza (Cen) se puede ver valores de 60,29 % hasta 63,70 % siendo el de la muestra C2 el valor más bajo con 60,29, en cuanto al promedio 62,56 % se puede evidenciar que ninguna de las muestras analizadas se aproxima ya que son valores relativamente altos como en las muestras C1 y C3 con 63,70% y la otra es inferior al valor establecido.

En carbono orgánico total (COT) se puede visualizar valores de 20,17 % hasta 22,06 % registrándose un promedio de 20,8 %, al cual no se aproximan ninguna de las muestras analizadas ya que sus valores son inferiores en C1 y C3 con 20,17 % mientras que C2 con 22,06 % sobrepasa este valor. Al contrastar con el estudio realizado por Valverde (2018) el mismo que registra un valor aproximado de 26 % de COT se puede evidenciar que nuestro compost analizado presento valor de 20,8 % siendo significativamente bajo en comparación con el autor, pero no sobrepasa el límite establecido por la U.S. Composting.

La relación carbono nitrógeno registró valores de 5,6 hasta 6,06 con un promedio de 5,78, al cual solo la muestra C1 se aproxima con un valor de 5,69 también se evidencio una desviación de 0,24 lo que nos indicó que los valores difieren considerablemente. En cuanto a los límites permisibles en la (Tabla 7-2) establecido para relación C/N es de 10-25%, por lo tanto, el valor registrado no sobrepasa.

En los macronutrientes como fósforo (P) se observó valores de 0,45 hasta 0,53% con un promedio de 0,48 % por lo que, al contrastar con Román, Martínez & Pantoja (2013) establece un porcentaje de 0,1 % - 1,0 %, es decir, de 1 gramo a 10 gramos por kilogramo de compost, al tener un 0,48 % nuestro fosforó no sobrepasa el límite. Mientras que potasio (K) reportó valores de 1,75 %

hasta 2,61 el promedio de las 3 muestras analizadas fue de 2,15 %. Al analizar con los límites establecidos por los autores antes mencionados que es de 0,3 % - 1,0 %, se evidenció que el compost de la EMMAIP-EP al registrar un 2,15% lo superó.

Sodio (Na) registró valores de 2743,56 mg/Kg hasta 3454,62 mg/Kg y un promedio de 3009,77 mg/Kg, también se reportó un porcentaje de 0,30 %. El manganeso (Mn) registró valores de 155,66 mg/Kg hasta 183 mg/Kg con un promedio de 170,49 mg/Kg, además se observó que las muestras C1, C2 y C3 no se aproximan al valor referencial. También para magnesio (Mg) se registraron valores de 4544,58 mg/Kg hasta 6149,64 mg/Kg con un promedio de 5051,03 mg/Kg, al contrastar con Valverde- H (2018) se evidencio que los valores obtenidos en el compost de la EMMAIPC-EP sobrepasan significativamente, mientras que no se especifican límites permisibles.

En cuanto a calcio (Ca) se observó valores de 6032,46 mg/Kg, 8221,64 mg/Kg y 11290,6 mg/Kg con un promedio de 8514,90 mg/Kg, su desviación estándar fue de 952,39 lo que nos indicó que existe diferencias muy altas entre cada uno de los datos que fueron analizados. Además, para hierro se reportó valores de 13393 mg/Kg hasta 17600 mg/Kg con un promedio de 15349,43 mg/Kg con una desviación estándar de 2119,28 la cual demostró la gran diferencia entre cada resultado obtenido en las 3 muestras analizadas. Según Valverde – H (2018) en su experimento registro valores de 6040 mg/Kg y 3350 mg/Kg, por lo tanto, se observó que el compost analizado tuvo un valor relativamente alto en comparación al autor mencionado.

Para metales pesados como cadmio (Cd) se reportó valores de 0,4 mg/Kg hasta 1,08 mg/Kg con un promedio de 0,75 mg/Kg, según los criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos (Tabla 6-2) se establecen límites para un abono de clase A de 0,70 mg/Kg, 2 mg/Kg para un abono de clase B, por lo tanto, el compost no superó este límite permisible con un valor de 0,75 mg/Kg logrando ser un abono de clase B. En cromo se observó valores de 51,60 mg/Kg hasta 79,90 mg/Kg con un promedio de 61,82 mg/Kg, según lo valores de límite máximo de metales pesados (Tabla 6-1) se registró valores de 70 mg/Kg para un abono de clase A, de esta manera, el compost en este micronutriente no sobrepaso este límite establecido. Para níquel (Ni) se registró valores de 62,66 mg/Kg hasta 108,08 mg/Kg con un promedio de 80,60 mg/Kg, este parámetro tiene un límite permisible de 25 mg/Kg para un abono de clases A mientras que para un abono de clase B se establece un valor máximo de 90 mg/Kg, de esta manera el compost alcanzó una clasificación de clase B.

Tabla 4-8: Resultado de E.coli, coliformes y salmonella

Compost	<i>Escherichia coli</i>	<i>Coliformes</i>	<i>Salmonella</i>
	(NPM/g)	(NPM/g)	(Presencia/Ausencia)
C	4	0	Ausencia

Realizador por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023

Según los resultados obtenidos (Tabla 4-8) se reportó presencia de *Escherichia coli* un valor de 4 NPM/g, pero ausencia de *Coliformes* también se evidenció ausencia de *Salmonella*.

Tabla 4-9: Contraste de compost EMMAIPC-EP y vermicompost Eisenia fetida

Parámetro	Unidad	Compost	Vermicompost
pH	-	8,7	8,27
Conductividad	mS/cm	4,52	2,83
Humedad	%	13,88	59,5
MO	%	37,44	39,77
Cen	%	62,56	60,23
COT	%	20,8	22,1
Nitrógeno	%	3,6	2
Relación C/N	%	5,78	11,09
P	%	0,48	0,56
K	%	2,15	0,93
Na	mg/Kg	3009,77	5157,14
Mn	mg/Kg	170,49	179,63
Mg	mg/Kg	5051,03	21915,4
Ca	mg/Kg	8514,9	5754,96
Fe	mg/Kg	15349,43	9125,19
Cd	mg/Kg	0,75	0
Cr	mg/Kg	61,82	32,43
Ni	mg/Kg	80,6	0

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023

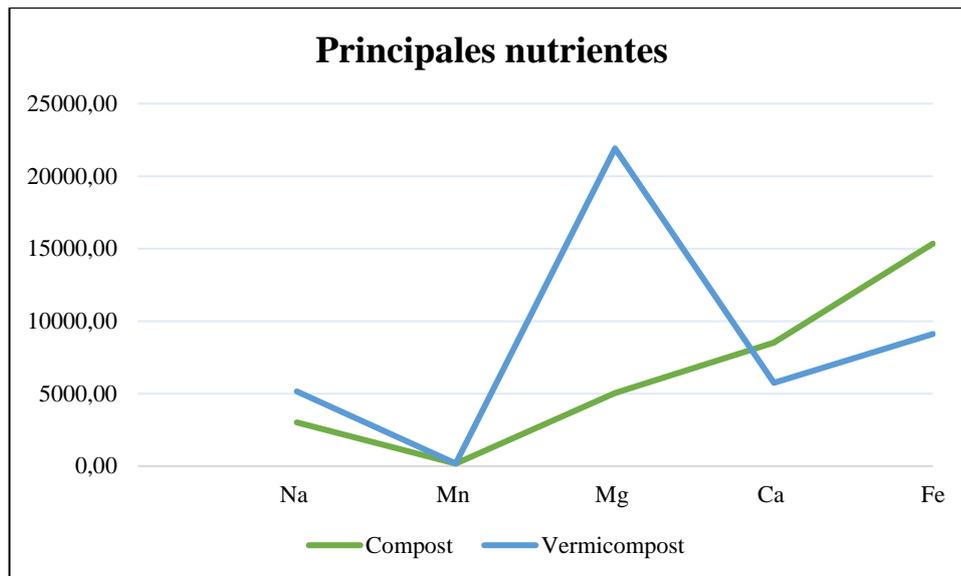


Ilustración 4-7: Comportamiento de los nutrientes del compost - vermicompost

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

Según los resultados obtenidos (Tabla 4-9) se observa que el pH del compost es más alcalino con un valor de 8,70 mientras que del vermicompost se acerca más a los límites permisibles con 8,27 de acuerdo con Fernández Miriam, (2017). También se visualizó que la conductividad eléctrica (CE) es mayor en el compost con 4,52 mS/cm, esto se debe a diferentes factores como la salinidad pues esta aumenta la CE, así como, el vermicompost se aproxima a la neutralidad por lo que mantiene una CE baja de 2,83 mS/cm, pero los dos alcanzan el límite permisible (1,25 – 6 mS/cm). En cuanto a humedad se reportó valores de 13,88 % para el compost cumpliendo la norma (Tabla 2-6) con un valor límite de 14% en masa, del mismo modo, el vermicompost obtuvo un valor de 59,50 % analizado en muestra fresca.

Para materia orgánica (MO) se registró valores de 37,44% para compost y 39,77% para vermicompost teniendo un mayor porcentaje el vermicompost, pero los dos abonos orgánicos cumplen con los límites permisibles según la autora Fernández Miriam, (2017) con valores que pueden estar en el rango de 30 a 50% de materia orgánica. De igual manera, para ceniza (Cen) se obtuvo valores de 62,56 % en compost y 60,23% en vermicompost la misma que aporta ciertos macronutrientes, para carbono orgánico total (COT) se visualizó valores de 20% en compost y 22,10% en vermicompost, de igual manera se evidencio que existe mayor materia orgánica en el valor más alto.

En el contenido de nitrógeno total se establecen un límite de 2% respectivamente, por lo que se observó que el valor reportado por el compost de 3,60% supera este mientras que vermicompost con 2% no sobrepasa. Por lo contrario, la relación carbono nitrógeno (C/N) con 5,78 en compost

y 11,09 en vermicompost no superan el límite establecido (Tabla 2-3) en el que se declara que la relación carbono nitrógeno no debe ser mayor de 15.

Para fósforo (P) se reportó en compost un valor de 0,48% y 0,56% en vermicompost cumpliendo los dos con los límites permisibles según Román, Martínez & Pantoja (2013) en su Manual de compostaje del agricultor menciona que va desde 0,1% hasta 1%, mientras que potasio (K) supera este límite (0,3% - 1,5%) en compost con 2,15% y vermicompost la cumple con 0,93%. En sodio (Na) se evidenció que el vermicompost tiene mayor cantidad con un valor de 5157,14 mg/Kg en contraste con el compost que registro 3009,77 mg/Kg, pero no se conoce un límite que se establezca para este parámetro. De la misma manera se observó que para manganeso (Mn), magnesio (Mg) se registró valores bajos 170,49 mg/Kg (Mn), 5051,03 mg/Kg (Mg) en compost y más altos en vermicompost 179,63 mg/Kg (Mn), 21915,19 mg/Kg (Mg), en cuanto a calcio (Ca) se reportó un valor alto para compost con 8514,90 mg/Kg en comparación con vermicompost, de igual modo sucedió con hierro (Fe) que registró un valor relativamente alto en compost con 15349,43 mg/Kg.

En cuanto a micronutrientes se observó que cadmio (Cd), cromo (Cr) y níquel (Ni) en vermicompost registraron los valores más bajos clasificando para ser un abono de clase A mientras que, compost registro valores que superan los límites establecidos para abonos de clase A por el Real Decreto 506 (2013) plasmados en la Tabla 6-1, por lo que se clasifico como un abono de clase B, la calidad de estos abonos dependen de los residuos con los que se trabajen como materia prima, los parámetros de control durando todo el proceso y las condiciones en las que se desarrollaron, también se evidencio que las actividades de *Esenia Fetida* y la actividad microbiana favorecieron el proceso por lo que se obtuvo un abono de clase A, de la misma manera se observa que microorganismos como *Escherichia coli*, *coliformes* y *salmonella* cumplen son la normativa establecida en los dos abonos orgánico.



Ilustración 4-8: Compost EMMAIPC y vermicompost obtenido

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

4.7. Guía técnica para vermicompostaje

Se elaboró una guía técnica con palabras muy sencillas, comunes y entendibles, para los comerciantes que trabajan en el Mercado el Vergel de la ciudad de Cañar puedan replicarlo en cada uno de sus lugares de orígenes. Además, para que se pueda de esta manera como su nombre menciona dar una oportunidad nueva a los residuos orgánicos, puesto que, estos aún pueden ser aprovechados para elaborar abonos naturales que son de muy buena calidad si se da un adecuado tratamiento también nos recalca la importancia que tiene la clasificación desde el interior del mercado ya que facilita el proceso. También la baja complejidad de la guía es porque se pensó en las personas que desconocen sobre el tema y no tengan problemas al querer replicarlo.



Ilustración 4-9: Guía técnica

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

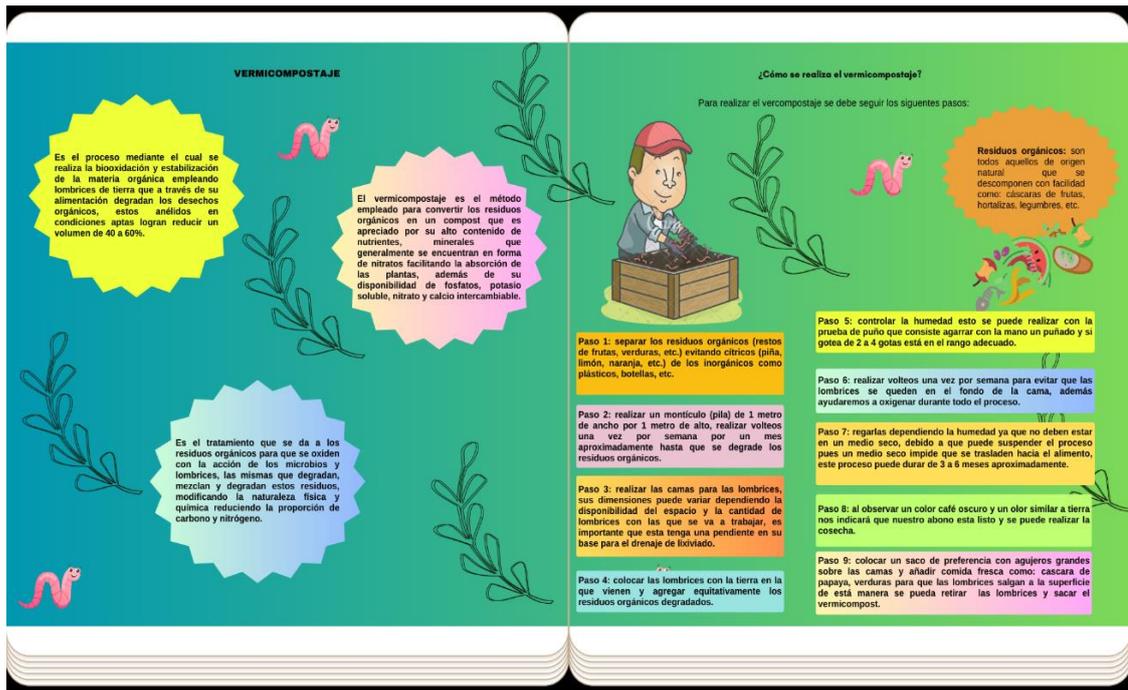


Ilustración 4-10: Guía técnica

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

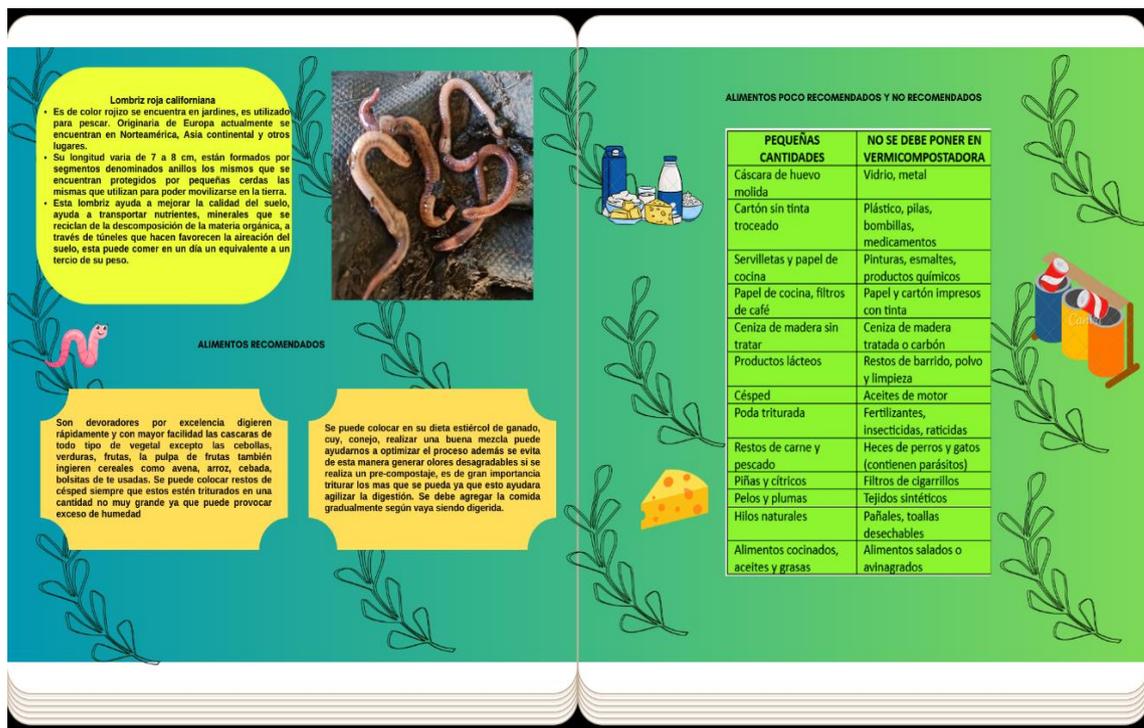


Ilustración 4-11: Guía técnica

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.



Ilustración 4-12: Guía técnica

Realizado por: Chicaiza, T.; Quiroz, J., 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se caracterizó los residuos orgánicos del mercado El Vergel que genera semanalmente 1037,25 Kg en promedio, siendo así los residuos generados caracterizados en orgánicos como: frutas, verduras, hierbas, cárnicos y restos de comida donde los residuos de frutas y verduras son producidos en mayor cantidad. Con relación a la composición físico y química, los contenidos promedios son PH 9,01, conductividad 8,78 ms/cm, humedad 76,14 %, materia orgánica 47,79 %, ceniza 52,21 %, carbono orgánico total 26,55 %, nitrógeno total 2,91 %, relación C/N 9,12 %, P 0,67% y K 0,93%.
- Se aplicó la técnica del vermicompostaje con los residuos orgánicos recolectados para la obtención de un abono orgánico el proceso tuvo una duración de 6 meses, la aplicación de la técnica requirió una secuencia de pasos iniciando con la recolección de los residuos orgánicos, el precompostaje, construcción de la vermicompostera, la adaptación de las lombrices, la elaboración de las camas, control de parámetros, cosecha del vermicompost y finalmente con los análisis respectivos del control de calidad. Con relación a la calidad del abono orgánico obtenido se denominó de clase A ya que se encontraba dentro de los límites permisibles por el Real Decreto 506, así mismo cumplió con los rangos establecidos por la norma U.S. Composting.
- Se contrastó el compost obtenido por la técnica del vermicompostaje realizado con los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado el Vergel del cantón Cañar con la ayuda de lombriz roja californiana logrando obtener un abono de clase A, debido a que todos sus micronutrientes como cadmio, níquel están ausentes mientras que cromo reportó 32,43mg/Kg, mientras que el compost elaborado por EMMAIPC-EP clasificó como un abono de clase B por el contenido de sus macronutrientes como cadmio con 0,75 mg/kg, níquel con 80,60 mg/Kg y cromo con 61,82 mg/Kg, de igual manera han cumplido todos los parámetros establecidos por el Real Decretó 506 para productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos.
- Se diseñó una guía técnica para la producción de un abono orgánico por medio del vermicompost, la misma que fue descrita a manera de un folleto con un lenguaje simple,

sencillo sin términos técnicos complejos para que los comerciantes, moradores y ciudadanos del sector urbano como del sector rural que desconocen la técnica puedan replicarla, de este modo, disminuye la producción de residuos orgánicos generados también se elabora un abono orgánico libre de químicos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los comerciantes realizar una clasificación de los residuos desde la fuente es decir desde su puesto, para evitar mezclar residuos sólidos y residuos líquidos que se generan en los tachos recolectores, además de dar el uso adecuado de los mismos.
- Se recomienda tener un adecuado control de parámetros en los procesos ya que un mal manejo de estos afecta de forma directa a la calidad del abono.
- Se recomienda a los encargados del proceso del compostaje de la EMMAIPC-EP tener un control más estricto durante el proceso para lograr disminuir los niveles de metales, controlar la temperatura en la última etapa para que no exista presencia de *Salmonella* ya que en grandes cantidades puede causar contaminación a los cultivos.
- Se recomienda a los comerciantes que hacen uso del mercado el Vergel del cantón Cañar y los pobladores aledaños clasificar de manera adecuada los residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, ya que de esta manera se puede mejorar los procesos realizados por la EMMAIPC-EP, además se puede producir un mejor abono orgánico empleando la técnica plasmada en la guía de vermicompost.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA-DURÁN, Manuel. “Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de "Einsenia foetida"”. *Agronomía Costarricense* [en línea], 2012, vol.37(1), págs. 127-139. [Consulta: 14 noviembre 2022]. ISSN:0377-9424. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4391816>

AGROFLOR LOMBRICULTURA, & MEJÍA Pedro. *Manual de Lombricultura*. Chile: AGROFLOR. 2018. págs. 1-54.

AGROPENDIA. Lombriz roja californiana: vermicompost, proceso, beneficios. *AGROTENDENCIA* [en línea]. 2022. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/fertilizantes-y-abonos/la-lombriz-roja-californiana-y-elaboracion-de-vermicompost/>

AYILARA, M.S.; et al. “Waste management through composting: Challenges and potentials”. *Sustainability* [en línea], 2020, vol. 12(4456), págs. 1-23. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12114456>

CAI, L.; et al. “Vermicomposting with food processing waste mixtures of soybean meal and sugarcane bagasse”. *Environmental Technology and Innovation*, [en línea], 2022, vol. 28, págs. 1-11. [Consulta: 14 noviembre 2022]. ISSN 23521864. Disponible en: 10.1016/j.eti.2022.102699

CEDEÑO SALTOS, Karla Andreina. Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos, Patricia Pilar 2021 [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 2021. págs. 31-34. [Consulta: 2023-03-21]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6520/1/T-UTEQ-120.pdf>

CHIMBO ORELLANA, Victoria Estefanía. “Co-compostaje con poda de los lodos generados en el centro de faenamiento cantón Guaranda-provincia Bolívar” [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. págs. 43-58, [Consulta: 2023-03-25]. Disponible en: <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/10167>

ETHEREDGE, C.L., & WALICZEK, T.M. “An Analysis of the Quality of Compost Produced from Vermicomposting Fresh Cut Flower Waste 1”. *J. Environ. Hort* [en línea], 2022, vol. 40(2), págs. 87-93. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <http://meridian.allenpress.com/jeh/article-pdf/40/2/87/3087627/i2573-5586-40-2-87.pdf>

FERNANDEZ, Miriam. *Recomendaciones para elaborar compost y vermicompost a partir de restos vegetales*. Almería: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2017. págs. 1-22.

GALVIS GONZÁLES, José Ariel. “Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución”. *Revista Gestión y Región*, 2016, (22), págs. 110-112

GUAUQUE SÁNCHEZ, Diana Marcela. Comparación del proceso de vermicompostaje con la especie *Eisenia Fétida* desde la variación de los residuos orgánicos [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. 2017. págs. 1-20. [Consulta: 2023-05-03] Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16549/GuauqueSanchezDianaMarcela2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HAKHEEM, R.; et al. “Vermiculture, eco-friendly vermicompost and vermiwash also its influence in the soil nutrient, plant growth, and enhance yield especially Apple productivity in the Union territory”. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)* www.ijrar.org [en línea], 2021, vol. 8(4), págs. 366-377. [Consulta: 14 noviembre 2022]. ISSN 2349-5138. 2021. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/359064607>

KASAM, Iresha; et al. “Physical Parameters of Compost Made from Cattle Farming Waste Using Vermicomposting Method”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Publishing Ltd [en línea], 2021, vol. 933, págs. 1-10. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: 10.1088/1755-1315/933/1/012017

KOMAKECH, A.J.; et al. “Environmental impact from vermicomposting of organic waste in Kampala, Uganda”. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 181, págs. 395-402. 2016. [Consulta: 14 noviembre 2022]. ISSN 10958630. Disponible en: 10.1016/j.jenvman.2016.06.028.

MALDONADO Daniel, & VILLAVICENCIO JIMÉNEZ Kevin. Gestión integral de residuos y desechos sólidos en el Pueblo Cañari, a través del Mancomunamiento de GAD municipales de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis) Universidad Técnica Particular de Loja. [Consulta: 2022-12-21] Disponible en: <https://docplayer.es/153505210-Daniel-maldonado-kevin-jimenez-villavicencio-1.html>

MEJÍA HIDALGO, Estalin Fabián, & RAMOS ROMERO, Steven Stalin. Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la empresa pública municipal mancomunada de aseo de los cantones colta, alausi y guamote, mediante tratamientos biológicos. Compostaje, cocompostaje, vermicompostaje y takakura [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. págs. 5-51. [Consulta: 2023-04-12] Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/10799>

MONTOYA RENDÓN, Andrés Felipe. “Caracterización de residuos sólidos”. *Cuaderno ACTIVA*, vol. 1, n° 4 (2012). págs. 69-71.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Lombriz de tierra. *Nationalgeographic* [En línea]. 2010. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/animales/lombriz-de-tierra>.

NIQUINGA GUAMBO, Kleber Rolando. Compostaje de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Riobamba a escala semi-industrial [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. págs. 1-34. [Consulta: 2023-03-20] Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/17654>

OLLE, M. “Vermicompost, its importance and benefit in agriculture”. *Estonian Academic Agricultural Society*. Vol. 2 , n° 30 (2019). págs. 93-99.

ORTIGOSA RIVAS. Anatomy and physiology of the red worm. *Combox Flower* [en línea]. [Consulta: 15 noviembre 2022] Disponible en: <http://www.compostadores.com/eng/discover-composting/biodiversity-in-my-composter/296-anatomy-and-physiology-of-the-red-worm.html>

OVIEDO GALLEGO, Yezid. *Compostaje y lombricultivo* [en línea]. Córdoba, España: Red Educativa Descartes. 2022. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en https://issuu.com/icartesilibri/docs/compostaje_y_lombricultivo

RAZA, S.T.; et al. “Nutrients recovery during vermicomposting of cow dung, pig manure, and biochar for agricultural sustainability with gases emissions”. *Applied Sciences (Switzerland)* [en línea], 2020, vol. 10(24), págs. 1-16. [Consulta: 14 noviembre 2022]. ISSN 20763417. Disponible en: [10.3390/app10248956](https://doi.org/10.3390/app10248956)

UNCLE JIM’S. Finding the Right Mix of Food for Your Composting Worms. *UNCLE JIM’S WORM FARM* [en línea]. 2018. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://unclejimswormfarm.com/mix-food-composting-worms/>.

UNCLE JIM’S. The Anatomy of a Red Wiggler Composting Worm – *Eisenia fetida*. *The Anatomy of a red Wiggler* [en línea]. 2017. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://unclejimswormfarm.com/anatomy-red-wiggler-composting-worm/>.

VÁZQUEZ, Jacinto; et al. “The incorporation of organic amendments in the form of compost and vermicompost reduces the negative effects of monoculture in soils”. *Scientia Agropecuria* [En línea], 2020, vol.11(1), págs. 105-112. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n1/2077-9917-agro-11-01-00105.pdf>

VERMICAN. Soluciones de compostaje gestión ecológica de residuos orgánicos. *Vermican* [en línea]. S.f. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://ecompostaje.com/productos/compostador-modular-vermican/>

YATE SEGURA, A.V., & FUQUENE YATE, D.M. Vermicompostaje en el manejo de los residuos sólidos urbanos. *Hemeroteca* [en línea]. 2017. [Consulta: 12 enero 2022] Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/1816>.



ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Recolección de los residuos sólidos orgánicos en el Mercado El Vergel



Preparación de la muestra de residuos sólidos orgánicos para sus respectivos análisis



ANEXO B: TRITURACIÓN Y FORMACIÓN DE LA PILA DE PRECOMPOSTAJE

Proceso de trituración de los residuos sólidos orgánicos en el Centro de Gestión

Yurakasha



Residuos triturados y formación de la pila

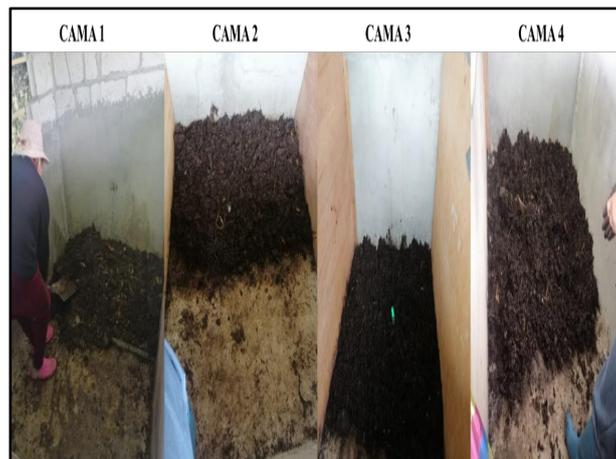


ANEXO C: CONSTRUCCIÓN DEL VERMICOMPOSTADOR Y ELABORACIÓN DE CAMAS

Estructura del vermicompostador Honorato Vázquez - Cañar



Camas elaboradas en el vermicompostador



ANEXO D: ANÁLISIS REALIZADOS EN LABORATORIOS

Medición del pH de las muestras obtenidas



Medición de la conductividad eléctrica



Análisis de parámetros relacionados con la materia orgánica



Análisis del nitrógeno



Digestión ácida de las muestras para análisis de metales



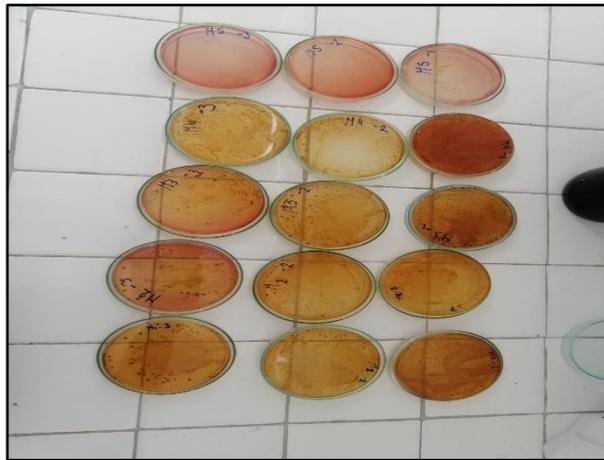
Lectura de metales en el equipo fotómetro de llama



Conteo de *E.coli* y coliformes



Presencia / Ausencia *Salmonella*



ANEXO E: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES



Nombre Operador: Lab. Investigación
 Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\IPOTASIO\ITANIA CHICAIZA.SLR



Part of Thermo Fisher Scientific
 Fecha Informe: 22/5/2023 01:12:42

Parámetros Generales

Operador: Lab. Investigación Modo Instrum. Llama
 Automuestr.: Ningún Dilución: Ninguna
 User SFI: No

Registro trazabilidad método

22/5/2023 01:04:55 Lab. Investigación: DESKTOP-0SLSK6
 Registro creado

Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 22/5/2023
 Nombre Operador: Lab. Investigación
 Resultados Test OQ Actual: No disponible

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30
 Resultados Test PQ Actual: No disponible

Elemento(s)

Na K
 Horas lámp. Deuterio: 656.08

Información lámp.

nº de Serie	mA Horas
n/a	n/a

Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Masa Muestra	Relac. Dilución
1	COMPOST-1	1.0000	1.0000	100.0000
2	COMPOST-2	1.0000	1.0000	100.0000
3	COMPOST-3	1.0000	1.0000	100.0000
4	ID Muestra 4	1.0000	1.0000	1.0000
5	ID Muestra 5	1.0000	1.0000	1.0000

Registro de trazabilidad Análisis

22/5/2023 01:04:55 Lab. Investigación: DESKTOP-0SLSK6
 Registro creado
 22/5/2023 01:12:32 Lab. Investigación: DESKTOP-0SLSK6
 Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Parámetros Espectróm. - K

Elemento: K
 Long. onda: 766.5nm
 Corrección Fondo: Apagado
 Tipo Señal: Continuo
 Tiempo Medida: 4.0sg
 User Test RSD : No

Modo Medida: Absorbancia
 Rendija: 0.5nm
 Alta Resolución: Apagado
 Re-muestras: Rápido
 Modo Rechazo Datos: No

Corriente lámp.: 100%
 Optimizar Parámetros Espectróm.: No
 Nº de Re-muestras: 1

Parámetros Llama - K

Tipo Llama: Aire-C2H2
 Toma del Nebuliz.: 4sg
 Altura Mechero: 7.0mm

Flujo Combust.: 1.0L/min
 Estabiliz. Mechero: 0mins
 Optimiz. Altura Mechero: No

Oxidante Auxiliar: Apagado
 Optimiz. Flujo Combust.: No

Parámetros muestreo - K

Muestreo: Ninguna

Estación Datos SOLAAR V11.09

pág.1 - Resultados

SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 01:12:42

Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\IPOTASIO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Calibrac. - K

Modo Calibrac.: Normal
Unidades Concentrac.: mg/L
Ajuste Aceptable: 0.990

Ajuste Lineal: Linear
Unidades Escala: mg/L
Re-escalar Limite: 10.0%

Usar Calibr. Almacenada: No
Factor Escala: 1.0000
Acción Fallida: Señalizar y continuar

Estándar1 0.2000
Estándar2 0.4000

Estándar3 1.0000
Estándar4 2.0000

Registro de trazabilidad Elemento - K

No cambios registr. para este elemento

Result. Disolución - K

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
K Blanco	0.0106		0.0000	
K Estándar 1	0.1468		0.2000	
K Estándar 2	0.2359		0.4000 U	
K Estándar 3	0.5356		1.0000	
K Estándar 4	0.9378		2.0000	
K COMPOST-1	0.6394		1.3026	130.2571
K COMPOST-2	0.4433		0.8732	87.3166
K COMPOST-3	0.5234		1.0487	104.8654



Nombre Operador: Lab. Investigación

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\SODIO\TANIA CHICAIZA.SLR

Fecha Informe: 22/5/2023 12:56:27

Parámetros Generales

Método:

Operador: Lab. Investigación

Modo Instrum.: Llama

Automuestr.: Ningún

Dilución: Ninguna

Usar SFI: No

Registro trazabilidad método

22/5/2023 12:49:55 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 22/5/2023

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30

Nombre Operador: Lab. Investigación

Resultados Test OQ Actual: No disponible

Resultados Test PQ Actual: No disponible

Información lámp.

Elemento(s)

nº de Serie

mA Horas

Na K

n/a

n/a

Horas lámp. Deuterio: 655.83

Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Relac. Dilución
1	COMPOST-1	Masa Muestra 1.0000	10.0000
2	COMPOST-2	1.0000	10.0000
3	COMPOST-3	1.0000	10.0000
4	ESTANDAR	1.0000	1.0000
5	ID Muestra 5	1.0000	1.0000

Registro de trazabilidad Análisis

22/5/2023 12:49:55 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

22/5/2023 12:56:19 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Parámetros Espectróm. - Na

Elemento: Na

Modo Medida: Absorbancia

Corriente lámp.: 75%

Long. onda: 589.0nm

Rendija: 0.2nm

Optimizar Parámetros Espectróm.: No

Corrección Fondo: Apagado

Alta Resolución: Apagado

Nº de Re-muestras: 1

Tipo Señal: Continuo

Re-muestras: Rápido

Tiempo Medida: 4.0sg

Modo Rechazo Datos: No

Usar Test RSD: No

Parámetros Llama - Na

Tipo Llama: Aire-C2H2

Flujo Combust.: 1.0L/min

Oxidante Auxiliar: Apagado

Toma del Nebuliz.: 4sg

Estabiliz. Mechero: 0mins

Optimiz. Flujo Combust.: No

Altura Mechero: 7.0mm

Optimiz. Altura Mechero: No

Parámetros muestreo - Na

Muestreo: Ninguna

SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 12:56:27

Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\SODIO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Calibrac. - NaModo Calibrac.: Normal
Unidades Concentrac.: mg/L
Ajuste Aceptable: 0.995Ajuste Lineal: Linear
Unidades Escala: mg/L
Re-escalar Limite: 10.0%Usar Calibr. Almacenada: No
Factor Escala: 1.0000
Acción Fallida: Señalizar y continuar

Estándar 1	0.2000	Estándar 3	1.0000
Estándar 2	0.4000	Estándar 4	2.0000

Registro de trazabilidad Elemento - Na

No cambios registr. para este elemento

Result. Disolución - Na

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Na Blanco	0.0213		0.0000	
Na Estándar 1	0.2571		0.2000	
Na Estándar 2	0.4334		0.4000 U	
Na Estándar 3	0.9208		1.0000 U	
Na Estándar 4	1.5244		2.0000 U	
Na COMPOST-1	1.3735		1.7273 U	17.2731 U
Na COMPOST-2	1.1116		1.3718 U	13.7178 U
Na COMPOST-3	1.1438		1.4156 U	14.1557 U
Na ESTANDAR	0.9120		1.1009 U	1.1009 U

**Parámetros Generales**

Método:

Automuestr.: Ningún

Usar SFI: No

Operador: Lab. Investigación

Modo Instrum.: Llama

Dilución: Ninguna

Registro trazabilidad método

22/5/2023 01:31:29 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 22/5/2023

Nombre Operador: Lab. Investigación

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30

Resultados Test OQ Actual: No disponible

Resultados Test PQ Actual: No disponible

Información lámp.

Elemento(s)

Ca Mg

nº de Serie

n/a

mA Horas

n/a

Horas lámp. Deuterio: 656.58

Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	
		Masa Muestra	Relac. Dilución
1	COMPOST-1	1.0000	50.0000
2	COMPOST-2	1.0000	50.0000
3	COMPOST-3	1.0000	50.0000
4	ESTANDAR	1.0000	1.0000
5	ID Muestra 5	1.0000	1.0000

Registro de trazabilidad Análisis

22/5/2023 01:31:29 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

22/5/2023 01:38:01 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Parámetros Espectróm. - Mg

Elemento: Mg

Long. onda: 285.2nm

Corrección Fondo: D2

Tipo Señal: Continuo

Tiempo Medida: 4.0sg

Usar Test RSD: No

Modo Medida: Absorbancia

Rendija: 0.5nm

Alta Resolución: Apagado

Re-muestras: Rápido

Modo Rechazo Datos: No

Corriente lámp.: 75%

Optimizar Parámetros Espectróm.: No

Nº de Re-muestras: 1

Parámetros Llama - Mg

Tipo Llama: Aire-C2H2

Toma del Nebuliz.: 4sg

Altura Mechero: 7.0mm

Flujo Combust.: 1.0L/min

Estabiliz. Mechero: 0mins

Optimiz. Altura Mechero: No

Oxidante Auxiliar: Apagado

Optimiz. Flujo Combust.: No

Parámetros muestreo - Mg

Muestreo: Ninguna

SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 01:38:07

Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\MAGNESIO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Calibrac. - Mg

Modo Calibrac.: Normal
Unidades Concentrac.: mg/L
Ajuste Aceptable: 0.990
Estándar1 0.1000
Estándar2 0.2000

Ajuste Lineal: Linear
Unidades Escala: mg/L
Re-escalar Límite: 10.0%
Estándar3
Estándar4

Usar Calibr. Almacenada: No
Factor Escala: 1.0000
Acción Fallida: Señalizar y continuar
0.5000
1.0000

Registro de trazabilidad Elemento - Mg

No cambios registr. para este elemento

Result. Disolución - Mg

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Mg Blanco	0.0055		0.0000	
Mg Estándar 1	0.0783		0.1000	
Mg Estándar 2	0.1396		0.2000	
Mg Estándar 3	0.2889		0.5000	
Mg Estándar 4	0.5176		1.0000	
Mg COMPOST-1	0.2534		0.4545	22.7229
Mg COMPOST-2	0.3339		0.6150	30.7482
Mg COMPOST-3	0.2491		0.4459	22.2943
Mg ESTANDAR	0.1312		0.2110	0.2110



Nombre Operador: Lab. Investigación
Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\MANGANESO\TANIA CHICAIZA.SLR

Fecha Informe: 22/5/2023 03:14:24

Parámetros Generales

Método:
Automuestr.: Ningún
Usar SFI: No

Operador: Lab. Investigación

Modo Instrum.: Llama
Dilución: Ninguna

Registro trazabilidad método

22/5/2023 03:07:43 Lab. Investigación: DESKTOP-08SLSK6
Registro creado

Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 22/5/2023
Nombre Operador: Lab. Investigación

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30

Resultados Test OQ Actual: No disponible

Resultados Test PQ Actual: No disponible

Información lámp.

Elemento(s)
Cu Fe Mn Zn

nº de Serie
n/a

mA Horas
n/a

Horas lámp. Deuterio: 658.08

Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Masa Muestra	Relac. Dilución
1	COMPOST-1	1.0000	1.0000	1.0000
2	COMPOST-2	1.0000	1.0000	1.0000
3	COMPOST-3	1.0000	1.0000	1.0000
4	ESTANDAR	1.0000	1.0000	1.0000
5	ID Muestra 5	1.0000	1.0000	1.0000

Registro de trazabilidad Análisis

22/5/2023 03:07:43 Lab. Investigación: DESKTOP-08SLSK6
Registro creado

22/5/2023 03:14:17 Lab. Investigación: DESKTOP-08SLSK6
Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Parámetros Espectróm. - Mn

Elemento: Mn
Long. onda: 279.5nm
Corrección Fondo: D2
Tipo Señal: Continuo
Tiempo Medida: 4.0sg
Usar Test RSD : No

Modo Medida: Absorbancia
Rendija: 0.2nm
Alta Resolución: Apagado
Re-muestras: Rápido
Modo Rechazo Datos: No

Corriente lámp.: 75%
Optimizar Parámetros Espectróm.: No
Nº de Re-muestras: 1

Parámetros Llama - Mn

Tipo Llama: Aire-C2H2
Toma del Nebuliz.: 4sg
Altura Mechero: 7.0mm

Flujo Combust.: 1.0L/min
Estabiliz. Mechero: 0mins
Optimiz. Altura Mechero: No

Oxidante Auxiliar: Apagado
Optimiz. Flujo Combust.: No

Parámetros muestreo - Mn

Muestreo: Ninguna

SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 03:14:24

Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\MANGANESO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Calibrac. - Mn

Modo Calibrac.: Normal
Unidades Concentrac.: mg/L
Ajuste Aceptable: 0.990
Estándar1
Estándar2

Ajuste Lineal: Linear
Unidades Escala: mg/L
Re-escalar Límite: 10.0%
Estándar3
Estándar4

Usar Calibr. Almacenada: No
Factor Escala: 1.0000
Acción Fallida: Señalizar y continuar
1.0000
2.0000

Registro de trazabilidad Elemento - Mn

No cambios registr. para este elemento

Result. Disolución - Mn

ID Muestra	Señal	Rsd	Conc.	Conc. Corregida
	Abs	%	mg/L	mg/L
Mn Blanco	-0.0004		0.0000	
Mn Estándar 1	0.0210		0.2000	
Mn Estándar 2	0.0466		0.4000	
Mn Estándar 3	0.1202		1.0000	
Mn Estándar 4	0.2457		2.0000	
Mn COMPOST-1	0.0938		0.7783	0.7783
Mn COMPOST-2	0.1108		0.9150	0.9150
Mn COMPOST-3	0.1044		0.8641	0.8641
Mn ESTANDAR	0.1156		0.9539	0.9539



Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 01:23:47

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\CALCIO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Generales

Método:

Operador: Lab. Investigación

Modo Instrum.: Llama

Automuestr.: Ningún

Dilución: Ninguna

Usar SFI: No

Registro trazabilidad método

22/5/2023 01:15:43 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6
Registro creado

Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 22/5/2023

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30

Nombre Operador: Lab. Investigación

Resultados Test OQ Actual: No disponible

Resultados Test PQ Actual: No disponible

Información lámp.

Elemento(s)

nº de Serie

mA Horas

Ca Mg

n/a

n/a

Horas lámp. Deuterio: 656.33

Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Relac. Dilución
		Masa Muestra	
1	COMPOST-1	1.0000	50.0000
2	COMPOST-2	1.0000	10.0000
3	COMPOST-2	1.0000	50.0000
4	COMPOST-3	1.0000	50.0000
5	ESTANDAR	1.0000	1.0000

Registro de trazabilidad Análisis

22/5/2023 01:15:43 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

22/5/2023 01:23:36 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Parámetros Espectróm. - Ca

Elemento: Ca

Modo Medida: Absorbancia

Long. onda: 422.7nm

Rendija: 0.5nm

Corriente lámp.: 100%

Corrección Fondo: Apagado

Alta Resolución: Apagado

Optimizar Parámetros Espectróm.: No

Tipo Señal: Continuo

Re-muestras: Rápido

Nº de Re-muestras: 1

Tiempo Medida: 4.0sg

Modo Rechazo Datos: No

Usar Test RSD: No

Parámetros Llama - Ca

Tipo Llama: Aire-C2H2

Flujo Combust.: 1.0L/min

Oxidante Auxiliar: Apagado

Toma del Nebuliz.: 4sg

Estabiliz. Mechero: 0mins

Optimiz. Flujo Combust.: No

Altura Mechero: 11.0mm

Optimiz. Altura Mechero: No

Parámetros muestreo - Ca

Muestreo: Ninguna

SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 01:23:47

Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\CALCIO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Calibrac. - Ca

Modo Calibrac.: Normal
Unidades Concentrac.: mg/L
Ajuste Aceptable: 0.990

Ajuste Lineal: Linear
Unidades Escala: mg/L
Re-escalar Limite: 10.0%

Usar Calibr. Almacenada: No
Factor Escala: 1.0000
Acción Fallida : Señalizar y continuar
1.0000
2.0000

Estándar1 0.2000
Estándar2 0.4000

Estándar3
Estándar4

Registro de trazabilidad Elemento - Ca

22/5/2023 01:23:42 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6
COMPOST-2 01:21:40 : Borrado

Result. Disolución - Ca

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Ca Blanco	0.0006		0.0000 U	
Ca Estándar 1	0.0089		0.2000 U	
Ca Estándar 2	0.0156		0.4000 U	
Ca Estándar 3	0.0282		1.0000 U	
Ca Estándar 4	0.0484		2.0000 U	
Ca COMPOST-1	0.0297		1.1291 U	56.4530 U
Ca COMPOST-2	0.0216		0.7755 U	7.7551 U
Ca COMPOST-2	0.0177		0.6032 U	30.1623 U
Ca COMPOST-3	0.0227		0.8222 U	41.1082 U
Ca ESTANDAR	0.0265		0.9880 U	0.9880 U

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 03:24:37

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\HIERRO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Generales

Método:

Operador: Lab. Investigación

Modo Instrum.: Llama

Automuestr.: Ningún

Dilución: Ninguna

Usar SFI: No

Registro trazabilidad método

22/5/2023 03:16:34 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 22/5/2023

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30

Nombre Operador: Lab. Investigación

Resultados Test OQ Actual: No disponible

Resultados Test PQ Actual: No disponible

Información lámp.

Elemento(s)

nº de Serie

mA Horas

Cu Fe Mn Zn

n/a

n/a

Horas lámp. Deuterio: 658.33

Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Masa Muestra	Relac. Dilución
1	COMPOST-1	1.0000	1.0000	50.0000
2	COMPOST-2	1.0000	1.0000	50.0000
3	COMPOST-3	1.0000	1.0000	50.0000
4	ESTANDAR	1.0000	1.0000	1.0000
5	ID Muestra 5	1.0000	1.0000	1.0000

Registro de trazabilidad Análisis

22/5/2023 03:16:35 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

22/5/2023 03:24:31 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Parámetros Espectróm. - Fe

Elemento: Fe

Modo Medida: Absorbancia

Long. onda: 248.3nm

Rendija: 0.2nm

Corriente lámp.: 75%

Corrección Fondo: D2

Alta Resolución: Apagado

Optimizar Parámetros Espectróm.: No

Tipo Señal: Continuo

Re-muestras: Rápido

Nº de Re-muestras: 1

Tiempo Medida: 4.0sg

Modo Rechazo Datos: No

Usar Test RSD : No

Parámetros Llama - Fe

Tipo Llama: Aire-C2H2

Flujo Combust.: 0.9L/min

Oxidante Auxiliar: Apagado

Toma del Nebuliz.: 4sg

Estabiliz. Mechero: 0mins

Optimiz. Flujo Combust.: No

Altura Mechero: 7.0mm

Optimiz. Altura Mechero: No

Parámetros muestreo - Fe

Muestreo: Ninguna

SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 22/5/2023 03:24:37

Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\HIERRO\TANIA CHICAIZA.SLR

Parámetros Calibrac. - Fe

Modo Calibrac.: Normal
Unidades Concentrac: mg/L
Ajuste Aceptable: 0.990
Estándar Maestro: 5.0000
Estándar1
Estándar2

Ajuste Lineal: Linear
Unidades Escala: mg/L
Re-escalar Limite: 10.0%

Usar Calibr. Almacenada: No
Factor Escala: 1.0000
Acción Fallida : Señalizar y continuar

0.2000
0.4000

Estándar3
Estándar4

1.0000
2.0000

Registro de trazabilidad Elemento - Fe

No cambios registr. para este elemento

Result. Disolución - Fe

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Fe Blanco	-0.0003		0.0000	
Fe Estándar 1	0.0157		0.2000	
Fe Estándar 2	0.0311		0.4000	
Fe Estándar 3	0.0714		1.0000	
Fe Estándar 4	0.1358		2.0000	
Fe COMPOST-1	0.0925		1.3393	66.9649
Fe COMPOST-2	0.1037		1.5055	75.2731
Fe COMPOST-3	0.1209		1.7601	88.0034
Fe ESTANDAR	0.0306		0.4223	0.4223



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Tanya Magdalena Chicaiza García Juana Mercedes Quiroz Quintuña
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2035-DBRA-UPT-2023

