



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**TRATAMIENTO MEDIANTE VERMICOMPOSTAJE DE
RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO
HUAGRA CORRAL EN LA PARROQUIA IZAMBA, CANTÓN
AMBATO**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: CYNTHIA PAOLA OÑATE PACHECO

DIRECTOR: Dr. JULIO CÉSAR IDROVO NOVILLO PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

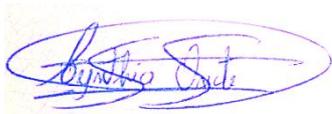
©2023, Cynthia Paola Oñate Pacheco

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

Yo, CYNTHIA PAOLA OÑATE PACHECO declaro que el presente Trabajo Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los resultados de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de mayo de 2023

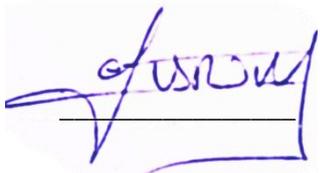


Cynthia Paola Oñate Pacheco

210039772-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, **TRATAMIENTO MEDIANTE VERMICOMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO HUAGRA CORRAL EN LA PARROQUIA IZAMBA, CANTÓN AMBATO**, realizado por la señorita: **CYNTHIA PAOLA OÑATE PACHECO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-18
Dr. Julio César Idrovo Novillo PhD. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-05-18
Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán PhD. ASESORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-05-18

DEDICATORIA

Dedicado para mis padres y hermanas quienes me brindaron su amor, apoyo, esfuerzo y sacrificio para que pudiera alcanzar mis metas propuestas.

Cynthia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fuerza y sabiduría que me permitió culminar este proyecto. A mis padres por sus consejos, esfuerzo y palabras de aliento que me ayudo a seguir adelante sin rendirme. A mis hermanas por el apoyo incondicional que me brindaron. De igual forma, agradezco al Grupo Asociado de Investigación en Biotecnología, Ambiente y Química (GAIBAQ) por la apertura a mi tema de investigación, especialmente al Dr. Julio Idrovo y a la Dra. Irene Gavilanes por apoyarme y guiarme en el desarrollo de este trabajo de titulación y un agradamiento profundo al Ing. Cristian Chuquín por el apoyo brindado. Finalmente quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas de sus aulas, darme la oportunidad de vivir nuevas experiencias y por formarme como profesional.

Cynthia

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Bases teóricas.....	4
1.2.1. Residuos.....	4
1.2.2. Residuos sólidos orgánicos.....	4
1.2.2.1. Clasificación de residuos sólidos orgánicos.....	4
1.2.3. Residuos sólidos orgánicos en mercados.....	5
1.2.4. Estiércol de cuy.....	6
1.2.4.1. Ventajas del uso de estiércol de cuy.....	6
1.2.5. Lombriz de tierra.....	7
1.2.5.1. Características de la lombriz de tierra.....	7
1.2.6. Humus de lombriz.....	8
1.2.7. Compostaje.....	8
1.2.7.1. Fases del compostaje.....	9
1.2.7.2. Fase de latencia y crecimiento.....	9
1.2.7.3. Fase termófila.....	9
1.2.7.4. Fase de maduración.....	9
1.2.8. Precompostaje.....	10
1.2.9. Vermicompostaje.....	11
1.2.9.1. Organismos implicados.....	12
1.2.9.2. Ventajas del vermicompostaje.....	12
1.2.9.3. Herramientas y requisitos.....	12
1.2.9.4. Etapas del vermicompostaje.....	13
1.2.9.5. Requerimiento para cultivar lombrices.....	14

1.2.9.6.	<i>Recomendaciones generales en el vermicompostaje</i>	15
1.2.9.7.	<i>Material orgánico ideal para el vermicompostaje</i>	15
1.2.9.8.	<i>Problemas en el vermicompostaje</i>	16
1.2.9.9.	<i>Usos del vermicompostaje</i>	16
1.2.10.	Base legal	17
1.2.10.1.	<i>Constitución de la Republica del Ecuador</i>	17
1.2.10.2.	<i>Reglamento al Código Orgánico de Ambiente</i>	17
1.2.11.	<i>Normativa Europea para el proceso de compostaje</i>	20
1.2.12.	<i>Especificaciones técnicas basadas en la Normativa Europea</i>	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1.	Zona de estudio	23
2.2.	Diseño experimental	23
2.2.1.	<i>Tipo y diseño de investigación</i>	23
2.2.2.	<i>Unidad de análisis</i>	23
2.2.3.	<i>Población de estudio</i>	24
2.2.4.	<i>Tamaño de la muestra</i>	24
2.2.5.	<i>Selección de la muestra</i>	24
2.2.6.	<i>Técnica de recolección de datos</i>	24
2.2.7.	<i>Diseño experimental</i>	24
2.2.8.	<i>Materiales y equipos usados en la elaboración de camas de vermicompostaje</i>	25
2.2.8.1.	<i>Materia prima</i>	25
2.2.8.2.	<i>Equipos</i>	25
2.2.8.3.	<i>Materiales</i>	25
2.2.8.4.	<i>Sustancias</i>	26
2.3.	Técnicas	26
2.3.1.	<i>Toma de muestra para análisis inicial</i>	26
2.3.2.	<i>Elaboración de las pilas de precompostaje</i>	27
2.3.2.1.	<i>Control de temperatura y humedad de pilas</i>	29
2.3.2.2.	<i>Prueba de la caja</i>	30
2.3.2.3.	<i>Fin del proceso de precompostaje</i>	31
2.3.3.	<i>Elaboración de camas de vermicompostaje</i>	31
2.3.4.	<i>Riego de camas</i>	33
2.3.5.	<i>Control de temperatura y humedad de las camas</i>	34
2.3.6.	<i>Volteo de las camas de vermicompostaje</i>	34

2.3.7.	<i>Etapa de maduración</i>	35
2.3.8.	<i>Características físico-químicas y biológicas del proceso de vermicompostaje</i>	35
2.3.8.1.	<i>Humedad</i>	35
2.3.8.2.	<i>Molienda de muestras</i>	36
2.3.8.3.	<i>pH</i>	37
2.3.8.4.	<i>Conductividad eléctrica</i>	38
2.3.8.5.	<i>Carbono orgánico oxidable</i>	39
2.3.8.6.	<i>Materia orgánica</i>	40
2.3.8.7.	<i>Índice de germinación</i>	42
2.3.8.8.	<i>Dinámica poblacional</i>	44
2.3.8.9.	<i>Polifenoles</i>	45
2.3.9.10.	<i>Sulfatos</i>	46
2.3.9.11.	<i>Fosfatos</i>	48
2.3.9.12.	<i>Nitratos</i>	50
2.3.9.13.	<i>Cloruros</i>	51
2.3.9.14.	<i>Fósforos</i>	53
2.3.9.15.	<i>Nitrógeno</i>	54
2.3.9.	<i>Macronutrientes, micronutrientes, metales pesados</i>	55
2.3.9.1.	<i>Digestión de muestra</i>	55
2.3.9.2.	<i>Calcio</i>	57
2.3.9.3.	<i>Sodio</i>	57
2.3.9.4.	<i>Potasio</i>	58
2.3.9.5.	<i>Cobre</i>	59
2.3.9.6.	<i>Manganeso</i>	60
2.3.9.7.	<i>Hierro</i>	61
2.3.9.8.	<i>Zinc</i>	62
2.3.9.9.	<i>Cadmio</i>	63
2.3.9.10.	<i>Níquel</i>	64
2.3.9.11.	<i>Plomo</i>	65
2.3.9.12.	<i>Cromo</i>	66
2.3.9.13.	<i>Mercurio</i>	67
2.3.9.14.	<i>Arsénico</i>	68
2.3.9.15.	<i>Selenio</i>	69
2.3.9.16.	<i>Cálculo de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados</i>	70

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
3.1.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	72
3.1.1.	<i>Análisis químico de los residuos iniciales</i>	72
3.1.2.	<i>Evolución de la temperatura en las pilas de vermicompostaje</i>	73
3.1.3.	<i>Evolución de los principales parámetros dentro del proceso de vermicompostaje</i> ...	74
3.1.4.	<i>Degradación de la materia orgánica</i>	77
3.1.5.	<i>Concentración de macronutrientes y metales pesados</i>	79
3.1.6.	<i>Dinámica Poblacional</i>	80
	CONCLUSIONES	81
	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Tipos de desechos orgánicos	5
Tabla 2-1:	Ventajas y desventajas del precompostaje.....	10
Tabla 3-1:	Etapas del vermicompostaje	13
Tabla 4-1:	Parámetros de control en el vermicompostaje	14
Tabla 5-1:	Materiales que se pueden vermicompostar.....	15
Tabla 6-1:	Criterios de calidad del suelo.....	18
Tabla 7-1:	Clasificación de compost según la Norma Europea	21
Tabla 8-1:	Límites de metales pesados establecidos en la Norma Europea	22
Tabla 1-2:	Relación C/N para la construcción de las camas de vermicompostaje.....	27
Tabla 2-2:	Cantidad de residuos utilizados en cada pila de precompostaje.	28
Tabla 3-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para polifenoles	46
Tabla 4-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para Fósforo	54
Tabla 5-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para calcio	57
Tabla 6-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para sodio	58
Tabla 7-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para potasio	59
Tabla 8-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para cobre.....	60
Tabla 9-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para manganeso.....	61
Tabla 10-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para hierro	62
Tabla 11-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para zinc	63
Tabla 12-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para cadmio	64
Tabla 13-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para níquel.....	65
Tabla 14-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para plomo	66
Tabla 15-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para cromo	67
Tabla 16-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para mercurio	68
Tabla 17-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para arsénico	69
Tabla 18-2:	Concentraciones para la preparación de estándares para selenio	70
Tabla 1-3:	Análisis de los materiales iniciales: residuos de mercado y abono de cuy.....	72
Tabla 2-3:	Caracterización de los principales parámetros del vermicompostaje	74
Tabla 3-3:	Caracterización biológica durante el proceso de vermicompostaje.....	76
Tabla 4-3:	Parámetros para determinar la pérdida de materia orgánica.....	78
Tabla 5-3:	Concentración de aniones en vermicompost iniciales y finales	78
Tabla 6-3:	Concentración de macronutrientes y metales en los vermicompost maduros	79
Tabla 7-3:	Dinámica poblacional de la lombriz de tierra en el vermicompostaje.....	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Anatomía de la lombriz de tierra	7
Ilustración 2-1:	Lombriz roja	7
Ilustración 3-1:	Lombricultura	11
Ilustración 4-1:	Herramientas y materiales usados en la lombricultura	13
Ilustración 1-2:	Recolección de residuos vegetales del mercado Huagra Corral	26
Ilustración 2-2:	Recolección de estiércol de cuy	27
Ilustración 3-2:	Diseño para la construcción de las pilas de precompostaje	28
Ilustración 4-2:	Trituración de residuos vegetales del mercado	29
Ilustración 5-2:	Pilas de precompostaje.....	29
Ilustración 6-2:	Monitoreo de temperatura y humedad de las pilas de precompostaje	30
Ilustración 7-2:	Pilas de precompostaje después de un mes.....	31
Ilustración 8-2:	Construcción de las camas de vermicompostaje.....	32
Ilustración 9-2:	Colocación de los residuos en las camas de vermicompostaje	33
Ilustración 10-2:	Riego de agua.....	33
Ilustración 11-2:	Monitoreo de temperatura y humedad de las camas de vermicompostaje....	34
Ilustración 12-2:	Volteo de las camas de vermicompostaje	35
Ilustración 13-2:	Análisis de humedad	36
Ilustración 14-2:	Molienda de las muestras.....	37
Ilustración 15-2:	Determinación de pH	38
Ilustración 16-2:	Determinación de conductividad eléctrica.....	39
Ilustración 17-2:	Determinación de carbono oxidable	40
Ilustración 18-2:	Análisis de materia orgánica.....	41
Ilustración 19-2:	Colocación del extracto en las cajas Petri.....	43
Ilustración 20-2:	Medición y conteo de raíces germinadas	43
Ilustración 21-2:	Medición y conteo de lombrices tierra.....	44
Ilustración 22-2:	Determinación de polifenoles	46
Ilustración 23-2:	Análisis de Sulfatos en el espectrofotómetro de HACH.....	47
Ilustración 24-2:	Análisis de Fosfatos en el espectrofotómetro de HACH	49
Ilustración 25-2:	Análisis de Nitratos en el espectrofotómetro de HACH.....	51
Ilustración 26-2:	Análisis de Cloruros por titulación	52
Ilustración 27-2:	Análisis de fósforo	54
Ilustración 28-2:	Pesaje de muestras para la determinación de Nitrógeno.....	55
Ilustración 29-2:	Digestión de muestras para análisis de metales pesados.....	56
Ilustración 1-3:	Evolución de temperatura en la CAMA 1 y CAMA 2.....	74

Ilustración 2-3: Degradación de la materia orgánica del proceso de vermicompostaje 77

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** LIMPIEZA Y CONSTRUCCIÓN DEL TECHADO
- ANEXO B:** RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE MERCADO Y ABONO DE CUY
- ANEXO C:** ELABORACIÓN DE PILAS DE PRECOMPOSTAJE
- ANEXO D:** ELEBORACIÓN DE CAMAS DE VERMICOMPOSTAJE
- ANEXO E:** MONITOREO DE VERMICOMPOSTAJE Y VOLTEO DE CAMAS
- ANEXO F:** ANÁLISIS DE NITRÓGENO DE RESIDUOS Y ABONO DE CUY

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C:	Grados Celsius
A:	Máxima degradación de materia orgánica
As:	Arsénico
AC:	Abono de cuy
C mg/kg	Concentración en mg/kg
C Equipo	Concentración del analito obtenido en el equipo
C/N:	Relación carbono-nitrógeno
CCR:	Porcentaje de germinación
Corg:	Carbono orgánico
C:	Carbono
Cd:	Cadmio
CE:	Conductividad eléctrica
Cl:	Cloruro
Corg:	Carbono orgánico
Cr:	Cromo
Cu:	Cobre
dSm⁻¹:	Decisiems por metro
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura
Fe:	Hierro
GRS:	Porcentaje de germinación
FD:	Factor de dilución
kg:	kilogramos
gr:	Gramos
Hg:	Mercurio
HCl:	Ácido clorhídrico
IG:	Índice de germinación
k:	Constante de velocidad
K:	Potasio
Kg:	Kilogramos
KI:	Yoduro de potasio
L:	Litro
mg:	Miligramos
Mg:	Magnesio

MO:	Materia orgánica
mf:	Masa final
mi:	Masa inicial
mm:	Milímetros
ms/cm	milisiemens por centímetro
N:	Nitrógeno
Na:	Sodio
NaOH	Hidróxido de sodio
NO₃⁻	Nitratos
NaBH₄	Borohidruro de sodio
Ni:	Níquel
N_t	Nitrógeno total
P:	Fósforo
Pb:	Plomo
Vm:	Volumen de muestra
ppm:	Partes por millón
Pm:	Peso de muestras en gramos
pH:	Potencial de hidrógeno
PO₄³⁻	Fosfatos
rpm:	Revoluciones por minuto
s:	segundos
RM	Residuos de mercado
s:	Segundo
Se:	Selenio
SO₄²⁻	Sulfatos
Tma:	Temperatura media ambiental
TULSMA:	Texto unificado legislación secundaria, Medio Ambiente
µm:	Micrómetro

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo por objetivo elaborar dos camas de vermicompostaje, empleando residuos vegetales del mercado Huagra Corral de la parroquia Izamba del cantón Ambato y abono de cuy. Se realizó el análisis inicial de los residuos y se calculó la relación Corg/Nt para determinar las proporciones para cada cama. Los distintitos tratamientos fueron conformados de la siguiente manera: CAMA 1: 300 kg de residuos de mercado (RM) + 700 kg de abono de cuy (AC); CAMA 2: 500 kg de RM + 700 kg de AC. Antes de comenzar el proceso de vermicompostaje se realizó un pre-compostaje con el fin de preparar el sustrato para las lombrices. En esta etapa se monitoreó la temperatura y la humedad de las camas y del ambiente, y se realizaron volteos cada 15 días, tomando en cada volteo una muestra representativa para analizar parámetros físico-químicos, químicos y biológicos como humedad (H), materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE), relación Carbono-Nitrógeno (Corg/Nt), polifenoles, metales pesados, aniones, macronutrientes, micronutrientes e índice de germinación (IG). En las dos camas de vermicompostaje hubo degradación de la MO, el pH fue básico y la CE aumentó, la relación Corg/NT fue menor que 20 y los polifenoles presentaron concentraciones elevadas que disminuyeron levemente durante el proceso. Las concentraciones de metales pesados y macronutrientes se encontraron por debajo de los límites permisibles. El índice de germinación fue inferior al 50%, siendo mayor en la cama 1. Finalmente se recomienda seguir con la investigación a fin de impulsar la elaboración de abonos orgánicos y su potencial uso como enmienda de suelos.

Palabras clave: <VERMICOMPOSTAJE>, <RESIDUOS DE MERCADO>, <ABONO DE CUY>, <COMPOST MADURO>, <TEMPERATURA>, <HUMEDAD>, <SISTEMA DE VOLTEO>, <LOMBRIZ DE TIERRA>.

1010-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

This study aimed to prepare two vermicomposting beds using vegetable residues from the Huagra Corral market in the Izamba parish of the Ambato canton and guinea pig fertilizer. Initial residue analysis was performed, and the Corg/Nt ratio was calculated to determine the proportions for each bed. The treatments were: BED 1: 300 kg of market waste (RM) + 700 kg of guinea pig fertilizer (AC); BED 2: 500 kg of RM + 700 kg of AC. Before beginning the vermicomposting process, pre-composting was carried out to prepare the substrate for the worms. In this stage, the temperature and humidity of the beds and the environment were monitored. Turnings were made every 15 days, taking a representative sample in each turning to analyze physical-chemical, chemical and biological parameters such as humidity (H), organic matter (MO), pH, electrical conductivity (EC), Carbon-Nitrogen ratio (Corg/Nt), polyphenols, heavy metals, anions, macronutrients, micronutrients and germination index (GI). There was OM degradation in the two vermicomposting beds, the pH was essential, and the EC increased. The Corg/NT ratio was less than 20, and the polyphenols presented high concentrations that decreased slightly during the process. The concentrations of heavy metals and macronutrients were below the permissible limits. The germination rate was less than 50%, higher in bed 1. Finally, it is recommended to continue with the research to promote the production of organic fertilizers and their potential use as a soil amendment.

Keywords: <VERMICOMPOSTING>, <MARKET WASTE>, <GUINEA PIG MANURE>, <RIMED COMPOST>, <TEMPERATURE>, <HUMIDITY>, <TURNING SYSTEM>, <EARTHWORM>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

En la actualidad, el Mercado Huagra Corral ubicado en la parroquia Izamba, cantón Ambato, genera residuos de origen orgánico cuya acumulación es constante y al no contar con alternativas de tratamiento, estos residuos son arrojados a un terreno abandonado, contaminando así la atmósfera, suelo, agua y afectando a la salud de la población aledaña.

En el mercado, los productores comercializan específicamente legumbres, todos los días con excepción de martes y sábados. No existe un control sobre la cantidad de residuos orgánicos producidos y su disposición final, por lo que al descomponerse sin un tratamiento previo generan gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO₂) y metano, emisiones que contribuyen al cambio climático mundial y afectan a la calidad del aire, de los recursos hídricos y del suelo provocando problemas de salud pública.

Justificación

En el Mercado Huagra Corral se realiza la comercialización de legumbres, con esta actividad se produce una gran cantidad de residuos orgánicos debido a que carece de una gestión de tratamiento de desechos. Por lo que se plantea la necesidad de elaborar abono orgánico mediante el tratamiento de vermicompostaje para su posterior uso en suelos agrícolas, como una opción amigable para el ambiente, la sociedad y la agricultura.

El vermicompostaje es un proceso que biodegrada la materia orgánica mediante el trabajo combinado de lombrices y microorganismos, con el fin de obtener un abono de alto contenido nutritivo llamado vermicompost, esta mejora la retención de humedad, la aireación y la estructura del suelo (Villegas y Laines, 2017, p.393). La relación que existe entre las lombrices de tierra y los microorganismos es relevante para optimizar el proceso de degradación del vermicompost para la biodegradación, estabilización y mineralización de los nutrientes presentes en los desechos orgánicos (Mupambwa y Mkeni, 2018, pp. 10577).

Esta investigación tiene como propósito disminuir la contaminación generada por la acumulación de los residuos orgánicos mediante la aplicación del vermicompostaje, obteniendo un abono orgánico que impulse la economía circular como un modelo de negocio que se base en reciclar, reutilizar y reducir los residuos de actividades antropogénicas (Arroyo, 2018, pp.78).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Realizar el tratamiento de los residuos orgánicos generados en el Mercado Huagra Corral en la parroquia Izamba, cantón Ambato mediante vermicompostaje.

Objetivos específicos

- Realizar una Revisión Ambiental inicial de la zona de estudio.
- Establecer los parámetros físicos y fisicoquímicos para la elaboración de vermicompost a partir de una mezcla precompostada de residuos orgánicos generados del Mercado Huagra Corral y el estiércol de cuy.
- Evaluar la calidad del vermicompost obtenido a través de análisis físicos y fisicoquímicos para su potencial uso en la agricultura.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

El vermicompost es un proceso importante de transformación de aquellos residuos orgánicos mediante el uso de lombrices y microorganismos, logrando así solubilizar los minerales insolubles y degradar los compuestos complejos en sustancias más sencillas (FAO 2017, pp. 68).

Un estudio realizado en España sobre el vermicompostaje de residuos orgánicos de distinta naturaleza como residuos ganaderos, de la industria agroalimentaria, restos de jardines, etc., determinó que, el vermicompostaje es un proceso más complejo con relación al compostaje convencional, ya que se deben controlar las condiciones del proceso, principalmente la humedad, además, como resultado se obtuvo mayor mineralización y una disminución del sodio, limitando en ocasiones el uso del compost a nivel agrícola (Camiletti 2017, pp. 53).

Una investigación sobre la aplicación de la tecnología del vermicompostaje para la valorización agronómica de los residuos en México, determinó que, el vermicompostaje modificó la población bacteriana y fúngica de los residuos vegetales de los invernaderos a través de la formación del complejo humus-enzimas, reduciendo la cantidad de metales pesados del suelo como hierro, cobre, zinc, cadmio y plomo, además, se evidenció mayor tolerancia bacteriana al efecto de xenobióticos como los pesticidas (Fernández 2018, pp. 336).

En Chile se realizó un estudio sobre el uso de residuos vegetales como sustratos en los procesos de vermicompost y compost para el desarrollo de plantas ornamentales y aromáticas, verificando que es fundamental controlar las propiedades físicas principalmente el tamaño de las partículas del vermicompost, debido a que, las partículas mayores a 1 mm mejoran el contenido de aire y la capacidad de retención del agua, además, se evidenció que el compost en concentración del 50% y 75% tuvo mayor poder de inhibición al crecimiento de hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum* (Mendoza 2019, pp. 370).

Un estudio realizado en la Universidad Católica de Guayaquil sobre el aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de vermicompost en base a lombricompostaje, determinó en el análisis biológico la presencia de fitohormonas como auxinas y giberelinas, las

cuales activan el crecimiento de las plantas, además, hubo ausencia de cadmio y plomo y los valores de fósforo (6%) y nitrógeno (2%) se encontraron dentro de la normalidad (Cajas 2012, pp. 63).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Residuos

De acuerdo a la Ley Integral de Residuos N.8839, se define como residuos a aquellos materiales sólidos, semisólido, líquidos o gaseosos que deben ser desechados por su generador y que debe ser tratados o manejados de forma responsable hasta su disposición final (Pon 2019, pp. 20).

Los desechos son el resultado del consumo o uso en actividades domésticas, comerciales, industriales, institucionales y de servicio, que son susceptibles de aprovechamiento y transformación en otro producto con valor agregado y pueden ser (Graziani 2020, pp. 8):

- Residuos orgánicos e inorgánicos
- Residuos agrícolas
- Residuos sólidos urbanos
- Residuos sólidos municipales
- Residuos sólidos domiciliarios
- Residuos de limpieza y mantenimiento

1.2.2. Residuos sólidos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos son aquellos que provienen de los restos de productos de tipo orgánico, los cuales se caracterizan por ser biodegradables, es decir, se descomponen naturalmente, logrando una degradación rápida o lenta, hasta transformarse en otro tipo de materia orgánica. Dentro de este grupo destacan los siguientes:

- Restos de comida
- Cartón
- Desechos domiciliarios
- Residuos industriales, etc.

1.2.2.1. Clasificación de residuos sólidos orgánicos

La clasificación de los residuos sólidos orgánicos se basa en tres parámetros, el origen, su naturaleza y las características físicas (Tabla 1-1).

Tabla 1-1: Tipos de desechos orgánicos

Clasificación	Tipo	Características
Según la fuente de generación	Residuos de la limpieza	Incluye a los desechos generados en el barrido y limpieza, proveniente de domicilios, calles, hojas, polvo, plásticos, cajas, etc.
	Residuos institucionales	Son aquellos desechos que se generan a nivel de institucionales educativas, gubernamentales, de transporte, edificaciones, etc.
	Residuos de mercados	Son los desechos que generan los mercados u otros establecimientos de venta de alimentos, siendo una fuente importante de residuos orgánicos para la generación de compost.
	Residuos de origen comercial	Estos residuos se generan en comerciales, zonas mercantiles, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías, entre otros.
	Residuos domiciliarios	Son los desechos que se producen en las actividades domiciliarias.
Según su naturaleza	Residuos de alimentos	Este tipo de residuos proviene de domicilios, restaurantes, cafeterías y establecimientos de venta de productos alimentarios.
	Restos vegetales	Son desechos que resultan de la limpieza de parques, jardines, poda de césped.
	Papel	Material realizado con fibras vegetales y con potencial para el reciclaje.
	Cartón	Material elaborado con capas superpuestas de papel y con potencial para el reciclaje.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

1.2.3. Residuos sólidos orgánicos en mercados

La apropiada gestión de los alimentos y los residuos sólidos provenientes de los mismos en los mercados, almacenes, carnicerías y demás negocios que componen estas plazas públicas guarda una relación muy estrecha con la salud de los ciudadanos. Aunque no existe una supervisión rigurosa en la manipulación de los alimentos y en la gestión de los residuos generados en el comercio de los mismos, esto es de vital importancia para evitar que los mercados se conviertan en focos de contaminación del entorno, que es urbano, y que los alimentos que en ellos se comercializan lleguen a los consumidores con el mayor grado de salubridad posible (Al-Sahari et al. 2020, pp.17) .

La generación de los residuos sólidos en los mercados se ha convertido en un problema de gran magnitud debido a los volúmenes que en estos se genera, a la desorganización en el manejo de los residuos sólidos por parte de los negocios que operan en estas plazas y la operación por parte de los ayuntamientos en el acopio, recogida, disposición de cercanas estaciones de transferencia y traslado a la disposición final de los mismos.

La generación promedio en los mercados es de 14.01 kg/negocio/día, donde el 94% son residuos de origen orgánico y de éstos 86% son restos de alimentos y plantas. Con relación a la composición química, el contenido de humedad promedio es de un 72%, la relación C/N de 26.5% (Francisco y Rodríguez 2018, pp. 141).

1.2.4. Estiércol de cuy

El estiércol es el excremento de los animales como resultado de su proceso de digestión, se considera que alrededor del 60 al 80% de lo que consumen lo transforman y eliminan como estiércol. Su calidad va en dependencia de la especie del animal y del tratamiento o manejo que se le da a los estiércoles, ya que son considerados como la principal fuente de abono orgánico, porque pueden mejorar las características físico-químicas del suelo y aportan nutrientes a las plantas (Gómez 2018, pp. 30).

A nivel general el valor de los elementos químicos presentes en el estiércol es 1,5% de nitrógeno, 0,7% de fósforo y 1,7% de potasio, los cuales mejoran las propiedades biológicas del suelo. Para obtener mayor beneficio del estiércol se debe usar en una cantidad mínima de 10kg/ha al año, de forma diversificada y se debe aplicar después de haber sido fermentado o descompuesto, cuando el suelo posee una adecuada humedad (Gómez 2018, pp. 30).

1.2.4.1. Ventajas del uso del estiércol de cuy

Dentro de las principales ventajas del uso del estiércol de cuy se encuentran las siguientes (Gómez 2018, pp. 31):

- Mantiene una adecuada fertilidad del suelo
- Mantiene una adecuada fertilidad del suelo
- No contamina el suelo
- Permite alcanzar buenos rendimientos agrícolas
- Garantiza que las cosechas estén sanas
- No tiene un olor fuerte

- No atrae a insectos
- Mejora las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo

1.2.5. Lombriz de tierra

Las lombrices de tierra son animales invertebrados, debido a que no presentan columna vertebral, dentro de la taxonomía se clasifican como anélidos y son miembros de la clase *Oligochaeta*, ya que se caracterizan por desplazarse arrastrándose por el suelo usando los músculos tanto longitudinales como circulares. Cada segmento de estos animales tiene pelos como cerdas los cuales les ayudan a anclar sus segmentos a medida que se arrastran. Otra característica importante es que no poseen un sistema respiratorio bien desarrollado, debido a que respiran a través de su piel, la cual necesita estar húmeda para poder respirar (Aina y Gómez 2017, pp. 22).

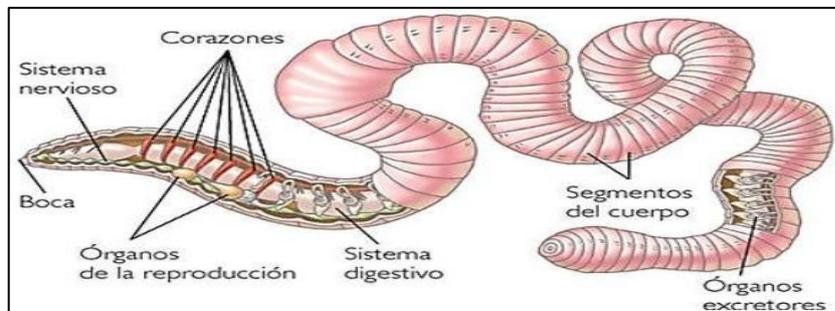


Ilustración 1-1: Anatomía de la lombriz de tierra

Fuente: (Aira y Gómez, 2017, p.10).

1.2.5.1. Características

Actualmente se conocen alrededor de 8000 variedades de lombrices, pero únicamente 3500 han sido estudiadas y clasificadas taxonómicamente, sin embargo, muy pocas han sido adaptadas para generando un producto importante en la agricultura, como es el caso del humus de lombriz.

De las especies domesticadas, la más importante es la lombriz *Eisenia foetida* (Mejía 2018, pp. 10).

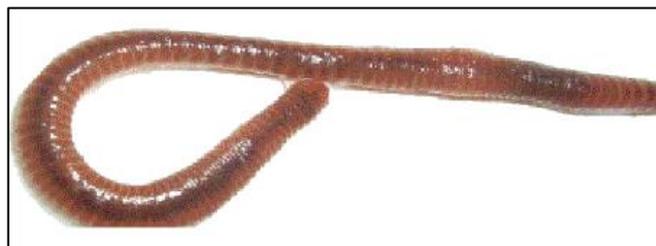


Ilustración 2-1: Lombriz roja

Fuente: (Aira y Gómez, 2017, p.10).

Características externas: simetría bilateral, 95 anillos, color rojizo en el dorso, posee cerdas, cutícula, receptáculos seminales, conductos espermáticos pares en el anillo 15, poros de células sensitivas en todos los anillos, órgano con funciones reproductivas y ano (Mejía 2018, pp. 12).

Características internas: posee sistema digestivo, nervioso, circulatorio, muscular y reproductor (Mejía 2018, pp. 13).

1.2.6. Humus de lombriz

El humus es una sustancia de tipo lignoprotéica con una descomposición estable, es un compuesto con concentración predominante en la materia orgánica del suelo. Este humus se compone tanto de restos posmortales animales y vegetales que se hallan en el suelo y que están sometidos a la descomposición y transformación. Posee en su composición carbono y nitrógeno, en proporción 19:3, evitando la competencia por nutrientes entre los cultivos y los microorganismos del suelo, a nivel general en su composición se encuentran las siguientes sustancias (Aina y Gómez 2017, pp. 46):

- Ácidos húmicos: posee del 50-62% de carbono
- Ácidos fúlvicos: poseen del 42-53% de carbono
- Uminas: parte no soluble
- Huminas: parte no soluble

1.2.7. Compostaje

El compostaje es una técnica que permite transformar de forma segura los residuos orgánicos en insumos con utilidad en el área de producción agrícola. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define al compostaje como la mezcla de los residuos o materia orgánica que se encuentran en descomposición bajo condiciones de tipo aeróbicas, con el fin de mejorar la estructura del suelo y brindar un mayor aporte de nutrientes. Sin embargo, es importante considerar que no todos los materiales que han sufrido alguna transformación aeróbica se han considerado como compost (FAO 2017, pp. 22).

El proceso de compostaje engloba diferentes etapas hasta la obtención del compost de calidad ya que si algún material utilizado en el proceso de compostaje no ha finalizado de forma correcta, pueden surgir riesgos como (FAO 2017, pp. 23):

- Fitotoxicidad
- Reducción de oxígeno radicular

- Bloqueo biológico de nitrógeno
- Exceso de amonio en las plantas
- Exceso de nitratos en las plantas
- Contaminación de fuentes de agua

1.2.7.1. Fases del compostaje

El compost se forma gracias a la acción de millones de organismos y microorganismos conocidos como descomponedores como algunas bacterias y hongos. El compostaje se desarrolla en tres fases: latencia y crecimiento, termófila y de maduración (ARCADIS 2019, pp. 14).

1.2.7.2. Fase de latencia y crecimiento

Una vez que los residuos orgánicos son colocados en una compostera, llegan todos los microorganismos para alimentarse de estos residuos. A nivel general las bacterias viven en temperaturas ambientales o hasta 45°C, por lo cual, a medida que transcurre la actividad bacteriana va aumentando de forma progresiva la temperatura, además, estos microorganismos liberan ácidos, causando la disminución del pH. En esta etapa los materiales usados en el compostaje disminuyen su volumen y dura de 15-30 días (Mejía y Ramos 2019, pp. 31).

1.2.7.3. Fase termófila

Si existe un aumento de la temperatura surge la proliferación tanto de hongos y bacterias presentes en los residuos, que viven de 45-75°C, sin embargo, una elevada temperatura puede llegar a causar la esterilización del medio y la eliminación completa de larvas, microorganismos nocivos y semillas. Conforme disminuye el alimento la actividad bacteriana decrece.

Esta etapa dura generalmente 3 meses y es primordial contar con un adecuado nivel de humedad alrededor del 50% y una correcta aireación, para que el proceso se dé bajo condiciones aerobias y permita la vida de los microorganismos, para lo cual es importante voltear la pila del compost al menos una vez a la semana (ARCADIS 2019, pp. 14).

1.2.7.4. Fase de maduración

Esta fase inicia con la degradación de la materia orgánica, mientras que la temperatura decrece. Al finalizar esta fase, la materia orgánica inicial se ha transformado totalmente, sin embargo, es importante esperar mínimo un mes para que la maduración se complete (Mejía y Ramos 2019, pp. 31).

1.2.8. Precompostaje

La técnica de precompostaje consiste en hacer un compostaje de los restos o desechos durante un corto período de tiempo, antes de empezar a alimentar a las lombrices. Se considera que esta técnica requiere de un mayor tiempo y de más gasto de los insumos, incrementando de este modo, el costo total de la vermicomposta, por lo cual, resulta necesario establecer los tiempos exactos que se emplearán en este proceso para que los residuos orgánicos se puedan emplear como sustrato en la producción, principalmente *Eisenia spp* (Acosta et al. 2018, pp. 138).

Se debe considerar que, si en algún momento del precompostaje surgen condiciones anaerobias, se deben liberar ácidos orgánicos de cadena corta, provocando un descenso del pH, por lo cual, es importante verificar las condiciones del proceso. El proceso de precomposteo de 0-2 semanas favorece la reproducción de las lombrices y el de 3-7 semanas favorece el crecimiento individual de cada una de las lombrices, debido a esto, el precomposteo de 2 semanas es el mejor tratamiento tanto para la reproducción como para el aumento de peso promedio de las lombrices utilizadas (Tabla 2-1) (Acosta et al. 2018, pp. 138).

Tabla 2-1: Ventajas y desventajas del precompostaje

VENTAJAS	DESVENTAJAS
-Vermicompostación más rápida	-Requiere de mayor espacio
-Colonización microbiana de desechos	-Los materiales se pueden volver anaerobios y poco apetecibles a las lombrices
-Permite que se traten en exceso los desechos	-Se pueden producir infestaciones por plagas
-Controla la cantidad de desechos que se ofrece a las lombrices	-Incluye mayor tiempo
-Evita el sobrecalentamiento en el proceso	
-Permite que se cree la mezcla ideal de comida para las lombrices	
-Mata las semillas de malas hierbas y patógenos al compostar cantidades grandes	

Fuente: FAO, 2017.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

1.2.9. Vermicompostaje

El vermicompostaje también conocido como lombricultura, es un cultivo o cría intensiva de lombrices cuyo objetivo es reciclar y reutilizar los residuos orgánicos biodegradables que se generan en los diferentes sectores, para producir un fertilizante natural conocido como “vermicompost”, o “humus de lombriz”, aunque también es usado como alimento para algunas especies animales en las áreas de avicultura, piscicultura, pesca, etc., (Graziani 2020, pp. 19).

Es considerada como una alternativa sencilla y de bajo costo, para aprovechar los residuos o desechos orgánicos biodegradables como los forrajes, el estiércol, los restos de las cosechas, residuos de alimentos, etc., para producir un fertilizante con buenas propiedades. Se considera que el humus de lombriz, es uno de los mejores abonos utilizados en el sector agrícola por la cantidad de nutrientes que aporta a los cultivos) (Graziani 2020, pp. 19).



Ilustración 3-1: Lombricultura

Fuente: Mikolic, C, 2018.

El vermicompost es un abono orgánico estabilizado, rico en nutrientes y de baja densidad aparente, el cual puede aplicarse al suelo para mejorar sus características químicas, físicas y biológicas. Mejora los rendimientos y sanidad de los cultivos, sin causar riesgos al medio ambiente. El vermicompost en el suelo cumple tres funciones (Andreoni et al. 2018, pp. 11):

- Provee nutrientes al suelo
- Aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades
- Contribuye al control biológico de plagas y enfermedades
- Mejora la porosidad, permeabilidad y estructura del suelo
- Facilita la retención de agua y la aireación

1.2.9.1. Organismos implicados en el vermicompostaje

Este proceso de vermicompostaje es una biotécnica donde se requiere del uso de lombrices, principalmente de la lombriz roja californiana llamada *Eisenia foetida*, la cual tiene la capacidad de degradar los residuos orgánicos y producir una gran cantidad de humus. Este animal se alimenta de los residuos orgánicos y gracias a su metabolismo o proceso de digestión, permite la transformación de los residuos en un fertilizante de tipo orgánico llamado humus, que se caracteriza por tener alto contenido de nutrientes como potasio, nitrógeno y fósforo. Esta lombriz requiere las siguientes condiciones para su desarrollo (Andreoni et al. 2018, pp. 6):

- Temperatura: 15-20°C
- Requiere la presencia de oxígeno
- Humedad: 80-90%
- pH= 5-9

1.2.9.2. Ventajas del vermicompostaje

El vermicompostaje presenta varias ventajas y beneficios como se indica a continuación (Joymati et al. 2018, pp.1-38):

- Reduce la cantidad de residuos orgánicos
- Fomenta el uso y aplicación de los residuos generados
- Produce un ahorro para los agricultores
- Se usa en los cultivos de forma rentable
- Se evita el uso de productos químicos en la tierra
- Se obtiene un humus de buena calidad
- El humus permite la aireación y enriquecimiento del suelo

1.2.9.3. Herramientas y requisitos iniciales

Al ser un proceso llevado a cabo por las lombrices se requiere de herramientas que garanticen la efectividad y calidad del proceso como las siguientes (Mejía y Ramos 2019, pp. 38):

- Vermicompostador
- Escardador
- Recipientes
- Podadora
- Regadera
- Carretilla

- Pala
- Termómetro

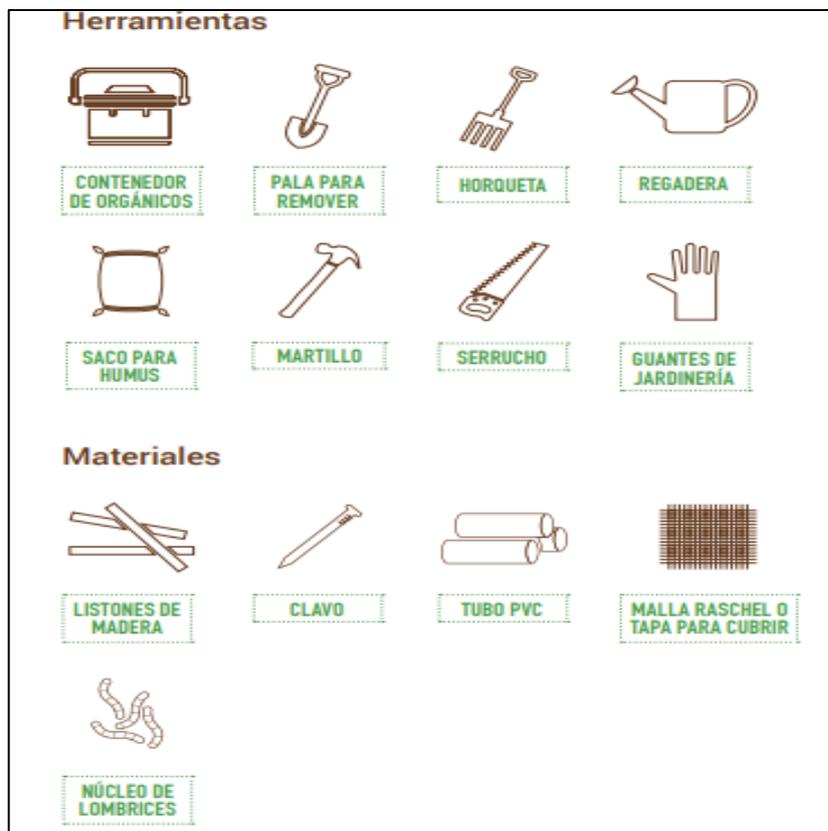


Ilustración 4-1: Herramientas y materiales usados en la lombricultura

Fuente: FAO, 2017.

1.2.9.4. Etapas del vermicompostaje

En el vermicompostaje se distinguen cuatro etapas como pre-fermentación de los residuos orgánicos, siembra de las lombrices, cosecha de las lombrices y empaque del humus (Tabla 3-1) (Mikolic et al. 2018, pp. 14).

Tabla 3-1: Etapas del vermicompostaje

Etapa	Características
Pre-fermentación	<ul style="list-style-type: none"> -Se clasifican los materiales orgánicos - Se colocan los materiales en carretillas y se lleva hacia los contenedores donde se cubre con paja y se riega con agua - El proceso dura 40 días -Las lombrices degradan los residuos y el volumen final de la materia disminuye en un 30%

Siembra de lombrices	de	-Se da la vuelta la mezcla y se trasladan las lombrices de los criaderos a las camas que tienen la materia pre fermentada. -Dura de 3 a 4 meses y disminuye el volumen en 30%
Cosecha de lombrices	de	-Aproximadamente cada metro cuadrado de lombrices consume 500 kg de alimento al año y produce de 250-300 kg de humus -Hay un grado de eficiencia del 50-60% Para cosechar se coloca al pie de las camas un poco de materia orgánica fresca -Se riega y se espera hasta que las lombrices salgan y coman de los residuos frescos
Empaque del humus	del	-El material sin lombrices se transporta hacia el área de secado y se esparce por las zonas -Se seca directamente al sol -Se tamiza y se envase en los sacos

Fuente: Mikolic, C, 2018.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

1.2.9.5. Requerimientos para el cultivo de lombrices

Para realizar este proceso de vermicompostaje se requiere de contenedores abiertos para facilitar la visualización y alimentación, se recomienda que sean de 50-60 cm de profundidad. El sustrato debe ser material orgánico fresco en proporción 3:1, o se puede utilizar material orgánico compostado con residuos frescos en una proporción 2:1. Para el proceso se recomienda contar con una cantidad de un kilo de lombrices por metro cuadrado de suelo (Tabla 4-1) (FAO 2017, pp. 71).

Tabla 4-1: Parámetros de control en el vermicompostaje

Parámetro	Rango óptimo
Humedad	70-80% para permitir que la lombriz respire
Temperatura	20-30°C es la temperatura adecuada
pH	Un pH de 5-8 permite que el medio se encuentre muy acidificado y que las lombrices se desarrollen con normalidad
Luz	Es preferible mantener un ambiente oscuro, ya que las lombrices son fotosensibles

Fuente: Mikolic, C, 2018.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

1.2.9.6. Recomendaciones generales en el vermicompostaje

Para un adecuado proceso de vermicompostaje se recomienda lo siguientes (ARCADIS 2019, pp. 27):

- El recipiente debe evitar el paso de los rayos del sol.
- Es recomendable utilizar recipientes oscuros.
- Es necesario que los recipientes tengan ventilación para que los residuos tenga una adecuada aireación.
- No se deben colocar frutas o verduras enteras porque toman demasiado tiempo en descomponerse.
- Se deben cortar en trozos los residuos antes de colocar en la vermicompostera.
- Un indicador de un fallo en el proceso es que las lombrices salgan del contenedor.
- Se debe evitar sobrealimentar a las lombrices para evitar malos olores o que aparezcan moscas.
- Se deben eliminar los desechos de mayor tamaño.

1.2.9.7. Material orgánico ideal para el proceso del vermicompostaje

Existen tipos de residuos susceptibles para realizar el vermicompostaje como residuos de la actividad urbana, residuos de las industrias, como madera, viruta, aserrín, rastrojos de distintos cultivos, residuos vegetales como los restos de podas de césped, té, caña de azúcar, hortalizas, entre otros. Mientras que, los residuos que no son susceptibles para realizar este proceso de lombricultura es el estiércol de cualquier animal cuya maduración sea superior a dos años, estiércol de explotaciones intensivas de animales como las aves y residuos de mariscos (Tabla 5-1) (Graziani 2020, pp. 19).

Tabla 5-1: Materiales que se pueden vermicompostar

En grandes cantidades	En pequeñas cantidades	No se debe poner en la vermicompostadora
Desechos vegetales de cocina	Cascaras de huevos molidos	Vidrio, metal
Restos de fruta	Cartón sin tinta troceado	Plásticos, tetrabriks, pilas, bombillas, medicamentos
Alimentos estropeados o caducados	Servilletas y papel de cocina	Pinturas, esmaltes, productos químicos
Hojas y flores frescas	Papel de cocina, servilletas, filtros de café	Papel y cartón impresos con tinta
Restos verdes de poda o de plantas	Ceniza de madera sin tratar	Cenizas de madera tratado o carbón

Restos de cosecha	Productos lácteos	Restos de barrido, polvo y limpieza, bolsas de aspirador
Hojas frescas	Césped	Aceites de motor
Posos de café e infusiones	Poda triturada	Fertilizantes, insecticidas, raticidas
Algas marinas lavadas	Restos de carne y pescado (genera olores)	Heces de perros y gatos (contienen parásitos)
Estiércol de animales de granja o corral	Piñas y cítricos	Filtros de cigarrillos
Malezas (evitar que tengan semillas)	Pelos y plumas	Tejidos sintéticos
Restos de pasta, arroz, pan, cereales	Hilos naturales	Pañales desechables
	Alimentos cocinados, aceites y grasas	Alimentos salados o avinagrados

Fuente: Andreoni, I. 2018.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

1.2.9.8. Problemas en el vermicompostaje

En el vermicompostaje pueden surgir problemas como los siguientes (Joymati et al. 2018, pp.1-38):

- Mal olor: cuando no existe un control adecuado puede existir un material dañado o en mal estado que no será ingerido por las lombrices.
- Vectores en la mezcla: es común encontrar moscas debido a que se coloca en los contenedores material orgánico fresco o en grandes cantidades. También se evidencian hormigas que indican que la mezcla está seca y se recomienda humedecer un poco el medio con una regadera.
- Inadecuada supervisión: en la mezcla pueden permanecer las lombrices hasta 28 días sin recibir alimentación, sin embargo, no existiría producción de humus. Es importante alimentar las lombrices y controlar la humedad, además, se debe dejar botellas con agua boca en la parte baja del sustrato, para que se vaya distribuyendo el líquido en pequeñas cantidades.
- Disminución de la población de lombrices: se puede dar la disminución de las lombrices por alguno de los problemas indicados anteriormente, además, si hay una drástica reducción del número de lombrices es un indicador de algún problema o daño en la mezcla, donde sería necesario retirar el material y colocar nuevamente material orgánico fresco.

1.2.9.9. Usos del vermicompostaje

Dentro de los usos del vermicompost destacan los siguientes (Mendoza 2019, pp. 10):

- El vermicompost se utiliza del mismo modo que el compost, es decir como abono de los cultivos, mejorando las características de los productos como el color, calidad y cantidad de frutas, hortalizas, etc.
- Incrementa la cantidad de materia orgánica del suelo
- Es un fertilizante orgánico
- Se utiliza para reducir la cantidad de moscas y otras plagas en los cultivos

1.2.10. Base legal

1.2.10.1. Constitución de la República del Ecuador

Art. 15.- El Estado proporcionará y promoverá al sector público y privado el uso de tecnologías limpias y de energías que produzcan un bajo impacto ambiental. Además, prohibirá el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o los ecosistemas (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008, pp.14).

Art. 396.- El Estado acogerá políticas oportunas que prevengan los impactos negativos, además de adoptar medidas de protección eficaces. Todo daño al ambiente, se aplicará sanciones, además, implicará la restauración obligatoria de los ecosistemas e indemnizaciones a las poblaciones afectadas ecosistemas (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008, pp.188).

Art. 409.- Es de interés la conservación del suelo y la fertilidad del mismo por tal el Estado establecerá normativas para su protección, además, desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008, pp.192).

1.2.10.2. Reglamento al Código Orgánico De Ambiente

Art. 565.- Los Gobiernos municipales tienen el deber de preparar un Plan de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios, que será entregado a la Autoridad Nacional del Ambiental para su posterior revisión y aprobación (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.117).

Art. 577.- La gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos son un conjunto de medidas de planificación, monitoreo y evaluación. (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.120).

Art.583.- La Autoridad Ambiental Nacional, los gobiernos autónomos descentralizados y demás instituciones establecerán y promoverán mecanismos legales, administrativos, técnicos, económicos y de planificación que tengan como fin disminuir la generación de residuos sólidos y no peligrosos (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.122).

Art. 586.- Fases de gestión integral, dichas fases son actividades técnicas y operativas de gestión integral que consta de (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.122):

- Separación en la fuente
- Almacenamiento temporal
- Barrido y limpieza
- Recolección
- Transporte
- Acopio y/o transferencia
- Aprovechamiento
- Tratamiento
- Disposición final

Las fases de gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos se basara en el modelo de gestión adoptado por los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, el cual debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.

ACUERDO NO. 097. Reforma del Anexo 2 del LIBRO VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria: Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. La presente norma técnica ambiental determina los objetivos y parámetros de calidad ambiental del suelo, los límites permisibles de contaminantes en función del suelo, los procedimientos para la determinación de los parámetros de calidad y métodos para la remediación de suelos contaminados.

Tabla 6-1: Criterios de calidad del suelo

Parámetro	Unidad	Valor límite
Parámetros Generales		
Conductividad	uS/cm	200

pH		6 a 8
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0,9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Niquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60
Parámetros Orgánicos		
Benceno	mg/kg	0,03
Clorobenceno	mg/kg	0,1
Tolueno	mg/kg	0,1
Xileno	mg/kg	0,1
PCBs	mg/kg	0,1
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

Fuente: (ACUERDO NO. 097,2015, pp.34-35).

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

ACUERDO NO. 061. Reforma del LIBRO VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria:
SECCIÓN I. Gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos.

Parágrafo VI del aprovechamiento:

Art. 73 Del aprovechamiento.- Las empresas privadas y municipalidades tienen la obligación de establecer programas de aprovechamiento de residuos sólidos no peligrosos los cuales sean

incorporados al ciclo económico y productivo mediante el reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con el fin de reducir la cantidad de residuos sólidos; con lo cual se reducen costos y se aumenta la vida útil de los sitios de disposición final (ACUERDO NO. 061, 2015, p.22).

- Para el aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos se deberá llevar actas de entrega-recepción de estos por parte de los gestores ambientales autorizados por la Autoridad Ambiental competente. Si del proceso de aprovechamiento se generaren desechos, éstos deberán ser entregados al prestador del servicio (ACUERDO NO. 061, 2015, p.22).
- Los sistemas de aprovechamiento se los realizará en condiciones que se minimicen los riesgos; deberán ser controlados por parte del prestador del servicio y de las autoridades nacionales, en sus respectivos ámbitos de competencia (ACUERDO NO. 061, 2015, p.22).
- El aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos serán utilizados como materia prima para la generación de energía, siempre y cuando esta actividad este aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.22).
- Las empresas, organizaciones o instituciones que se dediquen al aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos deben utilizar técnicas ambientalmente sostenibles (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.22).
- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales tienen la obligación de elaborar y fomentar programas de recuperación y reusó de residuos (ACUERDO NO. 061,2015, pp.22).
- Los procesos de aprovechamiento deben promover la competitividad mediante mejores prácticas, nuevas alternativas de negocios y empleos (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.22).

Parágrafo VII del tratamiento

Art. 74 Del tratamiento.- Las empresas privadas y/o municipalidades son responsables de brindar un adecuado tratamiento a los residuos sólidos no peligrosos. El tratamiento de los residuos sólidos peligrosos pueden ser procesos mecánicos, térmicos para recuperación de energía, biológicos; con el fin de disminuir los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana, previo a su disposición final (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.22-23).

1.2.11. Normativa Europea para el proceso de compostaje

Según la norma europea EN 13432 los residuos para el proceso de compostaje deben cumplir con ciertas características o parámetros para ser aptos para dicho proceso, además el uso del compost están regulados por el Real Decreto 999/2017 (NORMATIVA EUROPEA 2019/1009, 2019, pp.59-60).

Mediante la normativa UE no. 1774/2002 y 208/2006 el compost debe obedecer normas sanitarias. Por tal se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los residuos utilizados en el proceso de compostaje deben ser manipulados y almacenados de manera que se evite la recontaminación (REGLAMENTO (CE) No 208/2006, 2006, pp.3)
- Se debe asignar un área exclusiva para la limpieza de los diferentes equipos e instrumentos que se utilicen en el proceso de compostaje (REGLAMENTO (CE) No 208/2006, 2006, pp.2).
- En el proceso de compostaje se debe realizar inspecciones periódicas del entorno y del equipo, además estos resultados deben de ser documentados (REGLAMENTO (CE) No 1774/2002, 2002, pp.45).
- Para el proceso de compostaje se debe elaborar un plan de contingencia para evitar la presencia de organismos indeseables, por esta razón este plan es indispensable y debe estar debidamente documentado (REGLAMENTO (CE) No 1774/2002, 2002, pp.43).

1.2.12. Especificaciones técnicas basadas en la Normativa Europea

El compost es denominado como mejorador del suelo, ya que mejora la estructura y propiedades del suelo, además contribuye a la retención de agua, mejora la actividad biológica y disminuye la erosión de suelo, por tal es utilizado en la agricultura y horticultura (Sanveyn y Peter, 2014, pp.21).

La clasificación de compost son muy diversas y están definidas por normas, los criterios que se aplican para esta clasificación son los materiales de entrada utilizados, la calidad del producto de compost y los usos para los que es apto el compost. Según la normativa europea se ha clasificado al compost en base al material de entrada se lo conoce como “tipos de compost” mientras que la calidad del producto es la “clase de compost” (Sanveyn y Peter, 2014, pp. 42-47).

Tabla 7-1: Clasificación de compost según la Norma Europea

Según el material de entrada	
Compost de biorresiduos	Compost hecho a partir de residuos de cocina y jardín.
compost de residuos verdes	Compost producido a partir de residuos de jardines y parques.
Compost VFG	Compost a partir de residuos vegetales, frutales y de jardín.
Compost biomix	Residuos biológicos, residuos verdes, lodos de depuradora.
Compost de corteza	Compost producido a partir de corteza.
Compost de estiércol	Compost a partir de estiércol sólido de establo o de purines deshidratados.
Compost de lodos de depuradora	Compost producido a partir de lodos de depuradora municipal deshidratados junto con material de carga.
Compost de residuos mixtos	Compost producido a partir de residuos sólidos municipales mixtos.

Calidad del producto	
Clases de heavy metal	Las clases de compost se distinguen por valores límite para metales pesados.
Clases de impurezas	Límites para el contenido de impurezas macroscópicas como plásticos, metales y vidrio.
Usos	
Compost para agricultura ecológica	Los compost para uso de biorresiduos deben respetar los valores límite para metales pesados. Cualquier compost producido a partir de lodos de depuradora municipal está prohibido en la agricultura ecológica.
Compost para agricultura ecológica	Restricción de ciertas clases de compost relacionadas con metales pesados o impurezas para su uso en la producción agrícola u hortícola de alimentos y piensos
Sustrato de compost para medios de cultivo y tierra para macetas	Compost que proporciona características de rendimiento específicas, para poder utilizarlo con éxito como componente en sustratos de cultivo y suelos para macetas.
Compost de mantillo	Compost de estructura generalmente gruesa y con menores exigencias en cuanto a madurez.
Composta madura	compost completamente humificado generalmente utilizado y recomendado en todas las aplicaciones.
Compost fresco	Material parcialmente degradado pero higienizado térmicamente. Se utiliza para la mejora del suelo y la fertilización en tierras agrícolas

Fuente: (Sanveyn, H. y Eder, P., 2014)

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Tabla 8-1: Límites de metales pesados establecidos en la Norma Europea

Metal pesado	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: (Sanveyn, H. y Eder, P., 2014)

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Zona de estudio

El presente trabajo técnico se realizó en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en los Laboratorios de Impactos y Protección Ambiental, Calidad del agua Productos Naturales e Instrumental.

2.2. Diseño experimental

2.2.1. *Tipo y diseño de investigación*

Esta investigación es de tipo experimental, debido a que tiene como finalidad valorar la calidad del vermicompost mediante el uso de técnicas de análisis y de la proporción de los residuos utilizados como sustratos. En primer lugar, se realizó 2 pilas de precompostaje de dos metros por dos metros de base y un metro de altura, seguido de este proceso se construyó dos camas de vermicompostaje de un metro por tres metros de base y 0,4 metros de altura. Tomando en cuenta 2 unidades experimentales de residuos a vermicompostar: residuos de mercado con estiércol de cuy en diferentes proporciones asegurando una óptima relación Corg/NT entre 25-35.

Durante el proceso de precompostaje y vermicopostaje se controló la temperatura, el porcentaje de humedad, y pH. Una vez culminado el proceso de vermicompostaje se determinó la calidad del abono obtenido en base a sus características físico-químicas, químicas, biológicas y microbiológicas, con el objetivo de valorar su alto potencial para la agricultura.

2.2.2. *Unidad de análisis*

La unidad de análisis de la investigación representa los residuos vegetales procedentes del mercado Huagra Corral, parroquia Izamba, cantón Ambato con abono de cuy, puesto que esta investigación tiene como objetivo tratar este tipo de residuos mediante el proceso de vermicompostaje para solucionar los impactos ambientales negativos que ocasiona falta de gestión de residuos en este mercado.

2.2.3. Población de estudio

La población de estudio corresponde a los residuos vegetales generados en el mercado Huagra Corral, parroquia Izamba, cantón Ambato, además en este estudio dichos residuos serán combinados con abono de cuy.

2.2.4. Tamaño de la muestra

En el desarrollo del proceso no se calculó el tamaño de la muestra debido a que se trabajó con las muestras obtenidas durante el proceso de vermicompostaje, obteniendo 10 muestras de cada tratamiento, resultando en un total de 20 muestras.

2.2.5. Selección de la muestra

Para la recolección de las muestras se utilizó el método del cuarteo, tomando 7 submuestras de diferentes partes de cada unidad experimental, con el fin de obtener una muestra representativa de 2 kilogramo de cada unidad experimental para ser analizados en el laboratorio.

2.2.6. Técnica de recolección de datos

Para la recolección de datos se realizó lo siguiente:

- Determinación de parámetros iniciales de los residuos vegetales del mercado y estiércol de cuy.
- Control de humedad, temperatura y pH durante el proceso de precompostaje y vermicompostaje.
- Caracterización de las muestras tomadas en cada volteo.
- Recolección de muestras una vez finalizado el proceso de vermicompostaje.
- Análisis en el laboratorio de las muestras.
- Evaluación y tabulación de los resultados.
- Análisis estadístico.

2.2.7. Diseño experimental

Variable dependiente

Calidad del vermicompost obtenido en base a las proporciones de los residuos vegetales de mercado con estiércol de cuy mezclados.

Variable independiente

- Propiedades físico-químicas: humedad, pH, conductividad eléctrica
- Propiedades químicas: porcentaje de MO, relación Cor/NT, macronutrientes, micronutrientes, polifenoles, metales pesados y aniones.
- Propiedades biológicas: índice de germinación y dinámica poblacional.

Hipótesis: Al tratar los residuos orgánicos generados en el mercado Huagra Corral mediante vermicompostaje se producirá humus con características de alto potencial para la agricultura.

2.2.8. Materiales y equipos utilizados en la elaboración y monitoreo de las camas de vermicompostaje

2.2.8.1. Materia prima

- Residuos vegetales del mercado Huagra Corral de la parroquia Izamba, cantón Ambato
- Estiércol de cuy.

2.2.8.2. Equipos

- Termómetro
- Medidor de pH y Humedad
- Termohigrómetro
- Balanza

2.2.8.3. Materiales

- Lonas
- Flexómetro
- Malla
- Rastrillo
- Palas
- Azadón
- Machete
- Escoba
- Plástico de invernadero
- Manguera

- Pingos
- Zinc
- Clavos
- Martillo
- Tablas de madera
- Baldes
- Tubos de PVC

2.2.8.4. Sustancias

- Agua

2.3. Técnicas

2.3.1. Toma de muestra para análisis inicial

Finalizada la fase de recolección de los residuos vegetales del mercado y el estiércol de cuy se obtuvo una muestra significativa de 2kg mediante el método del cuarteo para la caracterización inicial en el laboratorio.



Ilustración 1-2: Recolección de residuos vegetales del mercado Huagra Corral

Fuente: Oñate, Cynthia, 2023.



Ilustración 2-2: Recolección de estiércol de cuy

Fuente: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.2. Elaboración de las pilas de precompostaje

Realizados los análisis de humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico total y nitrógeno total de los residuos a vermicompostar, se construyeron las pilas de precompostaje tomando en cuenta relación óptima de Corg/NT (entre 25 a 30) para las distintas proporciones: pila 1 con 70% de abono de cuy + 30% de residuos vegetales y pila 2 con 50% de abono de cuy + 50% de residuos vegetales.

Tabla 1-2: Relación C/N para la construcción de las camas de vermicompostaje

Cama 1									
Residuos Orgánicos	%	Peso fresco (kg)	% humedad	Peso seco (kg)	% C	% N	comp C	comp N	C/N
Estiércol cuy	70%	700	0,64	249,13	0,36	0,0089	90,14	2,22	40,65
Residuos vegetales	30%	300	0,90	30,57	0,31	0,0199	9,56	0,61	15,71
Total	100%	1000		279,70			99,69	2,83	35,28
Cama 2									
Residuos Orgánicos	%	Peso fresco (kg)	% humedad	Peso seco (kg)	% C	% N	comp C	comp N	C/N
Estiércol cuy	50%	500	0,64	177,95	0,36	0,0089	64,38	1,58	40,65
Residuos vegetales	50%	500	0,90	50,95	0,31	0,0199	15,93	1,01	15,71
Total	100%	1000		228,90			80,31	2,60	30,92

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Tabla 2-2: Cantidad de residuos utilizados en cada pila de precompostaje.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
ACRV-01	Abono de cuy (700kg) + residuos vegetales (300kg)
ACRV-02	Abono de cuy (500kg) + residuos vegetales (500kg)

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Los materiales requeridos para la elaboración de las pilas de precompostaje fueron:

- Palas
- Rastrillo
- Tablas
- Lonas
- Plástico de invernadero
- Machetes
- Azadón
- Flexómetro
- Botas de caucho
- Manguera
- Guantes
- Fundas Ziploc

Procedimiento: Se construyó dos pilas de precompostaje con dimensiones de dos metros por dos metros de base y un metro de altura.

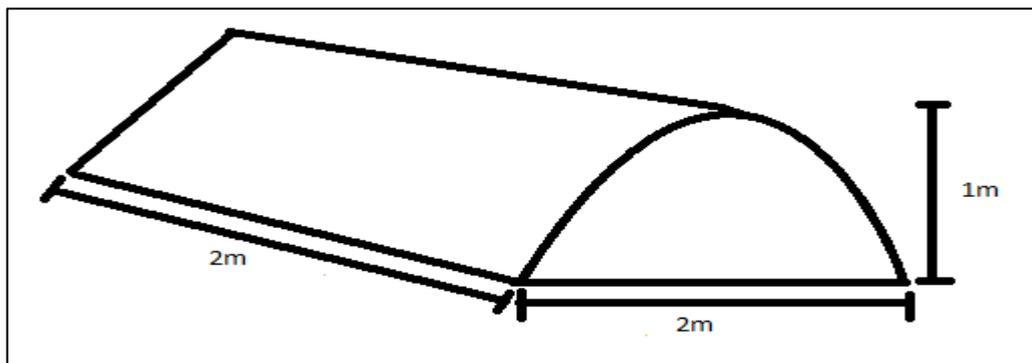


Ilustración 3-2: Diseño para la construcción de las pilas de precompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Antes de armar las pilas de precompostaje se trituró los residuos vegetales del mercado para obtener un tamaño de partícula cercano a 5cm de diámetro.



Ilustración 4-2: Trituración de residuos vegetales del mercado

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Al iniciar con la construcción de las pilas de precompostaje se colocó plástico en el área de trabajo para evitar el tocamiento del suelo con los sustratos. Después se agregó los residuos poco a poco homogenizando hasta completar los 1000kg necesarios para la construcción de las pilas.



Ilustración 5-2: Pilas de precompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.2.1. Control de temperatura y humedad de las pilas; temperatura y humedad ambiental

Diariamente se controló en las pilas de precompostaje la temperatura y humedad ambiental in situ; temperatura, pH y humedad.

- *Materiales*

- Termómetro con un vástago de 30 cm de largo para medir la temperatura interna de las pilas de precompostaje.
- En el caso de la humedad y pH se usó un medidor de pH y humedad.
- Termohigrómetro para medir la temperatura y humedad ambiental.
- *Procedimiento*

En 5 puntos diferentes de las pilas de precompostaje se utilizó el termómetro y el medidor de pH y humedad, a su vez, se empleó el termohigrómetro en el área de trabajo para obtener los datos de temperatura y humedad ambiental, con el fin de controlar el proceso.



Ilustración 6-2: Monitoreo de temperatura y humedad de las pilas de precompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.2.2. Prueba de la caja

Durante el proceso de precompostaje se realizó la prueba de la caja, que se llevó a cabo en un cajón, para indicar el momento preciso de inocular las lombrices en el sustrato. El cajón de madera tendrá dimensiones de 50cm de ancho y 10 cm de profundidad y en cada cajón se colocó 50 lombrices.

- *Materiales*
- Tablas
- Clavos
- Martillo

- Flexómetro
- Serrucho

- *Procedimiento*

En primer lugar, se colocó aproximadamente 1kg de los residuos precompostados dentro de un extremo del cajón de madera, posteriormente se colocó 50 lombrices, se esperó 24 horas para la cuantificación de estas.

2.3.2.3. Fin del proceso de precompostaje

Una vez transcurrió un mes del proceso de precompostaje finaliza para dar inicio al proceso de precompostaje, además se tomó una muestra de aproximadamente 2kg de cada pila para su posterior análisis.



Ilustración 7-2: Pilas de precompostaje después de un mes

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.3. Elaboración de camas de vermicompostaje

Una vez finalizado el proceso de precompostaje se prosiguió a la construcción de las camas de vermicompostaje.

Para la construcción de las camas de vermicompostaje se emplearon los siguientes materiales:

- Palas
- Tablas
- Plástico de invernadero
- Azadón

- Rastrillo
- Flexómetro
- Botas de caucho
- Guantes
- Fundas Ziploc
- Manguera
- Baldes
- Tubos de PVC
- Malla

Procedimiento: Las camas de vermicompostaje tendrán dimensiones de un metro por tres metros de base y 0,5 metros de altura. En la construcción de las camas de vermicompostaje se colocó un plástico para evitar que las lombrices se escapen.



Ilustración 8-2: Construcción de las camas de vermicompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Posteriormente se colocó los residuos precompostados en cada cama de vermicompostaje, cuando los residuos se colocaron en las camas se procedió a inocular las lombrices en cada tratamiento de vermicompostaje (2000 lombrices por m²). Es importa que una vez colocadas las lombrices colocar paja seca encima de las camas para mantener humedad de estas.



Ilustración 9-2: Colocación de los residuos en las camas de vermicompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.4. Riego de las camas

Para el desarrollo del proceso de vermicompostaje las camas se mantuvieron con una humedad de 70% a 90%.

Los materiales usados para el riego de camas fueron los siguientes:

- Manguera
- Tanques de agua
- Baldes

Procedimiento: Durante el proceso de vermicompostaje el agua se almacenó en un tanque abierto para que se evapore el cloro, después los riegos se realizaron durante 3 días seguidos, posteriormente el riego se realizó cuando el porcentaje de humedad de la mezcla era inferior al 80%.



Ilustración 10-2: Riego de agua

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.5. Control de temperatura y humedad de las camas; temperatura y humedad ambiental

Diariamente se controló en las camas de vermicompostaje la temperatura y humedad ambiental in situ; temperatura, pH y humedad.

Los materiales usados para el control de temperatura y humedad de las camas fueron:

- Termómetro con un vástago de 30 cm de largo para medir la temperatura interna de las camas de vermicompostaje.
- En el caso de la humedad y pH se usó un medidor de pH y humedad.
- Termohigrómetro para medir la temperatura y humedad ambiental.

Procedimiento: En 5 puntos diferentes de las camas de vermicompostaje se utilizó el termómetro y el medidor de pH y humedad, a su vez, se empleó el termohigrómetro en el área de trabajo para obtener los datos de temperatura y humedad ambiental, con el fin de controlar el proceso.



Ilustración 11-2: Monitoreo de temperatura y humedad de las camas de vermicompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.6. Volteo de las camas de vermicompostaje

El volteo de las camas de vermicompostaje se realizó cada 15 días, mediante el método del cuarteo se tomó una muestra de 2kg en cada volteo para realizar los análisis en el laboratorio.

Los materiales usados para el volteo de las camas de vermicompostaje fueron los siguientes:

- Guantes
- Fundas ziploc

Procedimiento: Con la ayuda de los guantes se volteó las camas, es importante realizar con cuidado para no tomar lombrices y no causar lesiones en ellas.



Ilustración 12-2: Volteo de las camas de vermicompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.7. Etapa de maduración

Esta etapa tuvo una duración de un mes y se la realizó una vez culminado el proceso de vermicompostaje (3 meses).

2.3.8. Análisis de las características físico-químicas y biológicas del proceso de vermicompostaje

2.3.8.1. Humedad

- Materiales

- Fundas ziploc
- Guantes
- Cápsulas
- Espátula
- Pinza para cápsulas

- Equipos

- Estufa
- Balanza analítica

- *Procedimiento*

Para la lectura de humedad, primeramente, se pesó las cápsulas vacías y posteriormente se añadió 10gr de muestra, se introdujeron las cápsulas con las muestras en la estufa a una temperatura de 75°C por 24 horas, una vez transcurrido este tiempo se colocó en el desecador por 30min, se retiró las capsulas del desecador y se pesó en la balanza analítica.



Ilustración 13-2: Análisis de humedad

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{mi - mf}{mi} \times 100$$

Donde:

$\%H$ = *Porcentaje de humedad*

mi = *Masa inicial*

mf = *Masa final*

2.3.8.2. *Molienda de las muestras*

Para almacenar las muestras y realizar los análisis es necesario triturarlas en partículas finas.

- *Materiales*

- Rotulador
- Guantes
- Molino manual o eléctrico

- Fundas ziploc
- *Procedimiento*

En este proceso las muestras se secaron en la estufa durante 24 horas, con ayuda de un molino se trituró las muestras en partículas finas y se las almacenó en fundas ziploc correctamente etiquetadas para realizar los respectivos análisis.



Ilustración 14-2: Molienda de las muestras

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.3. *pH*

- *Materiales*
 - Tubos para centrifuga de 50 ml
 - Vasos de precipitación
 - Espátula
 - Probeta de 50 ml
 - Gradilla para tubos de centrifuga
- *Equipos*
 - Balanza analítica
 - Agitador mecánico
 - Multiparámetro
 - Centrifuga
- *Reactivos*

- Agua destilada
- *Procedimiento*

Para el análisis de pH se pesó 4gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 40ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10min para que sedimente. Se midió el pH directamente en el líquido sobrenadante.



Ilustración 15-2: Determinación de pH

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.4. Conductividad eléctrica

- *Materiales*
- Tubos para centrifuga de 50 ml
- Vasos de precipitación
- Probeta de 50 ml
- Espátula
- *Equipos*
- Balanza analítica
- Agitador mecánico
- Multiparámetro
- Centrifuga
- Estufa
- *Reactivos*

- Agua destilada
- *Procedimiento*

Para el análisis de conductividad eléctrica se pesó 4gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 40ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10min para que sedimente, luego se filtró con papel filtro normal y se midió la conductividad eléctrica con ayuda del multiparámetro.



Ilustración 16-2: Determinación de conductividad eléctrica

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.5. *Carbono orgánico oxidable*

- *Materiales*
- Mascarilla
- Guantes
- Espátula
- Tamiz
- Elermeyers
- Bureta
- Soporte universal
- Pinzas de soporte universal
- *Equipo*

- Balanza analítica
- *Reactivos*
 - Agua destilada
 - Dicromato de potasio
 - Ácido sulfúrico
 - Ácido fosfórico
 - Difenilamina
 - Sulfato ferroso
- *Procedimiento*

Para la determinación de carbono orgánico oxidable se pesó 15mg de muestra en los elermeyers y se añadió 5ml de dicromatato de potasio, después se colocó 10ml de ácido sulfúrico y se dejó en reposo por 30 minutos, se añadió 50ml de agua destilada y se colocó 5ml de ácido fosfórico. Para la titulación se agregó 10 gotas de indicador difenilamina y se tituló con sulfato ferroso.



Ilustración 17-2: Determinación de carbono oxidable

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.6. *Materia orgánica*

- *Materiales*
 - Guantes
 - Espátula
 - Crisoles

- Pinza para crisoles
- Lápiz

- *Equipos*

- Mufla
- Estufa
- Balanza analítica
- Desecador

- *Procedimiento*

Para calcular la materia orgánica se rotuló y se pesó los crisoles vacíos en la balanza analítica, luego se añadió 3gr de muestra al crisol y se los introdujo en la estufa por 2 horas, transcurrido ese tiempo se colocó en el desecador por 30 minutos, se pesó y se anotó el valor obtenido. Posteriormente se colocaron los crisoles por 24 horas en la mufla a 400°C, después se trasladó los crisoles al desecador durante 30 minutos, se pesó la muestra calcinada y se anotó el valor.



Ilustración 18-2: Análisis de materia orgánica

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

$$\%MO = \frac{[(\text{peso crisol vacío} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol con muestra calcinada})]}{[(\text{peso crisol vacío} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol vacío})]} * 100$$

Donde:

%MO = *Porcentaje de materia orgánica*

2.3.8.7. Índice de germinación

- *Materiales*

- Espátula
- Cajas Petri
- Pinzas
- Guantes
- Rotulador
- Papel filtro
- Embudo buchner
- Vasos de precipitación
- Tubos para centrífuga de 50 ml
- Probeta de 50 ml
- Pipeta automática de 1 ml
- Papel filtro
- Kitasato de 250 ml

- *Equipo*

- Balanza analítica
- Papel milimetrado
- Agitador mecánico
- Centrifuga

- *Reactivos*

- Agua destilada
- Semillas de berro

- *Procedimiento*

Para determinar el porcentaje de índice germinación se pesó 3gr de muestra en tubos de centrifuga y se añadió 45ml de agua destilada, en el agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10 minutos para que sedimente, luego se filtró con papel filtro normal. En 10 cajas Petri, cubiertas con papel filtro se colocó 8 semillas de berro y se añadió

2ml de la solución mojando el papel, se realizó este proceso por cada muestra, además, fue necesario realizar un blanco, es decir 10 cajas Petri con agua destilada. Las semillas se inocularon a 27,5°C por 48 horas envueltas en papel aluminio, se retiraron las cajas de la incubadora y se cuantificó el número de semillas y la longitud de las raíces con ayuda de papel milimetrado.



Ilustración 19-2: Colocación del extracto en las cajas Petri

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

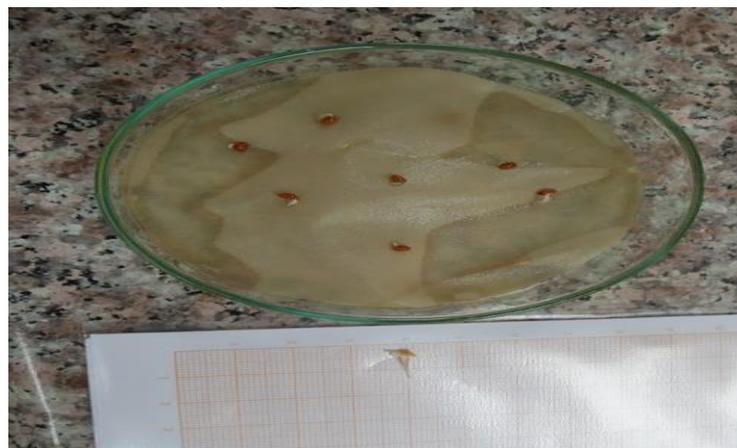


Ilustración 20-2: Medición y conteo de raíces germinadas

Realizado por: Oñate Cynthia, 2023.

$$GRS(\%) = \frac{\text{número de semillas germinadas con el extracto de las muestras}}{\text{número de semillas germinadas con agua destilada}} * 100$$

$$CCR(\%) = \frac{\text{longitud de las raíces promedio con el extracto de las muestras}}{\text{longitud promedio de las raíces con el agua destilada}} * 100$$

$$IG(\%) = \frac{GRS * CRR}{100}$$

Donde:

GRS(%) = Porcentaje de germinación

CCR(%) = *Porcentaje de crecimiento*

IG(%) = *Porcentaje de índice de germinación*

2.3.8.8. *Dinámica poblacional*

- *Materiales*

- Guantes
- Tablas de madera
- Flexómetro
- Clavos
- Martillo
- Serrucho
- Papel milimetrado
- Cuaderno de apuntes

- *Procedimiento*

Para realizar el cálculo de la dinámica poblacional se construyó un cajón de madera de 50cm por 50cm con una profundidad de 40cm, después el cajón de madera se introdujo en una parte de la cama de vermicompostaje y se realizó la recolección de las lombrices que se encontraron dentro del cajón que se introdujo en la cama, una vez realizada la recolección se realizó el conteo de lombrices juveniles, precliteliadas, cliteliadas y maduras, en esta identificación se midió a cada lombriz con la ayuda del papel milimetrado.

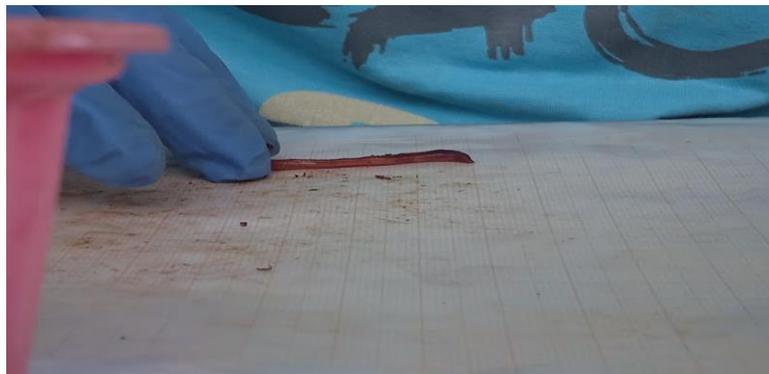


Ilustración 21-2: Medición y conteo de lombrices tierra.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.9. Polifenoles

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas.
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión).
- Balones aforados de diferentes volúmenes los necesarios para la preparación de reactivos y STD's.
- Vasos de precipitación de diferentes volúmenes, según las necesidades presentadas.
- Filtro de membrana de 47 mm y 0.45 μ m de porosidad.

- *Equipos*

- Balanza analítica
- Centrifuga
- Agitador mecánico
- Espectrofotómetro
- Equipo de Filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato)
- Cabina de extracción
- Reverbero

- *Reactivos*

- Ácido Gálico
- Reactivo Folin-Ciocalteu de fenoles
- Carbonato sódico
- Agua destilada

- *Procedimiento*

Para la lectura de polifenoles se pesó 2gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 40ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10min para que sedimente, luego se filtró en un equipo de filtración al vacío. Mediante una solución patrón de 1000ppm de ácido gálico se preparó los siguientes estándares para calibrar el espectrofotómetro UV-VIS (Tabla 3-2).

Tabla 3-2: Concentraciones para la preparación de estándares para polifenoles

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	0.5	5	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I) Nota II: el mismo tratamiento que se le da a las muestras se le debe dar a los Stds
1	5	2	0.2	50	
2	5	4	0.4	50	
3	5	8	0.8	50	
4	5	10	01	50	
5	5	15	1.5	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

A cada estándar se adicionó 2,5ml de reactivo Folin-Ciocalteu, se dejó reposar por 3 minutos, se colocó 5ml de carbonato sódico y se aforó a 50ml. Para la lectura de las muestras se tomó 0,25mL del extracto de la muestra se añadió 2,5ml de reactivo Folin-Ciocalteu, se dejó reposar por 3 minutos, se colocó 5ml de carbonato sódico y se aforó a 50ml, para que se diera la reacción se tuvo que esperar 1 hora y se centrifugo por 10 minutos. Y finalmente se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV-VIS.



Ilustración 22-2: Determinación de polifenoles

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.10. Sulfatos

- *Materiales*
- Balanza analítica
- Vaso de precipitación

- Espátula
- Rotulador
- Probetas
- Piseta
- Kitasato
- Embudo buchner

- *Equipos*

- Espectrofotómetro de HACH
- Bomba de vacío

- *Reactivos*

- SulfaVer 4 marca HACH/2106769
- Agua destilada

- *Procedimiento*

Para determinar la concentración de sulfatos se pesó 2gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 50ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10 minutos para que sedimente, luego se filtró con ayuda del equipo de filtración. Después se tomó 5ml del extracto y se aforó a 50ml, se tomó 10ml de esta solución y se colocó en un vial sin el sobre de SulfaVer 4 marca HACH/2106769 para que el equipo lo tome como blanco, luego al mismo vial se le agregó el sobre de SulfaVer 4 marca HACH/2106769 y se leyó la concentración de sulfatos.



Ilustración 23-2: Análisis de Sulfatos en el espectrofotómetro de HACH

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023

- *Cálculos*

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$ = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

C_{Equipo} = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

FD = Factor de Dilución

V_m = Volumen de la Muestra en mililitros,

P_m = Peso de la Muestra en gramos (g),

2.3.8.11. Fosfatos

- *Materiales*

- Balanza analítica
- Vaso de precipitación
- Espátula
- Rotulador
- Pipeta volumétrica
- Balón de aforo 100 ml
- Probetas
- Pipetas
- Pera de succión
- Piseta
- Kitasato
- Embudo Buchner

- *Equipos*

- Espectrofotómetro de HACH

- *Reactivos*

- PhosVer 3 marca HACH/2106069
- Agua destilada

- *Procedimiento*

Para determinar la concentración de sulfatos se pesó 2gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 50ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10 minutos para que sedimente, luego se filtró con ayuda del equipo de filtración. Después se tomó 5ml del extracto y se aforó a 50ml, se tomó 10ml de esta solución y se colocó en un vial sin el sobre de PhosVer 3 marca HACH/2106069 para que el equipo lo tome como blanco, luego al mismo vial se le agregó el sobre de PhosVer 3 marca HACH/2106069 y se leyó la concentración de fosfatos.



Ilustración 24-2: Análisis de Fosfatos en el espectrofotómetro de HACH

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023

- *Cálculos*

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Dónde:

$C \frac{mg}{kg}$ = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

C_{Equipo} = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

FD = Factor de Dilución

V_m = Volumen de la Muestra en mililitros,

P_m = Peso de la Muestra en gramos (g),

2.3.8.12. Nitratos

- *Materiales*
 - Vasos de precipitación
 - Espátula
 - Rotulador
 - Pipetas volumétricas
 - Balones de aforo 100 ml
 - Probetas
 - Pipetas
 - Pera de succión
 - Kitasato
 - Embudo Buchner

- *Equipos*
 - Espectrofotómetro de HACH

- *Reactivos*
 - Nitriver 5 marca HACH/2106169

- *Procedimiento*

Para determinar la concentración de sulfatos se pesó 2gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 50ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10 minutos para que sedimente, luego se filtró con ayuda del equipo de filtración. Después se tomó 5ml del extracto y se aforó a 50ml, se tomó 10ml de esta solución y se colocó en un vial sin el sobre de Nitriver 5 marca HACH/2106169 para que el equipo lo tome como blanco, luego al mismo vial se le agregó el sobre de Nitriver 5 marca HACH/2106169y se leyó la concentración de nitratos.



Ilustración 25-2: Análisis de Nitratos en el espectrofotómetro de HACH

Fuente: Oñate Cynthia. 2023

- *Cálculos*

$$C \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = \frac{(C_{\text{Equipo}} * FD) * (V_m * \frac{1\text{l}}{1000\text{ml}})}{P_m * \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}}}$$

Dónde:

$C \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$ = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

C_{Equipo} = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

FD = Factor de Dilución

V_m = Volumen de la Muestra en mililitros,

P_m = Peso de la Muestra en gramos (g)

2.3.8.13. Cloruros

- *Materiales*

- Vasos de precipitación
- Espátula
- Guantes
- Rotulador
- Micropipeta
- Balones de aforación de 100 ml
- Probeta
- Piseta
- Embudo Buchner
- Kitasato

- *Equipos*
- Balanza analítica
- Bomba de vacío
- *Reactivos*
- Dicromato de Potasio
- Nitrato de Plata
- Agua destilada
- *Procedimiento*

Para calcular la concentración de cloruros se pesó 3gr de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se adicionó 30 ml de agua destilada, con ayuda del agitador mecánico se agitó por 2 horas y posteriormente se colocó los tubos en la centrifuga por 10 minutos para que sedimente, luego se filtró con ayuda del equipo de filtración. Del extracto obtenido se tomó 1 alícuota de 2ml y se aforó a 50ml, de esta solución se tomó 25ml, se añadió 5 gotas del indicador cromato de potasio y se tituló con AgNO_3 .



Ilustración 26-2: Análisis de Cloruros por titulación

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023

- *Cálculos*

$$\text{Cl}^- \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{(-B) * N * 35.45}{\text{ml muestra}} * 1000$$

Dónde:

A = ml valoración para la muestra

B = ml valoración para el blanco

N = normalidad de AgNO₃

2.3.8.14. Fósforo

Este análisis se lo realizó a partir de las muestras tratadas por digestión ácida para metales pesados.

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados de diferentes volúmenes los necesarios para preparar reactivos y STD's
- Tubos de centrifuga (para colocar muestras)

- *Equipos*

- pHmetro
- Cabina de extracción
- Espectrofotómetro UV-VIS

- *Reactivos*

- Molibdato de amonio
- Tartrato de potasio
- Ácido sulfúrico
- Ácido ascórbico

- *Procedimiento*

Para la lectura de fósforo primeramente se preparó dos soluciones: solución A 60gr de amonio en 200ml de agua destilada + 1,455gr de tartrato de antimonio y potasio + 700ml de ácido sulfúrico; solución B 132gr de ácido ascórbico en agua y se completó a 1 litro en un balón aforado. De estas dos soluciones se tomó 35ml de la solución A y 10ml de la solución B y se aforó a 1 litro (solución de color). Posteriormente se tomó 5 ml de muestra en tubos de centrifuga de 50ml, se colocó una solución de hidróxido de sodio hasta obtener un pH de entre 3 a 3,5; después se aforó a 50ml.

Para realizar la lectura en el equipo se tomó 5 ml de esta última solución, 5ml de los estándares (Tabla 4-2) y se adicionó 5ml de la solución de color para fosforo, se dejó reposar por 15 minutos y finalmente se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV-VIS.

Tabla 4-2: Concentraciones para la preparación de estándares para Fósforo

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	0,25	25	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	25	0,2	0,1	50	
2	25	0,8	0,4	50	
3	25	1,6	0,8	50	
4	25	3	1,5	50	
5	25	4	2	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.



Ilustración 27-2: Análisis de fósforo

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.8.15. Nitrógeno

- *Materiales*
- Mascarilla
- Guantes
- Espátula

- Vidrios reloj
- Tamiz

- *Equipos*

- Analizador ELEMENTAL de C y N.

- *Procedimiento*

En la determinación de nitrógeno se pesó 0,6mg de muestra en cápsulas de estaño, se anotó el peso y se colocó las cápsulas de estaño en el equipo lector de Carbono y Nitrógeno.



Ilustración 28-2: Pesaje de muestras para la determinación de Nitrógeno

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9. *Macronutrientes, micronutrientes, metales pesados*

2.3.9.1. *Digestión de muestra para analizar macronutrientes, micronutrientes y metales pesados*

- *Materiales*

- Erlenmeyer de 250 ml
- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Embudos de vidrio
- Balones aforados de 50ml

- Papel filtro normal
- Frascos de 50ml
- Vidrio reloj

- *Equipos*

- Reverberos
- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Ácido Nítrico HNO₃ 1:1
- Peróxido de Hidrógeno 30%
- Agua destilada

- *Procedimiento*

Para la determinación de metales pesados, macronutrientes y micronutrientes se realizó un proceso de digestión a las muestras, primeramente, se pesó 2gr de muestra en los erlenmeyers y se agregó 10ml de HNO₃, se mezcló, se agregó un poco de agua destilada y se cubrió con un vidrio reloj, posteriormente se calentó la muestra sin hervir por 2 horas, una vez transcurrido este tiempo se agregó 3ml de peróxido de hidrógeno y se volvió a calentar por 2 horas sin hervir. Por último, se dejó enfriar, se filtró la solución por gravedad utilizando embudos de vidrio y papel filtro normal y se aforó a 50ml.



Ilustración 29-3: Digestión de muestras para análisis de metales pesados

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.2. Calcio

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Estándar de calcio

- *Procedimiento*

Para leer calcio se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se realizó los estándares (Tabla 5-2).

Tabla 5-2: Concentraciones para la preparación de estándares para calcio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	1	10	100	Aforar cada STD con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	2,5	0,5	50	
2	10	5	1	50	
3	10	10	2	50	
4	10	20	4	50	
5	10	30	6	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.3. Sodio

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Estándar de Sodio

- *Procedimiento*

Para leer sodio se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se realizó los estándares (Tabla 6-2).

Tabla 6-2: Concentraciones para la preparación de estándares para sodio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	1	10	100	Aforar cada STD (Na) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	2,5	0.2	50	
2	10	25	0.5	50	
3	10	5	1	50	
4	10	10	2	50	
5	10	15	3	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.4. Potasio

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de material de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*
- Cabina de extracción
- *Reactivos*
- Estándar de potasio
- *Procedimiento*

Para leer potasio se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se realizó los estándares de acuerdo con Tabla 7-2.

Tabla 7-2: Concentraciones para la preparación de estándares para potasio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	1	10	100	Aforar cada STD (K) con Agua Acidulada al 1% deHNO ₃ Nota: se deberá utilizar AguaUltrapura (Tipo I)
1	10	2,5	0,5	50	
2	10	5	1	50	
3	10	10	2	50	
4	10	12,5	2,5	50	
5	10	15	3	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.5. Cobre

- *Materiales*
- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados
- *Equipos*
- Cabina de extracción

- *Reactivos*
- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de Cobre
- *Procedimiento*

Para leer cobre se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo con Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Concentraciones para la preparación de estándares para cobre

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	1	10	100	Aforar cada STD (Cu) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	1.25	0,25	50	
2	10	2.5	0,5	50	
3	10	5	1	50	
4	10	10	2	50	
5	10	15	3	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.6. Manganeso

- *Materiales*
- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados
- *Equipos*
- Cabina de extracción
- *Reactivos*

- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de manganeso
- *Procedimiento*

Para leer manganeso se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se realizó los estándares de acuerdo con Tabla 9-2.

Tabla 9-2: Concentraciones para la preparación de estándares para manganeso

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	2,5	25	100	Aforar cada STD (Mn) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	0,5	0,25	50	
2	10	1	0,5	50	
3	10	2	1	50	
4	10	4	2	50	
5	10	8	4	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.7. Hierro

- *Materiales*
 - Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
 - Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
 - Balones aforados
- *Equipos*
 - Cabina de extracción
- *Reactivos*
 - Ácido Nítrico (HNO₃)
 - Estándar de hierro

- *Procedimiento*

Para leer hierro se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo con Tabla 10-2.

Tabla 10-2: Concentraciones para la preparación de estándares para hierro

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	2.5	25	100	Aforar cada STD (Fe) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	0,5	0,25	50	
2	10	1	0,5	50	
3	10	2	1	50	
4	10	4	2	50	
5	10	6	3	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.8. Zinc

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de zinc

- *Procedimiento*

Para leer zinc se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo con Tabla 11-2.

Tabla 11-2: Concentraciones para la preparación de estándares para zinc

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	1	10	100	Aforar cada STD (Zn) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	0.5	0.1	50	
2	10	1	0.2	50	
3	10	2.5	0.5	50	
4	10	5	1	50	
5	10	10	2	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.9. Cadmio

- *Materiales*
- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados
- *Equipos*
- Cabina de extracción
- *Reactivos*
- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de cadmio
- *Preparación*

Para leer cadmio se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo

con Tabla 12-2.

Tabla 12-2: Concentraciones para la preparación de estándares para cadmio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	0.2	2	100	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	2	0.5	0.02	50	
2	2	1	0.04	50	
3	2	1.5	0.06	50	
4	2	2.5	0.1	50	
5	2	5	0.2	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.10. Níquel

- *Materiales*
- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados
- *Equipos*
- Cabina de extracción
- *Reactivos*
- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de níquel
- *Preparación*

Para leer níquel se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo con Tabla 13-2.

Tabla 13-2: Concentraciones para la preparación de estándares para níquel

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	2	20	100	Aforar cada STD (Ni) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	20	0.5	0.2	50	
2	20	1.25	0.5	50	
3	20	2.5	1	50	
4	20	3.75	1.5	50	
5	20	5	2	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.11. Plomo

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de plomo

- *Preparación*

Para leer plomo se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo con Tabla 14-2.

Tabla 14-2: Concentraciones para la preparación de estándares para plomo

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	3	30	100	Aforar cada STD (Pb) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	30	0.5	0.3	50	
2	30	1	0.6	50	
3	30	1.5	0.9	50	
4	30	2.5	1.5	50	
5	30	5	3	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.12. Cromo

- *Materiales*
- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de material de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados
- *Equipos*
- Cabina de extracción
- *Reactivos*
- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Estándar de cromo
- *Preparación*

Para leer cobre se preparó una solución de HNO₃ al 1% y se elaboró los estándares de acuerdo con Tabla 15-2.

Tabla 15-2: Concentraciones para la preparación de estándares para Cromo

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	
STOCK	1000	2.5	25	100	Aforar cada STD (Cr) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	25	0.6	0.3	50	
2	25	1	0.5	50	
3	25	2	1	50	
4	25	3	1.5	50	
5	25	4	2	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.13. Mercurio

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Borohidruro de Sodio (NaBH₄)
- Estándar de mercurio

- *Procedimiento*

Para la determinación de mercurio se preparó una solución de HCL para aforar los estándares, posteriormente se realizó dos soluciones necesarias para la lectura adecuada del equipo: solución

de HCL al 10% y solución de NaOH al 0,5% + NaBH₄ al 0,6%. Por último, mediante la Tabla 16-2 se preparó los estándares correspondientes a mercurio.

Tabla 16-2: Concentraciones para la preparación de estándares para mercurio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones	
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	Concentración obtenida en (ppb o µg/l)	Aforar cada STD (Hg) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
STOCK	1000	0.1	1	100		
1	1	0.25	0.005	50	5	
2	1	0.5	0.01	50	10	
3	1	1	0.02	50	20	
4	1	1.5	0.03	50	30	
5	1	2	0.04	50	40	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.14. Arsénico

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Borohidruro de Sodio (NaBH₄)
- Estándar de arsénico
- Agua acidulada 10% de HCl

- *Procedimiento*

Para la determinación de la concentración de arsénico se preparó una solución reductora: yoduro de potasio al 10% + de Ácido Ascórbico al 10%. Posteriormente se tomó de 16 ml de muestra en tubos de centrifuga de 50ml y se añadió en cada muestra 2ml de la solución reductora y 2ml de ácido clorhídrico. Se preparó una solución de NaOH al 0,5% + NaBH₄ al 0,6%. Por último, mediante la Tabla 17-2 se realizó los estándares correspondientes a arsénico.

Tabla 17-2: Concentraciones para la preparación de estándares para arsénico

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones	
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	Concentración obtenida en (ppb o µg/l)	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I) Nota II: El mismo tratamiento que se le da a las muestras se les debe dar a los STD.
STOCK	1000	0.1	1	100		
1	1	0.25	0.005	50	5	
2	1	0.5	0.01	50	10	
3	1	1	0.02	50	20	
4	1	2	0.04	50	30	
5	1	2.5	0.05	50	40	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.15. *Selenio*

- *Materiales*

- Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas volumétricas de vidrio de diferentes volúmenes con propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

- *Equipos*

- Cabina de extracción

- *Reactivos*

- Ácido Clorhídrico (HCl)

- Ácido Clorhídrico (HCl al 10%)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Borohidruro de Sodio (NaBH₄)
- Estándar de selenio

- *Procedimiento*

Para la lectura de selenio se tomó de 5 ml de muestra en tubos de centrifuga de 50ml y se añadió en cada muestra 5ml de ácido clorhídrico y se llevó a baño maría a 90°C por 30 minutos. Se realizó dos soluciones necesarias para la lectura adecuada del equipo: solución de HCL al 10% y solución de NaOH al 0,5% + NaBH₄ al 0,6%. Por último, mediante la Tabla 18-2 se preparó los estándares correspondientes a selenio.

Tabla 18-2: Concentraciones para la preparación de estándares para selenio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones	
	Concentración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (ml)	Concentración obtenida en (ppb o µg/l)	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I) Nota II: el mismo tratamiento que se le da a las muestras se le debe dar a los Stds
STOCK	1000	0.1	1	100		
1	1	0.5	0.01	50	10	
2	1	1	0.02	50	20	
3	1	1.5	0.03	50	30	
4	1	2	0.04	50	40	
5	1	2.5	0.05	50	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

2.3.9.16. *Cálculos de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados*

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Dónde:

$C \frac{mg}{kg}$ = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

C_{Equipo} = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

FD = *Factor de Dilución*

Vm = *Volumen de la Muestra en mililitros*

Pm = *Peso de la Muestra en gramos (g)*

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

3.1.1. Análisis químico de los residuos iniciales

Tabla 1-3: Análisis de los materiales iniciales: residuos vegetales de mercado y abono de cuy

Parámetros	RM	AC
H (%)	89,81	64
MO (%)	80,80	61,48
pH	5,46	8,75
CE (ms/cm)	14,63	4,47
Corg (%)	31,27	36,18
Nt (%)	1,99	0,89
Corg/Nt	15,72	35,15
Polifenoles (mg/Kg)	6461,18	12515,75
P (mg/Kg)	1913,71	2056,81
Na (mg/Kg)	3381,23	501,16
K(mg/Kg)	17806,17	15228,03
Cl ⁻ (mg/Kg)	1288,63	243,68
SO ₄ ²⁻ (mg/Kg)	11598,29	999,74
NO ₃ ⁻ (mg/Kg)	359,95	393,24
PO ₄ ³⁻ (mg/Kg)	1871,73	221,82
As (mg/Kg)	0,12	0,19
Se (mg/Kg)	0,13	0,24
Cd (mg/Kg)	0,12	0,20
Hg (mg/Kg)	0,11	1,07
Pb (mg/Kg)	0,42	0,54
IG (%)	0	11,406

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

En la Tabla 1-3 se detallan los valores iniciales de los residuos de mercado y abono de cuy que fueron empleados como sustratos en la construcción de las camas de vermicompostaje, los parámetros que se tomaron en cuenta para el cálculo de las proporciones fueron: contenido de materia orgánica, humedad, carbono orgánico y nitrógeno. Según (Figuerola, 2013, pp.3-18) para realizar el proceso de vermicompostaje es muy importante obtener una relación de Cog/NT adecuada, por lo que varios autores mencionan que esta puede situarse en un rango de 20-30%.

La Tabla 1-3 describe los valores de la relación Corg/NT para los residuos vegetales del mercado y el abono de cuy son 15,72 y 35,15 respectivamente, según (Jara et al. 2020, pp.206-207) estos resultados se deben al contenido de Corg y NT que cada sustrato posee; similares resultados fueron encontrados por (Barreros, 2017, pp.5-47).

Los datos promedio de pH en los residuos vegetales del mercado y del abono de cuy fueron 5,46 y 8,75 respectivamente, evidenciando así que los residuos vegetales del mercado tienden a ser más ácidos en comparación con el abono de cuy ya que este resultado ser básico, así como menciona (Sinche, 2015, pp.91-100).

El contenido de macronutrientes en los residuos del mercado decreció en la siguiente disposición: $K > Na > P > Nt$ y en el caso del abono de cuy el descenso fue $K > P > Na > Nt$. como se puede observar en la Tabla 1-3 la concentración de Potasio es mayor tanto en los residuos vegetales del mercado y el abono de cuy.

Con respecto a la concentración de metales pesados, en los residuos vegetales del mercado y en el abono de cuy se obtuvieron concentraciones que superaban los límites de detección de la técnica analítica planteada en As, Se y Hg, mientras que el Plomo no superaba el límite de detección siendo este < 2 . Resultados semejantes fueron encontrados por (Gavilanes et al, 2016, pp.128).

Por otro lado, en el análisis de índice de germinación se observó que en los residuos vegetales de mercado no presentó crecimiento, mientras que en las muestras de abono de cuy presento un porcentaje de crecimiento del 11,406%.

3.1.2. Evolución de la temperatura en las camas de vermicompostaje

Al evaluar la temperatura de las camas de vermicompostaje se obtuvieron los siguientes resultados:

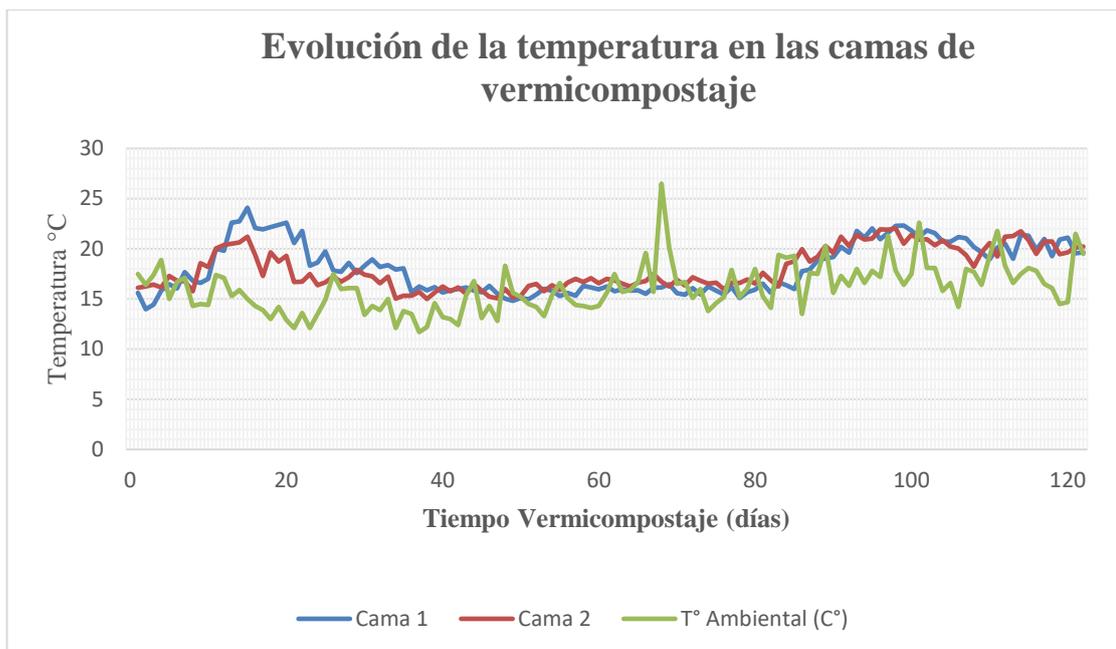


Ilustración 1-3: Evolución de temperatura en la CAMA 1 y CAMA 2

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

En el gráfico 1-3 se detalla la conducta que presentó la temperatura de las dos camas de vermicompostaje con respecto al tiempo transcurrido durante el proceso, (Sanchez, 2018, pp.45) menciona que el rango óptimo de temperatura se da entre los 15-20°C, ambos tratamientos presentaron temperaturas entre los 13 y 24°C. Según (Castro, 2022, pp.45) si la temperatura llega a descender hasta por debajo de los 15°C las lombrices no logran desarrollarse de manera normal ubicándose en una etapa de latencia, sin embargo, si la temperatura aumenta por encima de los 35°C las lombrices pueden morir.

3.1.3. Evolución de los principales parámetros dentro del proceso de vermicompostaje

Tabla 2-3: Caracterización de los principales parámetros del vermicompostaje

Compostaje (días)	pH	CE (ms/cm)	MO (%)	C _{org} /N _T	N _T (%)	C _{org} (%)
Cama 1: Residuos de mercado (300kg) + Abono de Cuy (700kg)						
0	9,96	7,42	66,76	8,75	3,34	29,17
15	9,64	7,71	62,28	6,06	3,10	18,78
30	9,58	9,24	59,75	6,54	2,98	19,47
45	9,82	9,27	58,62	5,63	3,47	19,46
60	9,69	9,47	56,58	6,18	3,04	18,80
75	9,71	9,24	54,19	6,28	2,79	17,48
90	9,84	6,88	53,95	5,74	2,94	16,84

120	9,58	9,47	51,24	5,32	3,06	16,21
DMS	0,09	0,44	1,19	0,91	0,46	3,08
Cama 2: Residuos de mercado (500kg) + Abono de Cuy (500kg)						
0	9,96	6,60	61,72	7,70	3,46	26,63
15	9,58	7,20	58,87	6,13	3,30	20,13
30	9,68	9,08	57,55	5,60	3,25	18,18
45	9,85	8,85	56,84	5,63	3,23	18,16
60	9,79	8,83	54,78	5,98	3,05	18,15
75	9,63	9,81	53,31	5,15	3,40	17,49
90	9,89	7,22	52,62	5,31	3,06	16,20
120	9,65	9,13	46,97	4,96	3,01	14,93
DMS	0,08	0,26	1,04	1,16	0,33	3,09

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

Según la FAO el rango óptimo de pH para el desarrollo adecuado del vermicompostaje va entre 5 a 8,5. En la Tabla 2-3 se observan los valores de pH obtenidos de las camas de vermicompostaje registrándose valores mayores a 8,5 similares resultados se obtuvo por (Pinilla, 2022, pp.24). (Camiletti 2017, pp.36-37) menciona que el pH va a depender del valor que presente inicialmente el tipo de residuos a vermicompostar, además, menciona que valores de pH > o igual a 7 son indicativos de madurez (FAO 2017, p. 71).

La conductividad eléctrica (CE) es el grado de salinidad que posee el vermicompost, según (Bhat et al. 2015, pp.7) el incremento de la CE durante el vermicompostaje se debe al aumento de la mineralización de la materia orgánica, como ocurrió en esta investigación se presentan valores elevados de CE en ambas camas de vermicompostaje (Tabla 2-3). Resultados similares se obtuvieron por (Morales, 2017, pp.36-37), quien menciona que CE se debe controlar ya que las lombrices pueden morir a valores de conductividad superiores a 8 ms/cm.

La Tabla 2-3 detalla el descenso de la materia orgánica (MO) en las dos camas de vermicompostaje, obteniendo: 66,76 a 51,24% en la cama 1, y 61,72 a 46,97% en la cama 2, resultados similares fueron registrados por el investigador (Álvarez, 2017, pp.35), quien menciona que el proceso de vermicompostaje se basa en la descomposición de la MO dentro del proceso digestivo de la lombriz de tierra. Estudios reportados por (Durán et al. 2007, pp.46) indican que el rango óptimo de MO en compostajes va de 24-70%.

Con respecto a la relación Corg/NT, (Román et al. 2015, pp.54) detallan que un compost final es idóneo cuando presenta una relación Corg/NT < 20, en esta investigación en los resultados

obtenidos se observó un decrecimiento progresivo de la relación Corg/NT en las dos camas de vermicompostaje desde 8,75 a 5,32% y 7,70 a 4,96% en la cama 1 y 2 respectivamente.

El carbono orgánico y el nitrógeno son parámetros relevantes que se deben analizar, puesto que los microorganismos usan el carbono en procesos metabólicos, mientras que el nitrógeno los usa como fuente de proteína (Mohan, 2014, pp.77).

Las concentraciones de carbono orgánico (Corg) en las dos camas de vermicompostaje disminuyeron de 29,17 a 16,21% y 26,63 a 14,93% respectivamente, según (Morales, 2017, pp.41) el Corg disminuye al igual que la MO a lo largo del proceso como consecuencia de la mineralización. En cuanto a la concentración de nitrógeno (NT) se registra una disminución en ambas camas a lo largo del proceso de vermicompostaje, 3,34 a 3,06% para la cama 1 y 3,46 a 3,01% para la cama 2, (Castro, 2022, pp.56) indica que la concentración adecuada de NT debe ser mayor o igual al 0,5%.

Tabla 3-3: Caracterización biológica durante el proceso de vermicompostaje

Compostaje (días)	IG (%)	Polifenoles (mg/Kg)
Cama 1: Residuos de mercado (300kg) + Abono de Cuy (700kg)		
0	30,27	5842,89
15	29,89	6849,92
30	29,40	6098,14
45	38,00	6460,32
60	37,31	8229,45
75	32,49	7911,65
90	34,36	6209,67
120	46,28	5702,77
DMS	3,11	119,35
Cama 2: Residuos de mercado (500kg) + Abono de Cuy (500kg)		
0	12,72	9562,06
15	27,39	7188,28
30	35,65	6177,47
45	38,45	9752,48
60	37,82	8730,88
75	29,48	8568,31
90	34,99	7744,74
120	26,53	6144,88
DMS	3,46	129,95

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

En la tabla 3-3 se observa el porcentaje de índice de germinación (IG), en ambas camas de vermicompostaje se registra un incremento leve en el IG durante todo el proceso de vermicompostaje, sin embargo, el IG en ambas camas es inferior al 50% presentando de 30,27 a 46,28% y 12,72 a 26,53% respectivamente. El porcentaje de IG está relacionado con el contenido de polifenoles ya que estos se caracterizan por ser fitotóxicos en el proceso impidiendo la germinación de las semillas de berro (Asqui et al. 2022, pp.84).

Los polifenoles o también llamados compuestos fenólicos son considerados moléculas naturales y son un gran grupo de compuestos bioactivos presentes en las plantas y se componen de ácidos fenólicos (Valencia et al. 2017, pp.16). En esta investigación se detectaron elevadas concentraciones de polifenoles en ambos tratamientos (Tabla 3-3), sin embargo se detectó una disminución de estos compuestos a lo largo del proceso, según los niveles altos de polifenoles presentes en el compost provocarían un impacto ambiental desfavorable (Gavilanes et al. 2016, pp.131).

3.1.4. Degradación de la materia orgánica

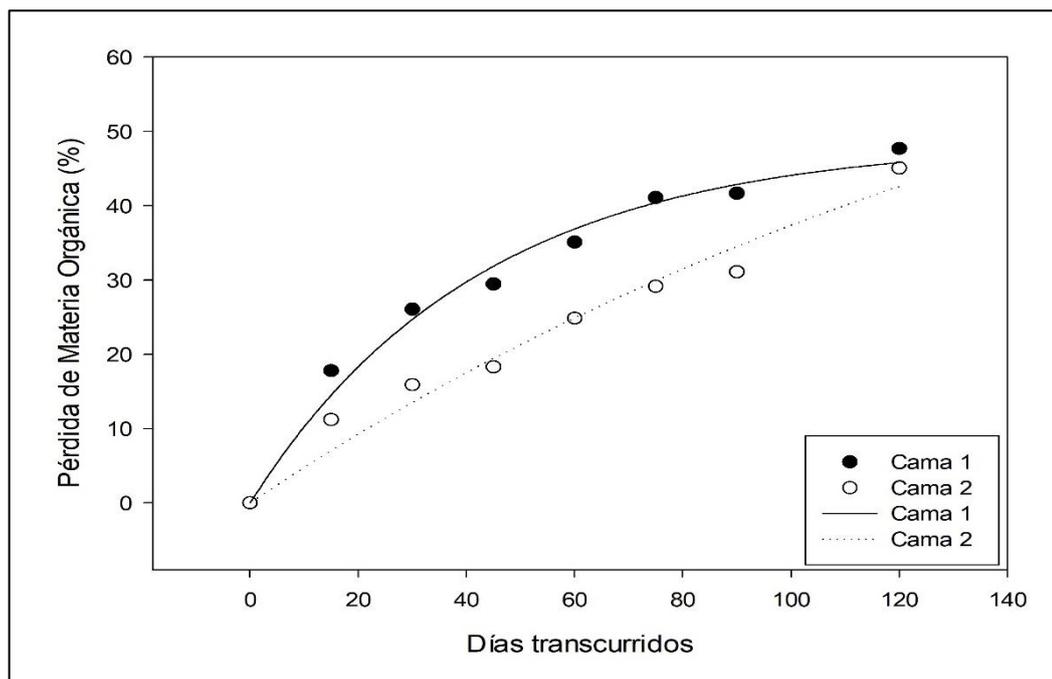


Ilustración 2-3: Degradación de la materia orgánica del proceso de vermicompostaje

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

En la gráfica 2-3 se evidencia que en la cama 1 en comparación con la cama 2 la concentración de MO en un inicio fue mayor, esto se debe a que la cama 1 tiene mayor cantidad de abono de cuy, durante el proceso de vermicompostaje la concentración de MO decreció progresivamente

de 66,76 a 51,24% y 61,72 a 46,97% respectivamente (Tabla 2-3), (Román et al. 2015, p.11) menciona que a lo largo de la etapa de maduración existe pérdida de materia orgánica, evidenciándose así la mineralización de la materia orgánica, indicando la estabilidad del producto obtenido.

Para la determinación de la pérdida de materia orgánica del proceso de vermicompostaje se empleó una ecuación cinética de primer orden (Tabla 4-3):

Tabla 4-3: Parámetros para determinar la pérdida de materia orgánica

Cama	A	SD	k	SD	R	F	
1	48,6733	2,692	0,0236	0,0032	0,9839	366,7575	***
2	86,2417	36,6875	0,0057	0,0031	0,9679	181,0379	***

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

$$Pérdida\ de\ MO = A(1 - e^{-kt})$$

Donde:

A= máxima degradación de materia orgánica

k= constante de velocidad

t= tiempo transcurrido en días

La Tabla 4-3 indica que ambas camas obtuvieron valores de A similares a los encontrados por diferentes autores. Sin embargo, los valores de k fueron similares a los encontrados por los autores antes mencionados, estos resultados indican que la cama 1 obtuvo mayor velocidad de degradación de la materia orgánica a comparación de la cama 2, dicha variación puede relacionarse al tipo de sustrato a vermicompostar de cada unidad experimental (Gavilanes et al. 2016, pp.131).

Tabla 5-3: Concentración de aniones en vermicompost iniciales y finales

	Cl⁻ (mg /kg)	SO₄²⁻ (mg /kg)	NO₃⁻ (mg /kg)	PO₄³⁻ (mg /kg)
Cama 1: Residuos de mercado (300kg) + Abono de Cuy (700kg)				
Inicial	322,77	4799,80	2719,89	6047,76
Maduro	553,85	3066,15	3572,74	6366,98
Cama 2: Residuos de mercado (500kg) + Abono de Cuy (500kg)				
Inicial	287,50	1999,64	2079,62	6494,88
Maduro	660,06	3999,19	5065,64	7550,49

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

En la Tabla 5-3 se observa que la concentración de aniones es muy diversa, se registra que en ambas camas la concentración de cloruros (Cl^-), nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}) aumenta, mientras que en la cama 1 los sulfatos (SO_4^{2-}) disminuyen y en la cama 2 aumenta (4799,80 a 3066,15 y 1999,64 a 3999,19 respectivamente). Se encontraron resultados similares por (Sinche, 2015, pp.99).

3.1.5. Concentración de macronutrientes y metales pesados

Tabla 6-3: Concentración de macronutrientes y metales pesados en los vermicompost maduros

	Vermicompost 1	Vermicompost 2	Directrices* EE.UU ¹	Directrices Europeas ²	Criterios ecológicos para mejoradores de suelos ³
MO (%)	51,24	46,97	50-60	>15	>20
Macronutrientes (g Kg⁻¹)					
NT	30,6	30,1	>10	-	<30
P	3,17	3,20	>10	-	-
Na	1,93	2,23	-	-	-
K	30,76	22,40	-	-	-
Metales pesados (mg Kg⁻¹)					
As	0,36	0,35	41	-	10
Se	0,20	0	100	-	1,5
Cd	0,15	0,12	39	1,5	1
Hg	0,014	0,009	17	1	1
Pb	0,795	0,866	41	-	10

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

En la tabla 6-3 se registra el contenido de macronutrientes y metales pesados obtenidos al final del proceso de vermicompostaje. El porcentaje de materia orgánica para ambas camas de vermicompostaje se encuentran dentro del rango propuesto por la norma US Composting Council (2001), además cumplen con los límites expuestos en las normas European Commission (2014) y Ecological criteria to soil improvers (2006).

Con respecto a la concentración de NT, ambas camas de vermicompost cumplen con lo establecido por US Composting Council (2001) y Ecological criteria to soil improvers (2006) para su uso en la agricultura, sin embargo la concentración de fósforo no cumple con el rango propuesto por la US Composting Council (2001) ya que es menor a 10. Resultados parecidos fueron encontrados en la investigación de (Asqui et al. 2022, pp.87), además hacen referencia a la importancia que tienen el N, P y K para el metabolismo de los microorganismos y su división celular (Rojas et al. 2016, pp.2051).

Las concentraciones de metales pesados (As, Se, Cd, Hg, Pb) en ambos tratamientos se encuentran por debajo de los límites establecidos en las normas US Composting Council (2001) y European Commission (2014), se puede observar que en ambas camas la concentración más baja es de Hg y la concentración más alta es de Pb (Tixe & Ruiz, 2018, p. 74).

3.1.6. Dinámica poblacional

Tabla 7-3: Dinámica poblacional de la lombriz de tierra en el vermicompostaje

Compostaje (días)	Jóvenes	Precliteliadas	Cliteliadas	Maduras	Total
Cama 1: Residuos de mercado (300kg) + Abono de Cuy (700kg)					
15	133,3	533,3	0	0	666,67
30	755,56	1022,2	533,3	44,4	2355,56
45	1555,56	1422,2	400	0	3377,78
60	2044,44	2000	577,8	533,3	5155,56
75	1600	2044,4	533,3	444,4	4622,22
90	1511,11	1600	533,3	222,2	3866,67
Cama 2: Residuos de mercado (500kg) + Abono de Cuy (500kg)					
15	88,89	533,33	88,89	0	711,11
30	977,78	1155,6	222,2	44,4	2400
45	1422,22	1466,7	266,7	44,4	3200
60	1777,78	2311,11	533,3	488,9	5111,11
75	1688,89	1600	488,9	622,2	4400
90	1244,44	800	400	311,1	2755,56

Realizado por: Oñate, Cynthia, 2023.

La Tabla 7-3 muestra el total de lombrices de tierra a los 90 días, así como la variación entre la población inicial y final en ambas camas de vermicompostaje. En estas se observa que posterior a los 60 días presentó una disminución en la población, según (Aira & Domínguez, 2010, pp.394) el sustrato que sirve de alimento para las lombrices determina su desarrollo y reproducción, interviniendo así en el crecimiento de la población, además, (Gutiérrez et al. 2007, pp.6) mencionan que el decrecimiento de la población puede deberse a una disminución de nutrientes de los vermicomposts utilizados. Sin embargo, se evidencia que la cama 1 presenta mayor población en comparación con la cama 2, una investigación realizada por (Canales et al. 2020, pp.90) indican que las lombrices incrementan su biomasa al tener como alimento abono de animales.

CONCLUSIONES

- Se determinó mediante una revisión las condiciones óptimas para llevar a cabo el proceso de vermicompostaje; además, se realizó la caracterización inicial de los residuos vegetales del mercado y abono de cuy para calcular la humedad y la relación de Corg/NT óptima para cada cama, los parámetros usados para dichos cálculos son la materia orgánica, humedad, carbono y nitrógeno total. Cada tratamiento estuvo dispuesto de la siguiente manera: para la CAMA 1: RM(300kg) + AC(700kg) y para la CAMA 2: RM(500kg) + AC(500kg).
- Previo al proceso de vermicompostaje, se estableció un precompostaje adecuando el sustrato para las lombrices. En estos procesos se controlaron parámetros físico-químicos, químicos y biológicos como temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, polifenoles, macronutrientes, micronutrientes, metales pesados e índice de germinación. Para el proceso de vermicompostaje se realizaron volteos cada 15 días permitiendo la aireación y la homogenización de cada unidad experimental para controlar la temperatura y humedad requeridas para el desarrollo de las lombrices de tierra.
- Se evaluó la calidad de los vermicompost finales mediante análisis físico-químicos, químicos y biológicos; la concentración de la MO se encuentra dentro del rango establecido por las normas US Composting Council (2001), European Commission (2014) y la Ecological criteria to soil improvers (2006); la relación Corg/NT en ambas camas cumplen con lo establecido que es < 20 , sin embargo el porcentaje de índice de germinación en ambas camas es menor al 50%. Mediante lo observado se determinó que el vermicompost que obtuvo mejores resultados fue la cama 1 compuesta por RM (300kg) + AC (700kg), ya que tuvo mayor índice de germinación y menor concentración de polifenoles en comparación con la cama 2.

RECOMENDACIONES

- En la preparación de las camas de vermicompostaje, realizar un precompostaje durante un corto periodo de tiempo para crear una mezcla perfecta de sustrato para las lombrices.
- Controlar los parámetros *in situ* diariamente a una hora determinada durante el proceso de vermicompost debido a que afecta directamente al desarrollo y reproducción de la lombriz de tierra.
- Elaborar abonos orgánicos mediante el tratamiento de los residuos orgánicos como el vermicompostaje con el objetivo de reemplazar el uso de abonos químicos e impulsar la elaboración de abonos orgánicos y su potencial uso como enmienda de suelos agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, C et al. *Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de Einsenja foetida*. *Agronomía Costarricense*. 2018.

AINA, M. y GÓMEZ, L. *La Lombriz de tierra*. 2017, pp. 312-314.

AIRA, M. y DOMÍNGUEZ, J. *Las lombrices de tierra y los microorganismos : desentrañando la caja negra del vermicompostaje*. *Acta zoológica mexicana* [en línea], 2010, vol 2, pp.385–395. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a29.pdf>

AL-SAHARI, M et al. *Natural Coagulates for Wastewater Treatment; A Review for Application and Mechanism*. Editor-in-Chief. [en línea], 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149505021.pdf>

ÁLVAREZ, B. *Vermicompostaje de residuos orgánicos por Dendrobaena veneta y evaluación de su ciclo de vida*. [en línea]. 2017. Disponible en: [file:///D:/RESPALDOS%202022/Documents/ESPOCH/TESIS/biblio/AlvarezBesadio_Barbara_TFM_2017%20\(1\).pdf](file:///D:/RESPALDOS%202022/Documents/ESPOCH/TESIS/biblio/AlvarezBesadio_Barbara_TFM_2017%20(1).pdf)

ANDREONI, I. et al. *Manual De Vermicompostaje: Cómo reciclar nuestros residuos orgánicos*. *Montevideo Ambiente* [en línea], vol. 1. 2018 pp. 1-208. Disponible en: <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/imvermicompostajeinterior.pdf>.

ARCADIS. *Guía de Compostaje Domiciliario: Cómo combatir el Cambio Climático a través del reciclaje de orgánicos* [en línea]. *Reciclo orgánico*. 2019. pp. 34. Disponible en: <https://acuerdochilecanada.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/02/Guia-Compostaje-Domiciliario.pdf>

ARROYO, F. *La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo* [en línea] 2018. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/786/909>

ASQUI, C y SERRANO, C. *Co-compostaje de residuos florícolas del mercado de flores de la ciudad de Ambato con residuos orgánicos provenientes del mercado la Condamine de la ciudad de Riobamba*. [en línea]. 2022. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17650/1/236T0638.pdf>

BARREROS, E. *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (cavia porcellus), enriquecido.* [en línea]. 2017. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28263%0Awww.uta.edu.ec>

BHAT, S et al. *Potential utilization of bagasse as feed material for earthworm Eisenia fetida and production of vermicompost.* *SpringerPlus.* [en línea]. Vol. 4, no. 1. 2015. pp.1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40064-014-0780-y>

BUSTAMANTE, M. et al. *Co-composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability.* *Journal of elsevier* [en línea], 2008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.03.030>

CAJAS, M. *Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de Vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil.* [en línea]. 2012. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5224/1/UPS-QT03885.pdf>.

CAMILETTI, J. *Estudio del vermicompostaje de compost de residuos orgánicos distinta naturaleza.* *Universidad Miguel Hernández De Elche* [en línea], vol. 1. España. 2017. Disponible en: [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM Camiletti Morales%2C Justin.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM%20Camiletti%20Morales%20Justin.pdf)

CANALES, A. et al. *Crianza de eisenia foetida (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico.* *Ecología Aplicada* [en línea], 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v19n2/1726-2216-ecol-19-02-87.pdf>

CASTRO, E. *Determinación de la efectividad del lombricompostaje en la estabilización de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín.* [en línea]. 2020. Disponible en: [http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/672%0Ahttp://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/3378/INFORME DE TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/672%0Ahttp://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/3378/INFORME%20DE%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

FAO. *Manual de compostaje del agricultor* [en línea]. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

DURÁN, L et al. *Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos.* *Agronomía costarricense* [en línea], 2007. Disponible en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v31n01_041.pdf

FERNÁNDEZ, M. *Aplicación de la tecnología del vermicompostaje para la valorización*

agronómica de residuos y destrios en invernaderos. [en línea], 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=61545>

FIGUEROA, C. *Relación carbono nitrógeno en el proceso de lombricompostaje y su potencial nutrimental en jitomate y menta*. [en línea]. 2013. Disponible en: http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2024/Romero_Figueroa_JC_MC_Edafologia_2013..pdf?sequence=1

FRANCISCO, A. y RODRÍGUEZ, Y. *Caracterización de residuos sólidos de mercados en Santo Domingo Oeste, Provincia Santo Domingo*. 2017.

GAVILANES, I et al. *Windrow composting as horticultural waste management strategy – A case study in Ecuador*. *Journal of elsevier* [en línea], 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15302105>

GÓMEZ, A. *Solucion nutritiva de biol a base de estiércol de cuy (*Cavia porcellus l.*) ovino (*Ovis aries*) y vacuno (*Bos taurus*) en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*) en puno*. [en línea], 2018. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279195>

GRAZIANI, P. *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales. IFinanciado por la unión europea* [en línea]. 2020 pp. 1-79. Disponible en: www.ambiente.gob.ec.

Gutiérrez, E. et al. *Dynamics population earthworm *Eisenia foetida* in fresh and composted manure of bovine and ovine*. *REDVET* [en línea]. 2007. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612662014.pdf>

JARA, J et al. *Biotransformación de residuos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Ecuador mediante compostaje*. *Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica* [en línea], 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/666/66669987011/html/>

JOYMATI, L. *A Guide to vermicomposting-production process and socio economic aspects*. [en línea], 2018. Disponible en: <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Manual-de-Compostaje.pdf>.

MEJÍA, E y RAMOS, S. *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la empresa*

Mancomunada de aseo de los cantones Colta, Alausi y Guamote, mediante tratamientos biológicos, compostaje, co- compostaje, vermicompostaje y Takakura. [en línea]. 2019. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10799>.

MEJÍA, P. *Manual lombricultura. Agroflore Lombricultura* [en línea]. 2018. Disponible en: [https://cdn.websiteditor.net/a6d5d07bd07b4ebbb41c70f03402e2a8/files/uploaded/Manual%2520de%2520lombricultura.pdf%0Ahttp://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual de Lombricultura.pdf](https://cdn.websiteditor.net/a6d5d07bd07b4ebbb41c70f03402e2a8/files/uploaded/Manual%2520de%2520lombricultura.pdf%0Ahttp://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf).

MENDOZA, D. *Vermicompost Y Compost De Residuos Hortícolas Como Componentes De Sustratos Para La Producción De Planta Ornamental Y Aromática. Caracterización De Los Materiales Y Respuesta Vegetal.* [en línea]. 2019. pp. 501. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/8685>

MIKOLIC, C. et al. *Manual De Vermicompostaje. Montevideo Ambiente*, vol. 1, no. 2. 2018. pp. 1-208.

MUPAMBWA, H y MNKENI, P. *Optimizing the vermicomposting of organic wastes amended with inorganic materials for production of nutrient-rich organic fertilizers: a review. Environmental Science and Pollution Research*, 2018.

NORMATIVA EUROPEA. *Diario oficial de la unión europea* [en línea]. 2019. pp. 59-60. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2019/170/L00001-00114.pdf>

PINILLA, C. *Análisis comparativo de humus de lombriz en criaderos de Eisenia foetida.* [en línea]. 2019. Disponible en: [http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/10313/1/Tesis Claudia Pinilla.pdf](http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/10313/1/Tesis%20Claudia%20Pinilla.pdf)

PON, J. *Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo. Caso 4 Residuos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe* [en línea]. 2019. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf.

PULLOPAXI, A. *Tratamiento de residuos orgánicos generados en el bioterio de la facultad de ciencias de la escuela superior politécnica de Chimborazo mediante compostaje.* [en línea]. 2019. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fdspace.es>

poch.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F13320%2F1%2FTESIS%2520GUIDO%2520MORALES%2520%252c%2520Final.pdf&cien=1723924.

REGLAMENTO (CE). *Diario oficial de la unión europea* [en línea]. 2002. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002R1070101&from=SL>

ROMÁN, P et al. *Manual de compostaje del agricultor* [en línea] 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

ROJAS, A. *Evaluación de compost con presencia de metales pesados en el crecimiento de Azospirillum brasilense y Glomus intraradices. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149505021.pdf>

SANVEYN, H. y EDER, P. *End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate)* [en línea]. 2019. Disponible en: [file:///D:/RESPALDOS%202022/Downloads/eow%20biodegradable%al%20report%20\(1\).pdf](file:///D:/RESPALDOS%202022/Downloads/eow%20biodegradable%al%20report%20(1).pdf)

SINCHE, A. *Efecto del porcentaje de estiércol de cuy y estiércol de conejo en el proceso de compostaje de los residuos sólidos domiciliarios de la cabecera parroquial san luis.* [en línea]. 2018. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17671/1/236T0648.pdf>

SANCHEZ, J. *Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, Eisenia foetida y Lumbricus sp., en la provincia de Arequipa.* [en línea]. 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4777>

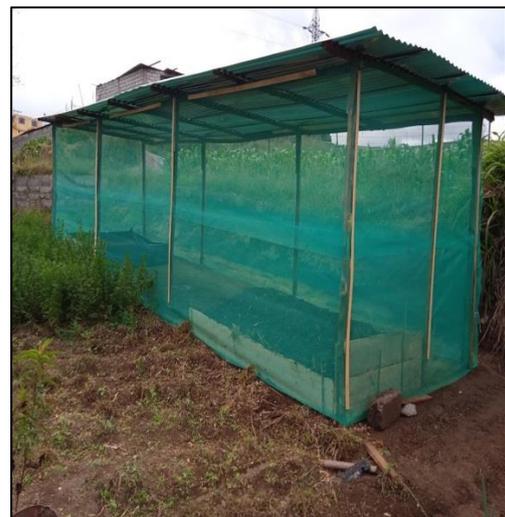
TIXE, M y RUIZ, B. *Efecto del porcentaje de poda sobre el proceso de compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) del relleno sanitario de Porlón.* [En línea] 2017. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10549>

VALENCIA, E et al. *Polifenoles : propiedades antioxidantes y toxicológicas Polyphenols : antioxidant and toxicological properties.* *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas* [en línea], 2017. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29781/1/2.%201583-4794-2-PB.pdf>

VILLEGAS, Victor y LAINES, José. *Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos.* *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2017.

ANEXOS

ANEXO A: LIMPIEZA Y CONSTRUCCIÓN DEL TECHADO



ANEXO B: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE MERCADO Y ABONO DE CUY



ANEXO C: ELABORACIÓN DE PILAS DE PRECOMPOSTAJE



ANEXO D: ELEBORACIÓN DE CAMAS DE VERMICOMPOSTAJE



ANEXO E: MONITOREO DEL VERMICOMPOSTAJE Y VOLTEO DE CAMAS



ANEXO F: ANÁLISIS DE NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS Y ABONO DE CUY



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRES: Cynthia Paola Oñate Pacheco

INFORME N° 007– 22

N° SE: 007–22

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

DIRECCIÓN: Cdl. Amazonas - Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 17 – 03–22

TELÉFONO: 0983257663

FECHA DE INFORME: 23 – 03– 22

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Abono de cuy – Residuos vegetales

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MS - 027-22
MS - 028-22

Abono de cuy
Residuos vegetales

Abono de cuy
Residuos vegetales

El laboratorio se responsabiliza del análisis, pero no de la recolección de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MS – 027-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,89

MS – 028-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	1,99

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Ing. José Latorre S.



Firmado electrónicamente por:
**JUAN CARLOS
LARA ROMERO**

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



epoch

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: 26 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Cynthia Paola Oñate Pacheco
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1010-DBRA-UPT-2023