



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

ELABORACIÓN DE COMPOST A TRAVÉS DE LA
LUMBRICULTURA UTILIZANDO LOS DESECHOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS DEL MERCADO PRIVADO DE LA CIUDAD DE
MACAS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

MELISSA JAKELINE DELGADO JAYA

Macas – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

ELABORACIÓN DE COMPOST A TRAVÉS DE LA
LUMBRICULTURA UTILIZANDO LOS DESECHOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS DEL MERCADO PRIVADO DE LA CIUDAD DE
MACAS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: MELISSA JAKELINE DELGADO JAYA

DIRECTOR: ING. ROGELIO ESTALIN URETA VALDEZ Msc.

Macas – Ecuador

2024

© 2024, **Melissa Jakeline Delgado Jaya.**

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, Melissa Jakeline Delgado Jaya, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 10 de junio del 2024.


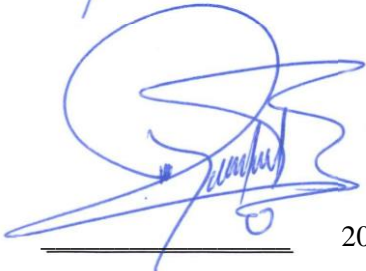



Melissa Jakeline Delgado Jaya

1400972608

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **ELABORACIÓN DE COMPOST A TRAVÉS DE LA LUMBRICULTURA UTILIZANDO LOS DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO PRIVADO DE LA CIUDAD DE MACAS**, realizado por la señorita: **MELISSA JAKELINE DELGADO JAYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Samuel Eduardo Arias Alemán, MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2024-06-10
Ing. Rogelio Estalin Ureta Valdez MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-10
Ing. Goering Octavio Zambrano Cárdenas MsC. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-10

DEDICATORIA

Este Proyecto Técnico de Integración Curricular va dedicado con todo mi amor y cariño a mis padres Nancy y Oswaldo, quienes han sido mis pilares en cada decisión que he tomado a lo largo de mi vida y sin ellos no hubiera alcanzado este pequeño objetivo personal y gran logro académico, a mis hermanos Jhonatan y Pamela por acompañarme, motivarme en aquellos momentos de adversidades y considerarme un ejemplo para ellos, a mi mejor amigo Erick por enseñarme a vivir y brillar.

Melissa

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento se lo debo a Dios quién me ha guiado, brindado sabiduría y fortaleza para poder culminar con este objetivo; a mis familiares cercanos, que siempre me ha apoyado a lo largo de mi vida en cada decisión que he tomado, mis padres y hermanos, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

Melissa

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY / ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	Justificación.....	4
1.2.1.	<i>Justificación Teórica</i>	4
1.2.2.	<i>Justificación Práctica</i>	5
1.3.	Objetivos.....	5
1.2.3.	<i>Objetivo General</i>	5
1.2.4.	<i>Objetivos Específicos</i>	6

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	Bases teóricas.....	7
2.1.1.	<i>Residuos sólidos orgánicos</i>	7
2.1.2.	<i>Clasificación de los residuos sólidos</i>	7
2.1.3.	<i>Compostaje</i>	8
2.1.4.	<i>Sistemas de compostaje</i>	9
2.1.4.1.	<i>Sistemas abiertos</i>	9
2.1.4.2.	<i>Sistemas cerrados</i>	9
2.1.5.	<i>Proceso de compostaje</i>	9
2.1.6.	<i>Etapas del compostaje</i>	10
2.1.6.1.	<i>Etapa mesofílica</i>	10
2.1.6.2.	<i>Etapa termofílica</i>	10
2.1.6.3.	<i>Etapa de maduración</i>	10

2.1.7.	<i>Lumbricultura</i>	10
2.1.8.	<i>Lombriz Roja Californiana</i>	11
2.1.8.1.	<i>Características morfológicas y fisiológicas</i>	11
2.1.8.2.	<i>Ciclo de vida de las lombrices</i>	11
2.1.9.	<i>Vermicompostaje</i>	11
2.1.10.	<i>Importancia del vermicompostaje</i>	11
2.1.11.	<i>Condiciones óptimas para la lumbricultura</i>	12
2.1.12.	<i>Tipos de sistemas de lumbricultura</i>	12
2.1.12.1.	<i>Escala doméstica</i>	13
2.1.12.2.	<i>Pequeña escala o escala de laboratorio</i>	13
2.1.13.	<i>Alimentación de las lombrices</i>	13
2.1.13.1.	<i>Estiércol de vaca</i>	13
2.1.13.2.	<i>Estiércol de gallina o gallinaza</i>	13
2.1.13.3.	<i>Estiércol de caballo</i>	14
2.1.13.4.	<i>Estiércol de cuyes</i>	14
2.1.14.	<i>Microorganismos que degradan la materia orgánica</i>	14
2.1.15.	<i>Ventajas del vermicompost sobre las propiedades del suelo</i>	15
2.1.16.	<i>Calidad Ambiental</i>	15

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	16
3.1.	Descripción de los procesos	16
3.1.1.	<i>Selección de las lombrices</i>	16
3.1.2.	<i>Preparación de la compostera</i>	16
3.1.2.1.	<i>Preparación del suelo</i>	17
3.1.2.2.	<i>Medición de la compostera:</i>	17
3.1.2.3.	<i>Construcción de la compostera</i>	18
3.1.3.	<i>Acondicionamiento del sustrato</i>	18
3.1.4.	<i>Introducción de las lombrices</i>	19
3.1.5.	<i>Mantenimiento del sistema</i>	20
3.1.6.	<i>Recolección del compost</i>	20
3.1.7.	<i>Materiales</i>	20
3.1.8.	<i>Normas y enfoque</i>	21
3.1.9.	<i>Norma legal</i>	21
3.2.	Enfoque	24

3.2.1.	<i>Cualitativo</i>	24
3.2.2.	<i>Cuantitativo</i>	24
3.3.	Alcance del proyecto	25
3.4.	Diseño del proyecto	25
3.4.1.	<i>Según el manejo de la variable</i>	25
3.4.1.1.	<i>Variable dependiente</i>	25
3.4.1.2.	<i>Variable independiente</i>	25
3.5.	Tipo de estudio	26
3.5.1.	<i>Area de Estudio</i>	26
3.6.	Métodos empleados para el análisis del Compost	27

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	28
4.1.	Análisis del Vermicompost para cada Tratamiento	28

	CONCLUSIONES	38
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	40
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Clasificación de los residuos sólidos	7
Tabla 2-2:	Parámetros óptimos de lombricompostaje.....	12
Tabla 2-3:	Microorganismos y sus funciones en el compostaje	14
Tabla 2-4:	Efectos y ventajas del vermicompostaje.....	15
Tabla 3-1:	Tratamientos del proyecto	17
Tabla 3-2:	Materiales utilizados en el campo.	20
Tabla 3-3:	Normativa legal según la Constitución de la República del Ecuador.....	21
Tabla 3-4:	Resolución 0218 y su Manual Técnico.....	22
Tabla 3-5:	Método AOAC 999.11 modificado: Normativa legal según Código del Ambiente Orgánico (COA).....	22
Tabla 3-6:	Reglamento del Código Orgánico del Ambiente.....	23
Tabla 3-7:	Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria	24
Tabla 3-8:	Parámetros y métodos empleados en el análisis del compost.....	27
Tabla 4-1:	Análisis de los resultados consolidados de los tratamientos en el proceso de compostaje mediante lombricultura con la lombriz Eisenia foetida.....	28
Tabla 4-2:	Valores de Carbono, Nitrógeno y Humedad de los materiales ocupados en los Tratamientos.....	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Transformación de la materia orgánica y sus productos finales	9
Ilustración 3-1:	Mapa de ubicación del área de estudio.	26
Ilustración 4-1:	N, P y K obtenidos del proceso de Compostaje con Eisenia foetida.	31
Ilustración 4-2:	Cu, Mn y Zn obtenidos del proceso de Compostaje con Eisenia foetida.....	32
Ilustración 4-3:	Ca y Mg obtenidos del proceso de Compostaje con Eisenia foetida	32
Ilustración 4-4:	Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 0.	35
Ilustración 4-6:	Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 1.	35
Ilustración 4-7:	Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 2.	36
Ilustración 4-8:	Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 3.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ADAPTACIÓN DE LA COMPOSTERA

ANEXO B: RECOLECCIÓN DE LOS RSO DEL MERCADO PRIVADO.

ANEXO C: RECOLECCIÓN DE ESTIÉRCOL

ANEXO D: ELABORACIÓN DEL COMPOST

ANEXO E: CUIDADO Y DUPLICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE LOMBRICES

ANEXO F: INTRODUCCIÓN DE LAS LOMBRICES AL COMPOST

ANEXO G: APLICACIÓN DE COMPOST A PLANTAS

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-4: Cálculo de la relación Carbono/Nitrógeno de una masa compostable mediante la fórmula matemática de Richard y Trautmann	34
---	----

RESUMEN

El problema de la acumulación de desechos sólidos orgánicos en la ciudad de Macas, que no reciben un tratamiento adecuado, afecta negativamente al medio ambiente. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue elaborar compost mediante un proceso biológico de lombricultura utilizando la lombriz californiana roja (*Eisenia foetida*). La metodología incluyó la recolección de residuos sólidos orgánicos (RSO) del mercado privado de Macas y su procesamiento con diferentes tipos de estiércoles (bovino, cuy, equino y gallinaza). Los parámetros del compost fueron analizados mediante pruebas de laboratorio. Los resultados mostraron que el pH del compost osciló entre 7,1 y 7,2, dentro del rango estándar de 6,5 a 7,5. Se observó que el Tratamiento 3, con gallinaza, presentó la mayor concentración de Nitrógeno (N), mientras que el estiércol de bovino presentó valores superiores de Fósforo (P). Los tratamientos también mostraron diferentes concentraciones de micronutrientes como Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn). La relación C/N, calculada utilizando la ecuación de Richard y Trautmann, fue de 27,64 para el Tratamiento 0 y de 32,52 para el Tratamiento 1, ambos dentro del rango ideal de 25 a 35. En conclusión, la lombricultura demostró ser un método eficiente para la generación de nutrientes esenciales en el compost, con variaciones en la calidad del compost dependiendo de los materiales utilizados. Se recomienda monitorear constantemente el pH, agregar ceniza de madera, aprovechar residuos de otros sectores, controlar estiércoles, explorar tecnologías y realizar análisis periódicos para evaluar la eficacia del vermicompost.

Palabras clave: <COMPOST ORGÁNICO>, <LOMBRICULTURA>, <LOMBRIZ CALIFORNIANA ROJA(*Eisenia foetida*)>, <RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS>, <VERMICOMPOSTAJE>.

1006-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The problem of the accumulation of organic solid waste Macas city, which does not receive adequate treatment, negatively affects the environment. Therefore, the aim of this study was to elaborate compost through a biological vermiculture process using the red California earthworm (*Eisenia foetida*). The methodology included the collection of organic solid waste (OSW) from the private market of Macas and its processing with different types of manure (bovine, guinea pig, equine and chicken manure). The compost parameters were analyzed by laboratory tests. The results showed that the pH of the compost ranged from 7.1 to 7.2, within the standard range of 6.5 to 7.5. It was observed that Treatment 3, with chicken manure, presented the highest concentration of nitrogen (N), while cattle manure presented higher values of phosphorus (P). The treatments also showed different concentrations of micronutrients such as calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). The C/N ratio, calculated using the Richard and Trautmann equation, was 27.64 for Treatment 0 and 32.52 for Treatment 1, both within the ideal range of 25 to 35. In conclusion, vermiculture proved to be an efficient method for the generation of essential nutrients in compost, with variations in compost quality depending on the materials used. It is recommended to constantly monitor pH, add wood ash, take advantage of residues from other sectors, control manures, explore technologies and perform periodic analyses to evaluate the efficacy of vermicompost.

Key words: <Organic compost>, <LOMBRICULTURE>, <RED CALIFORNIA LOMBRIZE (*Eisenia foetida*)>, <URBAN SOLID WASTE>, <VERMICOMPOSTING>.



Silvia Elizabeth Cárdenas Sánchez

C.I. 0603927351

INTRODUCCIÓN

La gestión de desechos sólidos es un problema global que contribuye a la contaminación ambiental atribuyendo a la interrupción de los ciclos de los recursos naturales al igual que los diversos efectos en la flora, fauna y en el ser humano (Rodríguez y Baca, 2022, p.50). Mediante un estudio realizado en América Latina y El Caribe se evidenció que los residuos sólidos domiciliarios (RSD) alcanza el 0,63 kg/hab/día y de residuos sólidos urbanos (RSU) llega al 0,96 kg/hab/día, estimando que se generan diariamente 296 mil toneladas de RSD y 426 mil toneladas de RSU, y de ese total el 45% no tiene proceso de reciclaje o tratamiento adecuado (Consejo Nacional de Competencias (CNC), 2019, p.11). En el Ecuador la situación de residuos sólidos sigue la misma estructura de los países en vías de desarrollo con una media de producción urbana de 0,81 kg de residuos diarios por habitante (Solís, 2015, p.22); el manejo, distribución y organización de desechos lo realizan los gobiernos autónomos descentralizados municipales (Cando, 2022, p.19), sin embargo, se ha evidenciado que en el relleno sanitario de la ciudad de Macas los desechos sólidos orgánicos no poseen un tratamiento y destino final adecuado.

Con la finalidad de minimizar los problemas ambientales que se generan como resultado del mal manejo de los desechos sólidos orgánicos y contaminación por pesticidas, en este proyecto se ha enfocado en utilizar una metodología que tenga el menor impacto ambiental para la elaboración de compost, como es la lombricultura a partir de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y de ella se obtiene un abono comúnmente conocido como humus (Quentin, 2021, p.1), es una forma de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (RSO) y el estiércol de los animales que al formar parte del compost, resuelve y favorece a la desnitrificación del suelo a largo plazo, mejora la estructura edáfica, incrementa la aireación, reduce la erosión y ayuda mantener una agricultura sostenible (Ramírez et al. 2016, p.15).

En la actualidad, los productos químicos son de uso común para cualquier tipo de agricultor que busca tener mejores resultados en sus cultivos y plantas; generando problemas en el medio ambiente, como es la erosión, desgaste, destrucción del suelo y consecuencias a la salud, dejando de lado la agricultura sostenible (Cobaleda, 2015, p.11). Los pesticidas son sustancias complejas de origen químico que son muy necesarios al resolver los problemas que generalmente son para plantaciones agrícolas. Sin embargo, pueden causar una serie de riesgos que son mayores que sus ventajas si no se usan correctamente (Ramírez, 2018, p.1), se considera que el uso de sustancias tóxicas conlleva riesgos en la salud de los trabajadores agrícolas, población en general y como también impactos ambientales de gran preocupación debido a su resistencia al agua, humedad, radiación, biodegradación y contaminación del aire (Chiliquinga et al., 2022, p.3).

La lombricultura se considera una actividad alternativa en la agricultura, que está regulada por normas similares que están encaminadas a las actividades agrícolas pecuarias, que requiere conocimiento sobre la biología de los anélidos y acerca de las tecnologías para la crianza, nutrición y reproducción (Paco et al. 2012, p.1). La agricultura moderna al estar enfocada en nutrir los suelos con elementos inorgánicos que sin la existencia de microorganismos, dificulta la asimilación de los nutrientes en las plantas, sin embargo, existen varias metodologías orgánicas para recuperar suelos mediante diferentes procesos biológicos como biodegradación, biotransformación, fitorrecuperación, bioventing y el compost orgánico que es el tema de análisis de esta investigación, esta se forma con desechos orgánicos descompuestos vía aeróbica o anaeróbica y gracias a sus múltiples beneficios permite la producción de sustancias necesarias para la mineralización del suelo como el humus que es el resultado final de la lombricomposta. (Diago 2016, p.6-8).

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La acumulación de desechos sólidos, con el transcurso del tiempo y las generaciones, se ha convertido en un problema que afecta al ambiente y a la salud pública (Delgado, 2016, p.312). A pesar de que siempre se han generado desechos en el mundo, el problema tiende a empeorar debido al desmedido aumento de la sobrepoblación mundial que incentiva a una mayor producción y consumo de bienes y servicios; en la clasificación de los desechos sólidos existen dos grandes grupos, orgánicos e inorgánicos (Zevallos, 2021, p.50). Los inorgánicos que incluye plástico, vidrio, metal, entre otros; y los orgánicos constituido por materia que se degrada rápidamente y producen mal olor durante la descomposición (Flores, 2009, p.122-).

El tratamiento integral de los desechos sólidos, debe tener lugar desde el departamento de manejo de desechos que se lleva a partir de la generación hasta su disposición final, para evitar riesgos a la salud de la población y el deterioro de la calidad ambiental (Toro et al.). Sin embargo, el déficit de servicio y la falta de una infraestructura sanitaria para la disposición final de desechos sólidos municipales han originado la formación de botaderos en las ciudades en las que se generan los residuos sólidos y no se aplican las medidas sanitarias y de seguridad correspondiente, promoviendo la propagación de vectores de contaminación, prácticas insalubres de separación y alimentación de animales con residuos sólidos (Tixe y Ruiz, 2018, p.1).

En todo el mundo, el desgaste de la superficie edáfica es producto de la deforestación, las incorrectas prácticas agrícolas y el crecimiento poblacional urbano (FAO y MADS, 2018, p.12). La degradación del suelo como fruto de la erosión destruye el hábitat de especies, microorganismos, animales, plantas y llena de sedimentos los océanos, lagos, ríos, canales y embalses de navegación. Todo tipo de erosión puede perjudicar países e incluso regiones completas, al igual que se reduce el hábitat de varias especies de animales y plantas endémicas, disminuye la producción agraria e incita varias pérdidas económicas (Grijalbo, 2016, p.36).

Actualmente en la ciudad de Macas, el manejo de residuos sólidos se limita a la recolección de los mismos y como la disposición final se destina al relleno sanitario a cielo abierto que posee un limitado manejo técnico y sin que se realice una clasificación adecuada de los residuos que ingresan al mencionado botadero, dentro el cantón Morona se cuenta con alrededor de 41.155

habitantes los cuales mantienen altos índices de contaminación ambiental como consecuencia de la ausencia de una normativa que regule la gestión de los desechos sólidos, lo que a largo plazo causa deterioro del ambiente y pone en riesgo la salud de los habitantes (Ibáñez et al. 2021, p.1897); por ende, no existe un aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos y este se convierte en un desecho sólido generador de malos olores y proliferador de vectores.

La gran cantidad de residuos orgánicos que podrían ser reciclados y aprovechados, en la actualidad generan problemas de acumulación que se convierte en un foco de contaminación ambiental (Torren del et al., 2008, p35). En virtud de lo antes expuesto, el presente proyecto técnico utilizó la lumbricultura como técnica para demostrar que se puede solucionar problemas referentes a la generación de los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) a gran escala e inclusive podría tener beneficios sociales como por ejemplo a los pequeños productores agrícolas, reduciendo impactos ambientales y buscando alternativas que mejoren la estructura del suelo ya que el humus es capaz de influir en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por medio de la descomposición de materia orgánica y reciclado de nutrientes (Carrera, 2019).

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación Teórica

La lumbricultura, también conocida como vermicompostaje, es la práctica de criar y utilizar lombrices de tierra para descomponer materia orgánica y producir compost de alta calidad, esta técnica se basa en principios teóricos sólidos y se justifica por varios motivos (Domínguez et al., 2010).

A continuación, se detallan cuatro aspectos de vital importancia con respecto a la técnica de lumbricultura:

Ciclo de nutrientes: La lumbricultura se basa en el ciclo natural de nutrientes. Las lombrices de tierra descomponen los residuos orgánicos como son restos de alimentos y materia vegetal, en el compost mediante la digestión y descomposición de la materia orgánica. Este proceso de descomposición convierte los nutrientes contenidos en los residuos en formas más disponibles para las plantas, cerrando así el ciclo de nutrientes de manera sostenible (Clive, 2004, p. 7-9).

Producción de compost de alta calidad: El vermicompostaje produce un compost de alta calidad que es rico en nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, el proceso de digestión de las lombrices mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y

promueve el desarrollo de microorganismos beneficiosos(Villegas y Laines 2017); el compost resultante es más equilibrado en nutrientes y más beneficioso para las plantas que otros tipos de compost o abonos químicos (Naturland, 2015, p.1).

Reciclaje de residuos orgánicos: La lombricultura ofrece una solución ecológica para el manejo de residuos orgánicos; los residuos de cocina, los restos de jardín y otros materiales orgánicos que normalmente se desechan y que pueden ser utilizados en la elaboración de compost de calidad a través de la acción de las lombrices, esto reduce la cantidad de residuos enviados a los vertederos, minimiza la contaminación y ayuda a conservar los recursos naturales al aprovechar al máximo los nutrientes presentes en los desechos (Atiyeh et al., 2000).

Mejora de la calidad del suelo: El uso regular de vermicompost en la agricultura y la jardinería mejora la estructura y fertilidad del suelo debido a que el compost de lombriz ayuda a aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, mejora su aireación y drenaje, y promueve el crecimiento de microorganismos beneficiosos para la salud del suelo. Esto da como resultado un suelo más saludable y fértil, lo que a su vez contribuye a un mejor crecimiento de las plantas, mayor resistencia a enfermedades y una mayor producción de cultivos (Arrancón et al. 2003, p.731-732).

1.2.2 Justificación Práctica

La falta de valorización de los residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Macas, por parte del Gobierno Autónomo Municipal del Cantón Morona, impide mantener una alternativa de una agricultura sostenible que posibilite la elaboración de compost orgánico con una metodología que no contamine el ambiente. El desarrollo del presente proyecto técnico utilizó un tratamiento biológico como es la lombricultura, teniendo como materia prima los residuos sólidos orgánicos provenientes del Mercado Privado de la ciudad de Macas que habitualmente llegan al relleno sanitario en calidad de desecho o basura.

1.3 Objetivos

1.2.3 Objetivo General

Elaborar compost mediante un proceso biológico de lombricultura usando la lombriz californiana roja (*Eisenia foetida*).

1.2.4 Objetivos Específicos

- Establecer un método adecuado para la elaboración del compost.
- Analizar los parámetros del compost mediante pruebas de laboratorio.
- Determinar la eficiencia de la lombriz californiana en el proceso de compost.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Residuos sólidos orgánicos

Los desechos sólidos orgánicos son materiales de origen biológico que se descomponen o se biodegradan de forma natural (Nestlé, 2022, p.1). Estos residuos están compuestos principalmente por restos de alimentos, como cáscaras de frutas y verduras, residuos de jardín, como hojas y ramas, y otros materiales biodegradables, como papel y cartón (Pullopaxi 2019)

2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos

Existen diversas maneras de clasificar los residuos sólidos orgánicos, las cuales pueden ser por su composición química, por su utilidad económica, por su origen y por su riesgo.

Tabla 2-1: Clasificación de los residuos sólidos

Por su composición química	Orgánicos	Es todo aquello que se considera como desechos alimentarios (es decir, comida desechada y cualquier parte no comestible de un alimento), desechos de jardín (por ejemplo, hojas y recortes de hierba), cartón y otros productos de papel, desechos de madera desechos de mascotas (CCA 2017, p.4).
	Inorgánicos	Residuos que tienen propiedades que no son capaces de degradar de forma natural o su degeneración es muy lenta, como son materiales minerales, cartones plastificados, metales, pilas, entre otros.
Por su utilidad económica	Reciclables	Aquellos que pueden volver a ser usados como materia prima para ser insertados a la línea productiva y obtener nuevos productos
	No reciclables	Desechos que no pueden ser reutilizados debido a sus propiedades.
Por su origen	Agrícolas	Debido a su diversidad, se pueden dividir en orgánicos e inorgánicos, pero en su mayor parte son la naturaleza vegetal o animal y son fabricados por actividades agrícolas, pero los desechos inorgánicos también se incluyen en el fertilizante en las actividades agrícolas.

	Comerciales	Aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales.
	Constructivos	aquellos residuos fundamentalmente inertes generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a estas.
	Domiciliarios	Aquellos residuos generados en las actividades domesticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales desechables, restos de aseo personal y otros similares.
	Hospitalarios	Son residuos generados en los procesos y actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros.
	Industriales	aquellos residuos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: manufactura, minera, química, energética, pesquera y otras similares.
Por su riesgo	Inertes	Se trata de todo residuo que al ser depositado en vertederos no sufre cambios significativos a nivel físico, químico y biológico.
	No inertes	Todos aquellos residuos que de cierta forma tienen la propiedad de emitir radioactividad, corrosividad y toxicidad.
	Peligrosos	Son aquellos residuos que por sus características suponen un riesgo tanto para el medio ambiente como para los seres vivos. Se trata, en su mayoría, de aceites, disolventes y envases que hayan servido como contenedores de sustancias peligrosas.

Fuente: (Jiménez 2015; citados en Ruiz A, 2010, p.16)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

2.1.3 *Compostaje*

El compost es un abono orgánico que se obtiene de la transformación aerobia de la materia orgánica por intervención de diferentes agentes microbianos (Bohórquez, 2019); es un producto estable con olor agradable y múltiples propiedades beneficiosas para suelos y plantas, el compost garantiza a las plantas una reserva de sustancias nutritivas, favorece la absorción y retención de agua (Valnero et al, 2011, p.1).

2.1.4 Sistemas de compostaje

2.1.4.1 Sistemas abiertos

Son los más utilizados por su sencillez y económica, consisten en colocar los sustratos a compostar en montones o pilas que pueden estar al aire libre o protegidos de factores meteorológicos bajo techado y se distinguen dos sistemas fundamentales, los de pila móvil y los de pila estática (Tortosa, 2015, p.1).

2.1.4.2 Sistemas cerrados

En este sistema el compost no está en contacto directo con el aire, sino que se le es inyectado de manera controlada, mediante este sistema se puede prescindir de la labor de voltear la pila, aumentando la eficiencia del proceso disminuyendo los costos de operación (Zink, 2022, p.8).

2.1.5 Proceso de compostaje

El proceso de compostaje es un método natural de descomposición de materia orgánica, en el cual los microorganismos descomponen los residuos y los transforman en compost, un material rico en nutrientes que se puede utilizar como fertilizante para enriquecer el suelo (Cromell y National Gardening Association (U.S.) 2010); este proceso, está conformado por una secuencia de pasos que empieza por la selección de materiales, trituración o fragmentación, mezcla, humedad, aireación, temperatura y tiempo (Bortzirietako, 2020).

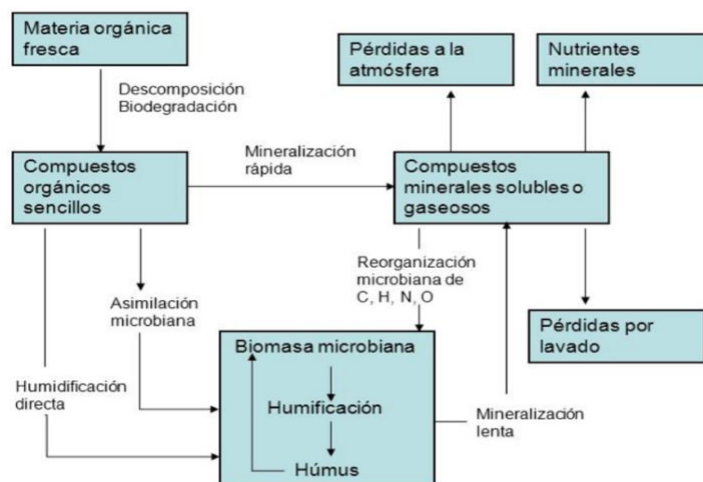


Ilustración 2-1: Transformación de la materia orgánica y sus productos finales

Fuente: (Porta et al 2003, p.183; citados en Sanclemente, 2011, p.9)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

2.1.6 Etapas del compostaje

2.1.6.1 Etapa mesofílica

Esta es la etapa inicial del compostaje, donde predominan los microorganismos mesófilos, que trabajan en temperaturas moderadas, es en dónde los materiales orgánicos comienzan a descomponerse, liberando calor como resultado de la actividad microbiana; cabe destacar que, en esta etapa, se descomponen los compuestos solubles y fácilmente degradables, como azúcares y proteínas (Epstein, 2019, p.171-173).

2.1.6.2 Etapa termofílica

En esta etapa, la temperatura del montón de compost aumenta significativamente debido a la proliferación de microorganismos termófilos, en estas altas temperaturas que pueden alcanzar entre 40°C y 60°C, favorecen la descomposición más rápida de la materia orgánica y ayudan a eliminar patógenos y semillas de malezas, las bacterias termófilas consumen mucho oxígeno, así que hay que voltear el montón de compost con regularidad para proporcionárselo, si no la temperatura puede bajar y no realizarse correctamente la degradación de parte de la materia orgánica y como producto de todo estos factores, el pH subirá (Contreras 2022).

2.1.6.3 Etapa de maduración

Es un periodo de fermentación lenta que puede llegar a durar 3 meses, en el que la parte menos biodegradable de la materia orgánica se va degradando y la temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008, p.19).

2.1.7 Lumbricultura

Como menciona (Restrepo et al, 2007, p.5) la lumbricultura es conocida por sus diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices, dónde la materia orgánica se transforma en abono mediante procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis, saneamiento y enriquecimiento enzimático microbial en el complejo sistema digestivo de la lombriz.

2.1.8 *Lombriz Roja Californiana*

Eisenia foetida es el nombre científico de la lombriz roja de tierra, pertenece al género *Eisenia*, familia Lumbricidae, orden de los haplotáxidos, perteneciente a su vez a la subclase de los oligoquetos (Pineau et al., 2019). Esta lombriz es capaz de consumir entre el 50% y el 100% de su peso diario y duplicar su población en 90 días (Morales, 2011, p.6).

2.1.8.1 *Características morfológicas y fisiológicas*

Las lombrices tienen un cuerpo cilíndrico y alargado que consiste de dos tubos concéntricos: la pared del cuerpo y el tubo digestivo, separados por el celoma está dividido en segmentos llamados somitas y presentan una pared anterior y una posterior (Cruz, 2013: pp.13-16). El primer somito de la parte anterior es la boca, donde se encuentra el prostomio, estructura carnosa que sobresale delante de ella; el último segmento que se encuentra en la parte posterior, es el ano, una lombriz adulta puede llegar a tener entre 40 y 250 somitos, el clitelo puede ubicarse entre los somitos 13 y 37 dependiendo de la especie, su función está directamente relacionada con la reproducción, la formación de capsulas se da en el clitelo, como resultado de la secreción de una sustancia viscosa que permite proteger y transportar los huevos (Pineda, 2006, p.6)

2.1.8.2 *Ciclo de vida de las lombrices*

Las lombrices rojas californianas presentan un ciclo de vida largo, se les conoce por su prolongada longevidad, es posible que vivan hasta 16 años y cuentan con una alta prolificidad porque son capaces de producir hasta 1500 crías por año (Toccalino et al, 2004, p.66).

2.1.9 *Vermicompostaje*

El vermicompostaje es un proceso biotecnológico que permite biodegradar residuos orgánicos bajo condiciones aerobias y mesófilas por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene un producto final estabilizado; en el proceso, se aprovechan las capacidades detritívoras de las lombrices, la acción de sus enzimas digestivas y de la microflora aeróbica y anaeróbica presentes en su intestino (Villegas y Laines, 2016, p.1).

2.1.10 *Importancia del vermicompostaje*

La vermicultura tiene una gran importancia en el medio ambiente debido a que se ha convertido en una alternativa de acumulación de desechos dando como resultado una transformación en

composta, brindando una alternativa a los agricultores para evitar el uso de contaminantes químicos y entregando múltiples beneficios al suelo ya que la misma tiene la capacidad de retener el agua, mantenerse con un pH neutro, contener carga bacteriana y enzimática, vivifica el suelo, estimula biológicamente la fertilidad, entre otros (Pineda, 2020, p.1).

2.1.11 Condiciones óptimas para la lombricultura

La lombricultura maneja una serie de condiciones para poder obtener como resultado un compost de calidad, como son la humedad para facilitar el alimento y el desplazamiento de los anélidos, la temperatura, el pH, y la aireación, que es fundamental para la respiración y desarrollo de lombrices (Rincones et al, 2023).

Tabla 2-2: Parámetros óptimos de lombricompostaje

Parámetros	Rango ideal
pH	6,5 - 8,5
Temperatura	Temperatura ambiente
Materia orgánica	>20%
Nitrógeno total	0,3 – 1,5% (3g a 15g por kg de compost)
Capacidad de intercambio catiónico	
Ácidos húmicos	2,8 – 5,8 %
Ácidos fúlvicos	14 – 30 %
Fosforo total	0,1 – 1,0% (1g a 10g por kg de compost)
Potasio total	0,3 – 1,0% (3g a 10g por kg de compost)
Manganeso total	0,006%
Cobre total	0, 05%
Relación C/N	10 – 11%

Fuente: (PUNTOCOMPOST, 2019)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

2.1.12 Tipos de sistemas de lombricultura

Existen diferentes tipos de sistemas de lombricultura, a continuación, se menciona algunos de los más usados:

2.1.12.1 Escala doméstica

La finalidad es utilizar los residuos de cocina y otros residuos que se puedan producir en el hogar como alimento para las lombrices, para que el producto final pueda ser utilizado posteriormente en jardines, huertas o macetas. Actualmente, existe en el mercado una gran variedad de vermicompostadores domésticos (Innovaciones AgroFood Design, 2019, p.1).

2.1.12.2 Pequeña escala o escala de laboratorio

Procesos habitualmente realizados en laboratorios y centros de investigación, cuyo objetivo principal es obtener información sobre la base científica del proceso de vermicompostaje, evaluando así la viabilidad de aprovechar nuevos residuos orgánicos. En estos casos, las condiciones ambientales están estrictamente controladas (Innovaciones AgroFood Design, 2019, p.1).

2.1.13 Alimentación de las lombrices

Las lombrices se alimentan de materia orgánica en descomposición, como restos de frutas y verduras, hojas, papel, cartón y residuos de jardín (Lombrices 2019). Sin embargo, es importante proporcionarles una dieta equilibrada para asegurar su salud y reproducción (Khushbu, 2022, p.54-55).

2.1.13.1 Estiércol de vaca

El compost resultante del uso de este estiércol es bien equilibrado ya que la vaca digiere bien la celulosa de las plantas facilitando su descomposición posteriormente (Aday, 2021, p.1).

2.1.13.2 Estiércol de gallina o gallinaza

El estiércol de pollo seco tiene una mayor concentración de nutrientes, esto depende principalmente del tiempo de secado, así como de la composición de N, P (P₂O₅), K (K₂O); es un fertilizante orgánico posee macro y micro nutrientes, y un alto contenido de materia orgánica que genera efectos positivos en el suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Tipan, 2017, p.1)

2.1.13.3 *Estiércol de caballo*

Es un abono bien equilibrado que funciona perfectamente para las verduras de la huerta. Una desventaja es que no lo digieren tan bien como las vacas pudiendo tener semillas de malas hierbas que han pasado rápidamente por el estómago del caballo, pero no han estado el tiempo suficiente dentro como para estropearse (Aday, 2021).

2.1.13.4 *Estiércol de cuyes.*

Se conoce que el estiércol del cuy es uno de los mejores junto con el del caballo, y tiene ventajas como que no genera olores, no atrae moscas y viene en polvo ya que, en el proceso de secado, este llega a transformarse en polvo, este abono orgánico es muy importante para la utilización en cultivos y de una manera limpia la cual no afecta el medio ambiente (Barreros, 2017).

2.1.14 *Microorganismos que degradan la materia orgánica*

Para que la materia orgánica (residuos sólidos orgánicos y estiércol) se conviertan en alimento para las lombrices, deben pasar por una transformación en el que interviene microorganismos que se encargan de que la materia orgánica sea material más estable, bien degradado y pueda ser ingerido por los anélidos.

Tabla 2-3: Microorganismos y sus funciones en el compostaje

Microorganismo	Función
Bacterias	Se encuentran millones en un gramo de materia orgánica, por su tamaño estas son alimento de los macroorganismos que llegan a aparecer en el proceso de compostaje y contribuye en la formación de humus.
Hongos	Generalmente se encuentran en menor cantidad que las bacterias, se encargan de degradar materia orgánica difícil como la celulosa, hemicelulosa y lignina.
Actinomicetos	Poseen propiedades intermedias entre bacterias y hongos, consiguen atacar los materiales más resistentes liberando nutrientes para las plantas.
Protozoos	Son los más abundantes después de las bacterias y los hongos ya que se alimentan de ellos. Poseen excreciones nitrogenadas que mejoran la disponibilidad de este en el suelo.

Fuente: (Reinel y Bernal, 2007, p.118-121)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

2.1.15 Ventajas del vermicompost sobre las propiedades del suelo

El vermicompostaje ofrece ventajas significativas, que hace que este proceso sea una opción atractiva tanto para agricultores, jardineros, horticultores, entre otros; y contribuye de gran manera a la sostenibilidad, la salud del medio ambiente y reconstrucción de la micro y macro fauna del suelo.

Tabla 2-4: Efectos y ventajas del vermicompostaje.

Efectos	Ventajas
Reducción de los residuos orgánicos: como restos de comida, desechos de jardín, en abono de alta calidad, lo que disminuye la cantidad de residuos que terminan en vertederos.	Producción de abono de alta calidad: El vermicompost es rico en nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógenos, fósforo, potasio, lo que lo convierte en un abono orgánico de alta calidad que mejora el crecimiento y la salud de las plantas.
Recuperación de suelos degradados: El producto resultante de la lombricultura, es rico en nutrientes y mejorar la estructura del suelo, lo que ayuda a recuperar suelos degradados y agotados.	Incremento de la biodiversidad del suelo: Las lombrices enriquecen el suelo al excavar galerías, lo que mejora la aireación y drenaje del suelo, además de facilitar el acceso de raíces de las plantas a los nutrientes.
Reducción de la contaminación: El evitar que los desechos orgánicos se descompongan en las celdas del relleno sanitario de la localidad, se disminuye la producción de gases de efecto invernadero como el metano, lo que beneficia a la reducción de la contaminación ambiental.	Bajo costo y bajo impacto ambiental: La lombricultura es una actividad de bajo costo y con un impacto ambiental mínimo. Puede realizarse en pequeña escala en espacios reducidos, lo que la hace accesible para agricultores y jardineros de todos los tamaños.
Conservación del agua: El vermicompost tiene la capacidad de retener la humedad, lo que reduce la necesidad de riego en la agricultura y contribuye a la conservación del agua.	Reducción del uso de fertilizantes químicos: El uso de vermicompost puede reducir la necesidad de utilizar fertilizantes químicos, lo que a su vez disminuye la contaminación del suelo y el agua.

Fuente: (Alberto Jiménez Terry et al. 2012: pp. 37 - 43)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

2.1.16 Calidad Ambiental

La calidad ambiental se refiere a las características y condiciones del medio ambiente que influyen en la salud, el bienestar y la sostenibilidad de los ecosistemas y las comunidades humanas (Eurofins 2020). Es un concepto multidimensional que abarca aspectos físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos del entorno natural y construido (EnergyGo 2020).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción de los procesos

3.1.1 Selección de las lombrices

El tratamiento biológico utilizado consistió en seleccionar una especie epigea, que en este caso fue “lombriz roja californiana” *Eisenia foetida*, debido a que en investigaciones previas otros autores citan que existen grandes resultados dentro del vermicompostaje, por su capacidad de biodegradar y biotransformar los desechos sólidos orgánicos con la mezcla de diferentes residuos pecuarios (Saavedra 2007). Se seleccionaron 1200 lombrices para duplicar la población mediante los cuidados correspondiente que incluyó el cuidado de la alimentación, humedad, temperatura y pH; cada uno de estos aspectos fueron controlados y cuidados meticulosamente mediante el proporcionamiento de los alimentos que fueron materia orgánica producto de la preparación de alimentos dentro del hogar; se logró reproducir 4000 lombrices en promedio permitiendo distribuir 1000 lombrices para cada tratamiento objeto de estudio. Las lombrices seleccionadas presentaron características que son de suma importancia para el resultado final del compost, detallados a continuación:

- Tienen una longitud de (6 -8) cm y un contorno de (3–5) mm
- Pesan 1,4 mg
- Poseen una vida media de 5 a 16 años
- Cada una tiene la capacidad de producir 1500 lombrices al año en buenas condiciones
- Son hermafroditas
- Comen diariamente su propio peso

Se ha evidenciado el 50% – 60% del alimento de las lombrices se transforma en abono (Marinette, 2012, p.11)

3.1.2 Preparación de la compostera

La preparación de la compostera incluyó varias fases que se detallan a continuación:

3.1.2.1 Preparación del suelo

Antes de proceder a ubicar la compostera se realizó una preparación del suelo que consistió en nivelar el suelo y limpiar las malezas de los alrededores para evitar la llegada de posibles vectores.

3.1.2.2 Medición de la compostera:

Para proceder a la medición de las composteras se tomó en cuenta la cantidad de materia orgánica, estiércol con el sustrato se iba a utilizar en cada uno de los tratamientos.

Tabla 3-1: Tratamientos del proyecto

TRATAMIENTOS		
Tratamientos	Composición de cada tratamiento	Componentes variables
Tratamiento 0 (tratamiento testigo) 110 kg	50 kg Aserrín y hojas secas 25 kg Estiércol de bovino 1000 lombrices 25 kg de materia orgánica 10 kg de carbón	Estiércol de bovino
Tratamiento 1 110 kg	50 kg Aserrín y hojas secas 25 kg Estiércol de cuyes 1000 lombrices 25 kg de materia orgánica 10 kg de carbón	Estiércol de cuyes
Tratamiento 2 110 kg	45 kg Aserrín y hojas secas 25 kg Estiércol de equino 1000 lombrices 30 kg de materia orgánica 10 kg de carbón	Estiércol de equino
Tratamiento 3 110kg	50 kg Aserrín y hojas secas 25 kg Gallinaza 1000 lombrices 25 kg de materia orgánica 10 kg de carbón	Gallinaza

Realizado por: Delgado, M, 2024.

Tomando en cuenta estos valores se procedió a elaborar una compostera en madera con las siguientes medidas de 1m x 1m para cada tratamiento y una altura de 1,80m, cubierto con un techo de zinc, con una altura de 20cm entre el suelo y la base de las cajoneras para evitar el ingreso de vectores; se contó con un espacio que permitía la recolección del lixiviado a través de la malla que era la superficie en dónde se colocaba toda la materia orgánica, estiércol y que luego se convirtió en alimento de las lombrices ya que fue el producto descomposición de la materia, el cuál escasamente fue generado. Al tener una compostera con 4 cajoneras de 1m x 1m se contó con el espacio suficiente para que la materia orgánica con el estiércol de cada una de las especies pueda descomponerse respectivamente en cada cajonera que corresponde a cada tratamiento.

3.1.2.3 Construcción de la compostera

La realización de la compostera requería de condiciones específicas como el material del que estaría elaborado que fue madera, por ende, se requirió de la ayuda de un carpintero. (Compostera De Madera: ¿Por Qué Escogerla?, 2024, p.1) menciona que la madera contribuye con el ecosistema, resulta económica, es durable y posee diversos beneficios como:

- Facilidad para agregar y recoger el abono orgánico.
- La mejor relación calidad-precio.
- Material sólido.
- Excelente aireación, el flujo del aire circulará de manera eficiente, evitando que los residuos se pudran.
- Una compostera de madera resistirá ambientes agresivos, como los salinos, el frío o el calor.
- Liviano y resistente.
- Te permitirá regular la humedad.
- Fomenta lo natural.
- Versátil ya que, con la madera como materia prima, puedes adaptar un compostador a tus necesidades.
- De uso simple, sin complicaciones.

3.1.3 Acondicionamiento del sustrato

El sustrato es la base del lecho que generalmente está constituida por estiércol y es la que sirve de alimento para las lombrices, se procura que tenga un espesor de entre 15cm y 25cm y una cantidad de celulosa de entre el 20% y 25%; el sustrato, debe descomponerse previo a la introducción de las lombrices, durante el proceso la temperatura puede alcanzar los 70°C u 80°C

al igual que la producción de acidez y gases que provocarían la muerte de las lombrices (Fuentes, 2023, p.9). El sustrato fue una mezcla de los desechos sólidos orgánicos del mercado privado de la ciudad de macas y cuatro diferentes tipos de estiércoles, cada tratamiento con un estiércol diferente.

3.1.4 *Introducción de las lombrices*

Introducir lombrices al proceso de compostaje es sencillo pero importante en la vermicultura. Para ello se presenta una descripción del método comúnmente utilizado para introducir las lombrices que se detalla a continuación:

- Preparar el sustrato: Antes de introducir las lombrices, debe procurarse un sustrato adecuado y bien preparado para su hábitat. Este sustrato debe contener ciertos parámetros de vital importancia como son materiales orgánicos que ofrezcan un equilibrio de carbono y nitrógeno, una buena aireación y humedad, en este caso el sustrato de cada uno de los tratamientos está compuesto por los diferentes tipos de estiércol que le corresponde a cada uno.
- Elegir una población adecuada: Es importante seleccionar la cantidad adecuada de lombrices para comenzar; una población inicial de lombrices saludables garantizará una rápida colonización y descomposición de los materiales orgánicos por lo que se introdujo 1000 lombrices por 1m², cada tratamiento tiene una dimensión de 1m² lo que equivale a 1000 lombrices por cada tratamiento.
- Trituración de los residuos: Los residuos deben ser triturados para facilitar su descomposición por parte de las lombrices.
- Humedad adecuada: Es importante mantener una humedad adecuada en el sustrato para que las lombrices puedan alimentarse y reproducirse adecuadamente. La humedad ideal es del 60-80%.
- Aireación del sustrato: Es importante mantener una buena aireación en el sustrato para evitar la acumulación de gases tóxicos y asegurar un proceso de vermicompostaje eficiente.
- Adición de materiales secos: Para mantener una buena relación Carbono/Nitrógeno en el sustrato, se pueden agregar materiales secos como papel y cartón.

3.1.5 *Mantenimiento del sistema*

Durante el mantenimiento del sistema se debe procurar que las lombrices tengan las condiciones óptimas para que pueda facilitarse su reproducción y crecimiento; para lo cual hay que mantener o controlar los parámetros establecidos mencionados anteriormente.

3.1.6 *Recolección del compost*

Después de varias semanas o meses, dependiendo del tamaño del sistema y la cantidad de materia orgánica, se puede cosechar, y el producto que puede ser utilizados como fertilizante y abono orgánico para las plantas con beneficio social.

3.1.7 *Materiales*

Los materiales que se utilizó en el campo se describen en la tabla 3 -6 a continuación:

Tabla 3-2: Materiales utilizados en el campo.

Materiales	Cantidad (unidad)	Descripción
Balanza	1	Requerimiento para pesar la cantidad de RSO recolectados dentro del Mercado Privado de la ciudad de Macas.
Calculadora	1	Para el cálculo del peso de los residuos.
Saquillos de polipropileno	8	Con dimensiones de 60cm x 80cm (45,35 Kg), empleado para la recolección de los residuos y para los estiércoles de los animales.
Pala metálica	1	Para la recolección de los estiércoles en los saquillos y para introducir la materia orgánica dentro de los cajones de la compostera.
Libreta de campo	1	Para el registro de los datos obtenidos en campo.
Guantes de jardinería	2	Para manipular correctamente la materia orgánica, lombrices y los estiércoles.
Compostera	1	Con medidas de 1m x 1m para cada tratamiento y una altura de 1,80m, cubierto con un techo de zinc, con una altura de 20cm entre el suelo y la base de las cajoneras.
Mascarillas	100	Para procesos de bioseguridad.
Botas de caucho	2	Para procesos de bioseguridad.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

3.1.8 Normas y enfoque

3.1.9 Norma legal

Tabla 3-3: Normativa legal según la Constitución de la República del Ecuador

Constitución de la república del Ecuador	Art 14	“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay...”
	Art 15	“ El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”.
	Art 71	“La naturaleza tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y proceso evolutivos...”.
	Art 276	“ Establece que el régimen de desarrollo tendrá entre sus objetivos el de: “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural...”.
	Art 281	“La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente.....”.
	Art 395	La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: “Las políticas de gestión ambiental se aplicaran de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales...”
	Art 415	“... Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos...”.

Fuente: (Constitución de la República del Ecuador 2008: pp 14 - 200; citados en Ministerio del Ambiente y Agua; 2020: p.3)

Elaborado por: Delgado, Melissa, 2023

Tabla 3-4: Resolución 0218 y su Manual Técnico

<p>Resolución 0218 y su Manual Técnico Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD)</p>	<p>Para el registro de productos fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola; o el documento que lo sustituya.</p> <p>Alcance: El presente manual es aplicable a las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que fabriquen, formulen envases, importen, exporten, distribuyan y comercialicen fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola.</p> <p>No es aplicable para aquellos fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola que sean elaborados por el agricultor exclusivamente para su uso propio</p>
---	--

Fuente: («Resolución No 218 - Manual Técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola,» 2019, pp 1-3; citados en Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, p.5)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

Tabla 3-5: Método AOAC 999.11 modificado: Normativa legal según Código del Ambiente Orgánico (COA)

<p>Código del Ambiente Orgánico (COA)</p>	<p>Art. 9</p>	<p>“Los principios ambientales en concordancia con lo establecido en la Constitución y en los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los principios ambientales que contiene este Código constituyen los fundamentos conceptuales para todas las decisiones y actividades públicas o privadas de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en real- acción con la conservación, uso y manejo sostenible del ambiente... “.</p>
	<p>Art. 27</p>	<p>Numeral 7 “Generar normas y procedimientos para la gestión integral de residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda”.</p>
	<p>Art. 224</p>	<p>“La gestión integral de los residuos y desechos está sometida a la tutela estatal cuya finalidad es contribuir al desarrollo sostenible, a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, de conformidad con los principios y disposiciones del Sistema Único de Manejo Ambiental”.</p>

	Art. 226	“Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad:1) Prevención. 2) Minimización de la generación en la fuente. 3) Aprovechamiento o valorización. 4) Eliminación y 5) Disposición final”.
--	----------	---

Fuente: (Código Orgánico Del Ambiente, 2017: pp 13 - 61; citados en Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, p.4)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

Tabla 3-6: Reglamento del Código Orgánico del Ambiente

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	Art. 587	Separación en la fuente. - La separación en la fuente es la actividad de seleccionar y almacenar temporalmente en su lugar de generación los diferentes residuos y desechos sólidos no peligrosos, para facilitar su posterior aprovechamiento
	Art. 593	“(…)Los residuos orgánicos que se generen en los cantones, incluyendo aquellos que resulten de la limpieza y poda de vegetación de los espacios públicos, deberán ser aprovechados con la alternativa más adecuada a su realidad y se incluirán en los Planes de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos que establezca cada gobierno autónomo descentralizado municipal. Dicho componente del Plan de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos deberá promover y facilitar las actividades de aprovechamiento, para lo que debe basarse en las prácticas y necesidades de cada cantón, priorizando el reciclaje inclusivo(…)”. • Los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, de forma debidamente justificada y motivada podrán solicitar a la Autoridad Ambiental Nacional autorización para el aprovechamiento con fines de generación de energía, lo cual será analizado y aprobado de forma excepcional, bajo los criterios establecidos en la normativa secundaria correspondiente
	Art. 594	“La Autoridad Ambiental Nacional establecerá las metas de recuperación de residuos reciclables y aprovechamiento de residuos orgánicos”.
	Art. 668	Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sostenible. - Autoridad Ambiental Nacional elaborará la Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sostenible que incluirá los lineamientos para incentivar hábitos de producción y consumo sostenible, entre los que se contemplarán los siguientes criterios: h) Minimizar la generación desechos y promover el aprovechamiento residuos en concordancia con la Política Ambiental Nacional. i) Priorizar el fomento de actividades, obras o proyectos que respalden la seguridad y soberanía alimentaria en el marco de una gestión ambiental eficaz.

Fuente: (Reglamento del Código Orgánico del Ambiente, 2019: pp 91-107; citados en Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, p.4)

Elaborado por: Delgado, Melissa, 2023

Tabla 3-7: Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria

Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria	Art. 1	“Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente”.
	Art. 14	“El Estado estimulará la producción agroecológica, orgánica y sustentable, a través de mecanismos de fomento, programas de capacitación, líneas especiales de crédito y mecanismos de comercialización en el mercado interno y externo, entre otros”.

Fuente: (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2009: pp. 2-6; citados en Ministerio del Ambiente y Agua 2020)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

3.2 Enfoque

El enfoque de este proyecto es cualitativo y cuantitativo, ya que el proceso de compostaje requiere de ciertos procesos que es posible describirlo de la siguiente manera:

3.2.1 Cualitativo

Es cualitativo porque es posible determinar las cualidades del compostaje como el color, la textura, olor y el proceso de descomposición de la materia orgánica, al igual que el proceso de transformación de la materia mediante la alimentación de las lombrices, lo que permite observar el estado físico del producto resultante.

3.2.2 Cuantitativo

Y es de enfoque cuantitativo debido a que, durante la elaboración del compost, este lleva un proceso de clasificación, distribución y control de parámetros como el pH, temperatura y humedad y posteriormente la verificación de resultados obtenidos.

3.3 Alcance del proyecto

El mercado privado de la ciudad de Macas cuenta con un aproximado de 70 locales comerciales que dedicados a la venta de vestimenta, alimentos de primera necesidad, entre otros; dentro de los cuales 20 locales son específicamente destinados a la venta de vegetales y frutas, como parte de la limpieza diaria de los productos perecibles (purga de productos) cada local genera 100 kg sumando un total de 2000 kg de desechos sólidos orgánicos que no tienen tratamiento alguno antes de su disposición final.

3.4 Diseño del proyecto

3.4.1 Según el manejo de la variable

El diseño de este proyecto es experimental, con muestras completamente al azar, con un total de 4 tratamientos y 4 muestras, 1 de cada tratamiento, que se recolectó del producto final obtenido conocido como compost orgánico.

3.4.1.1 Variable dependiente

Temperatura

PH

Humedad

Aireación

3.4.1.2 Variable independiente

Zinc

Calcio

Cobre

Ceniza

Potasio

Fósforo

Magnesio

Nitrógeno

Manganeso

Carbonato de Calcio

3.5 Tipo de estudio

Por su naturaleza este proyecto es descriptivo, porque permite puntualizar todas las fases y características que influyen en la elaboración de compost, aportando información específica sobre el proceso completo. Con una investigación de campo por la recolección de los diferentes tipos de estiércoles y la obtención de los RSO del Mercado Privado de la ciudad de Macas.

Es aplicativo en vista de que ofrece una solución a los RSO generados dentro del mercado y permite minimizar la contaminación a cambio de la generación compost orgánico.

3.5.1 Área de Estudio

La obtención de los residuos sólidos orgánicos se realizó dentro del Mercado Privado de la Ciudad de Macas, que está ubicado en la zona centro, en la calle Guamote y 10 de agosto, del catón Morona, provincia de Morona Santiago.

Ubicación del Área de Estudio

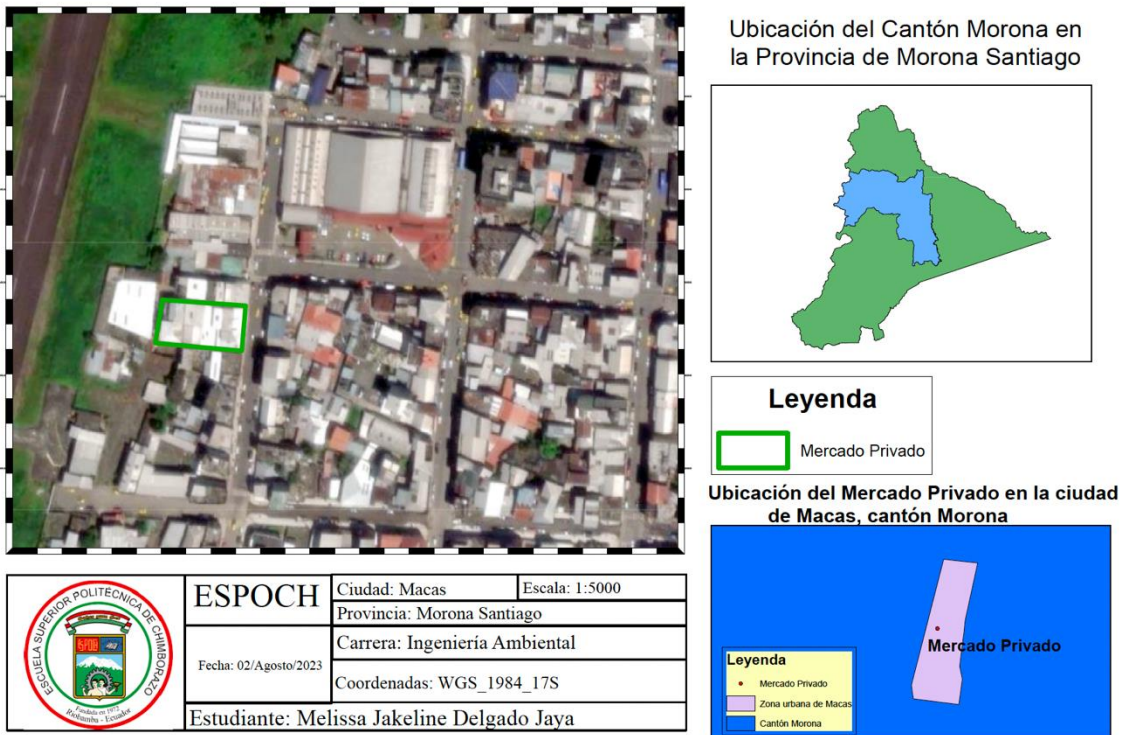


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación del área de estudio.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

3.6 Métodos empleados para el análisis del Compost

Una vez finalizado el proceso de recolección de compost es necesario realizar un análisis detallado de cada producto obtenido como resultado del procesamiento. Los análisis proporcionan información valiosa sobre la calidad y propiedades nutricionales del compost, que son importantes para su uso eficaz como fertilizante y abono orgánico. Para cada Tratamiento (ganado, caballo, pollo, cuy) se analizaron los siguientes parámetros que se detallan a continuación:

Tabla 3-8: Parámetros y métodos empleados en el análisis del compost

Parámetros	Métodos
pH	pH metro
Calcio	Método AOAC 999.11 modificado
Carbonato de Calcio	Método de Titulación ácido-base
Ceniza	Método de incineración
Cobre	Método AOAC 991.11 modificado
Fósforo	Método AOAC 965.17
Magnesio	Método AOAC 999.11 modificado
Manganeso	Método AOAC 999.11 modificado
Nitrógeno	Método AOAC 990.03 modificado
Potasio	Método AOAC 999.11 modificado
Zinc	Método AOAC 999.11 modificado

Realizado por: Delgado, M, 2024.

Estos parámetros fueron analizados en un laboratorio certificado y serán comparados entre sí con información bibliográfica relevante que determine la eficiencia del proceso.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis del Vermicompost para cada Tratamiento

El presente proyecto revela que se puede generar vermicompost de calidad utilizando diferentes tipos de estiércol tras someterse al proceso de transformación de RSO con lombrices, los resultados muestran variaciones no tan significativas; estas variaciones están estrechamente relacionadas con las características iniciales de los estiércoles utilizados como parte de la materia prima en el proceso, en la Tabla 13-4 se registraron once diferentes parámetros analizados en un laboratorio, estos

Tabla 4-1: Análisis de los resultados consolidados de los tratamientos en el proceso de compostaje mediante lombricultura con la lombriz *Eisenia foetida*.

Parámetros	Unidades	Resultados
Tratamiento 0 con estiércol de bovino		
pH	U	7,10
Ca	ppm (mg/kg)	13369,01
CaCO₃	%	3,35
Ceniza	%	41,79
Cu	mg/kg	34,14
P	%	0,45
Mg	mg/kg	3786,97
Mn	mg/kg	569,44
N	%	1,83
K	mg/kg	6725,86
Zn	ppm (mg/kg)	161,44
Tratamiento 1 con estiércol de cuy		
pH	U	6,49
Ca	ppm (mg/kg)	13410,42
CaCO₃	%	3,35
Ceniza	%	50,04
Cu	mg/kg	38,87
P	%	0,39
Mg	mg/kg	2791,78

Mn	mg/kg	387,79
N	%	1,75
K	mg/kg	5506,47
Zn	mg/kg	132,42
Tratamiento 2 con estiércol de equino		
pH	U	7,22
Ca	ppm (mg/kg)	13412,42
CaCO₃	%	3,35
Ceniza	%	38,12
Cu	mg/kg	31,99
P	%	0,44
Mg	mg/kg	3392,99
Mn	mg/kg	536,84
N	%	1,87
K	mg/kg	6509,53
Zn	ppm (mg/kg)	145,10
Tratamiento 3 con gallinaza		
pH	U	7,24
Ca	ppm (mg/kg)	12760,08
CaCO₃	%	3,20
Ceniza	%	37,75
Cu	mg/kg	30,82
P	%	0,41
Mg	mg/kg	4067,65
Mn	mg/kg	554,38
N	%	1,90
K	mg/kg	6895,77
Zn	ppm (mg/kg)	160,54

Realizado por: Delgado, M, 2024.

El pH es uno de los parámetros iniciales que actúa como factor crítico y que puede influir significativamente en la calidad y utilidad del vermicompost, como se evidencian en la Tabla 13-4. Por otro lado, los valores de pH de todos los tratamientos oscilan entre 7,1 a 7,2; los valores estándar del compost se encuentran entre 6,5 a 7,5. Estos valores se encuentran en concordancia con otros trabajos de investigación de la lombriz *E. foetida* donde obtuvieron valores entre 6,5 y 7,5 en procesos de degradación de diferentes materiales orgánicos (Martínez-Lagos et al, 2022. pp. 3).

En el Tratamiento 1, mediante la adición de cenizas de madera se logró llegar a un valor neutral de pH que se encontraba 0,01 por debajo del rango estándar, las cenizas de madera pueden influir significativamente en el pH del compostaje permitiendo elevar que los valores ácidos a alcalinos, al igual que tiene la capacidad de incrementar el contenido de fósforo y potasio (Ortiz, 2013: pp. 54), lo que permitió que el Tratamiento 1 con estiércol de cuy mejore su calidad.

En los procesos de transformación de residuos orgánicos con lombrices, uno de los indicadores cruciales para evaluar la eficacia del sistema es la medición final de los nutrientes claves como Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), comúnmente conocidos como N-P-K.

Los cuatro tratamientos motivo de análisis del proyecto de investigación presenta la misma composición como materia prima, en este caso aserrín y hojas secas, materia orgánica (RSO), carbón y lombrices *E. Foetida*; existiendo una diferencia entre cada uno de los tratamientos por la adición de los diferentes tipos de estiércoles utilizados; el Tratamiento 0 utilizó estiércol de bovino, el Tratamiento 1 estiércol de cuyes, mientras que, el Tratamiento 2 estiércol de equino y finalmente el Tratamiento 3 gallinaza.

Al analizar estos valores, se destaca que el Tratamiento 3 compuesto por gallinaza presentó una concentración significativamente superior de N en comparación con los otros tratamientos, mientras que el estiércol de bovino presentó valores superiores con respecto al P, finalmente el estiércol de gallinaza obtuvo los resultados más altos con respecto al K (Ilustración 3-4)

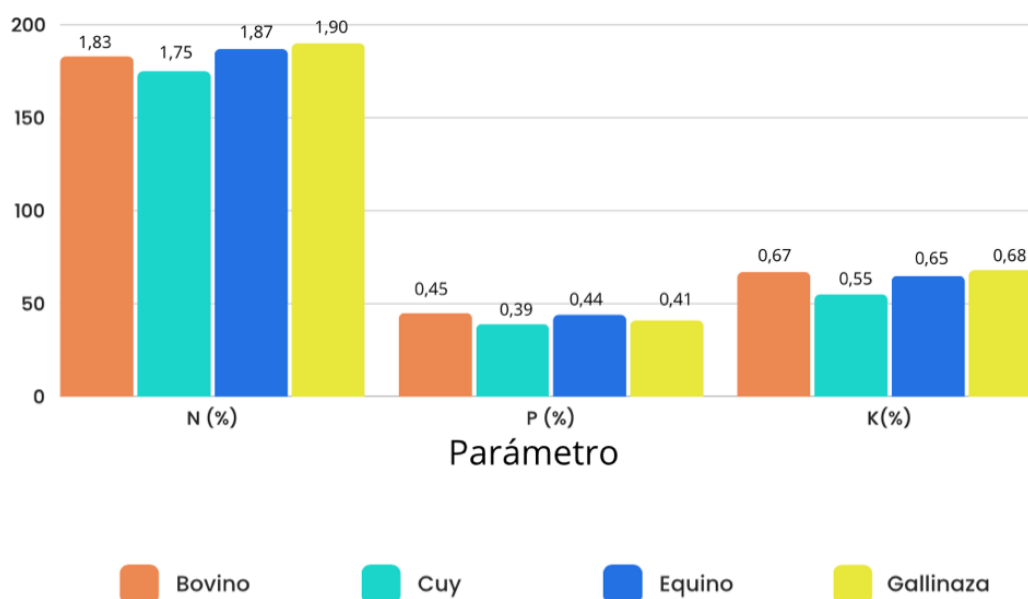


Ilustración 4-1: N, P y K obtenidos del proceso de Compostaje con *Eisenia foetida*.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

Los resultados obtenidos concuerdan con (Mistry et al. 2015: pp. 193 - 195) cuyos valores de N oscilan entre 1,5 - 1,7%, siendo valores menores a los resultados del presente proyecto; por otro lado, respecto a los parámetros de P y K los valores oscilan entre 1,3 - 1,6% y 0,8 - 15,8%, respectivamente, son valores superiores y diferentes de los resultados obtenidos en esta investigación. El contenido promedio de nutrientes después del proceso de compostaje con lombricultura incluye N (1,5–2%), P (1,8–2,2%), K (1–1,5%) y carbono orgánico (0,15–17,98%), con base a este antecedente, los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango establecido (Castro et al. 2023: pp. 6 - 20).

Con estos resultados, es crucial señalar que las diferencias entre los tratamientos no alcanzan niveles significativos, y demuestra que la transformación de RSO mediante la actividad de las lombrices *E. foetida* es eficiente en la generación de nutrientes esenciales, tales como N-P-K, consolidando así la robustez del sistema de compostaje con lombricultura y su aplicación en los suelos.

En cuanto a los micronutrientes derivados del proceso de compostaje, el Tratamiento 3 presentó una cifra inferior en relación al Calcio (Ca) mientras que, presentó valores superiores en relación al Magnesio (Mg); el Tratamiento 0 reportó la concentración más elevada con respecto al Cobre (Cu) y al Manganeseo (Mn). Finalmente, los Tratamientos 0 y 3 presentaron los valores más elevados en micronutrientes del Zinc (Zn), cuyos datos ofrecen una visión completa, indicando

que, en términos generales, los valores más altos de micronutrientes se obtuvieron de manera más destacada en el Tratamiento 0 con estiércol de bovino y en el Tratamiento 3 con gallinaza, lo que difiere en comparación con el Tratamiento 1 con estiércol de equino y el Tratamiento 2 con estiércol de cuy (Ilustración 4-2 y 4-3).

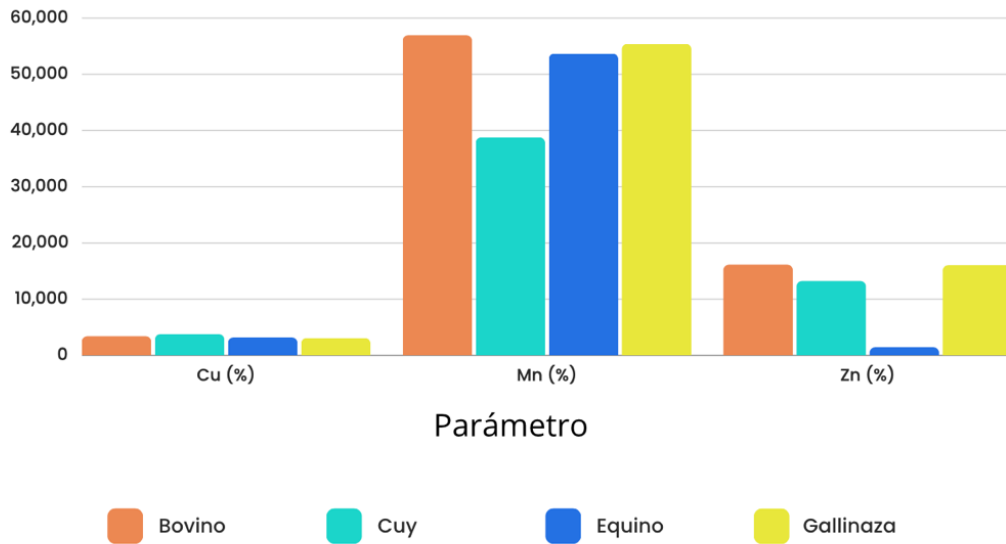


Ilustración 4-2: Cu, Mn y Zn obtenidos del proceso de Compostaje con *Eisenia foetida*.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

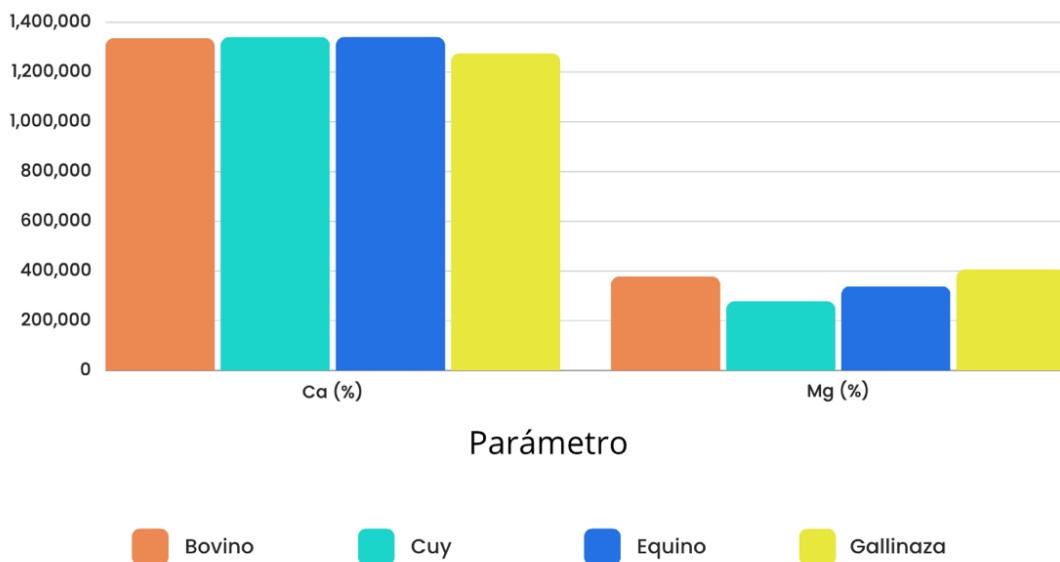


Ilustración 4-3: Ca y Mg obtenidos del proceso de Compostaje con *Eisenia foetida*

Realizado por: Delgado, M, 2024.

En relación con el contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) los Tratamientos 0,1,2 generaron la misma cantidad de (CaCO_3), mientras que la menor concentración se presentó en el Tratamiento 3 con gallinaza estos resultados en comparación con los demás tratamientos.

En cuanto al porcentaje de ceniza, el Tratamiento 1 con estiércol de cuy registró valores superiores mientras que el Tratamiento 3 obtuvo resultados con menor cantidad de ceniza en relación a los demás tratamientos.

Según (Khwairakpam & Bhargava, 2009. pp. 3-9) en su investigación indica que el contenido de cenizas (minerales y otros nutrientes inorgánicos) generalmente varía de 30 - 54% de su concentración total, dependiendo del tiempo que dure el proceso de compostaje, lo que demuestra que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros promedios.

Mediante este proyectó se logró transformar 110 kg de masa de cada Tratamiento en 25 kg de compost de calidad, se encontraban conformados por aserrín y hojas secas, materia orgánica (RSO), carbón y los diferentes tipos de estiércol correspondientes a cada tratamiento; en el Tratamiento 0 se empleó 25 kg estiércol de bovino que fue equivalente a las deposiciones de cuatro cabezas de ganado generado en un día, según (Pinos et al. 2012, p.1) la producción de estiércol de ganado produce una serie de gases de efecto invernadero, en un estudio realizado en Argentina (Nieto et al. 2014) se menciona que las estimaciones totales de CH_4 y N_2O del sistema ganadero bovino de ciclo completo simulado fueron de 2.027.874 kg/año de CO_2 , lo que significa un promedio de 1.500 kg de eq- CO_2 por animal al año.

Para la implementación de la metodología en el desarrollo de este proyecto se procuró el uso de un método biológico, limpio y amigable con el ambiente, de la misma forma, este procedimiento debía permitir convertir grandes cantidades de masa de RSO en compost de calidad. Por ello, implementó la lombricultura con la lombriz californiana roja "*eisenia foetida*". La flexibilidad que presentan las lombrices californianas para producir compost permitió que esta pueda ser aplicada en todos los Tratamientos, debido a que la lombricultura es una práctica que está en armonía con la naturaleza, se encarga de reciclar y transformar los desechos orgánicos produciendo abono natural que permite mejorar las condiciones físico químicas de los suelos (Hernández, 2011, p.1)

El cálculo de la relación C/N se lo llevó a cabo a partir de la ecuación matemática de Richard y Trautmann, en la que se requiere datos previos del Carbono total, Nitrógeno Total y humedad en peso de cada material utilizado. Los datos utilizados para el cálculo de

$$R = \frac{Q1 \times (C1 \times (100 - H1)) + Q2 \times (C2 \times (100 - H2)) + \dots + Qn \times (Cn \times (100 - Hn))}{Q1 \times (N1 \times (100 - H1)) + Q2 \times (N2 \times (100 - H2)) + \dots + Qn \times (Nn \times (100 - Hn))}$$

Donde:

R = Relación Carbono – Nitrógeno de la masa compostable

Q = Cantidad (en macasa) de material adicionada

C = Carbono en peso del material

N = Nitrógeno en peso del material

H = Humedad en peso del material

Ecuación 1-4: Cálculo de la relación Carbono/Nitrógeno de una masa compostable mediante la fórmula matemática de Richard y Trautmann

Fuente: (Busajm, 2021. p.4)

Elaborado por: Delgado, Melissa, 2024

La obtención de los valores de Carbono, Nitrógeno y Humedad de los materiales ocupados dentro de cada uno de los Tratamientos para proceder a calcular la relación C/N, se utilizó datos estimados que se encuentran de los rangos requeridos para la transformación de materia orgánica en compost de calidad.

Tabla 4-2: Valores de Carbono, Nitrógeno y Humedad de los materiales ocupados en los Tratamientos.

Material	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Estiércol de Bovino	5	32,6	3,7
Estiércol de Cuy	17,4	39,67	3,42
Estiércol de Equino	75	31,1	15,3
Gallinaza	37	37,8	2,7
RSO	80,3	55,2	1,9
Aserrín	64,2	53,2	0,6
Hojas secas	10,3	40,95	0,78

Fuente: (Busajm, 2021. pp 15-19)

Realizado por: Delgado, M, 2024.

El Instituto de Manejo de Desechos de Cornell (Cornell Waste Management Institute) se creó en 1987 y aborda los problemas medioambientales y sociales asociados a la gestión de residuos

(Cornell University Library, 2024. p.1); el instituto desarrolló una página web en la que se puede acceder a una aplicación en línea para el cálculo de la relación C/N, con un límite máximo de tres materiales, el usuario se encarga de aportar la información necesaria que se requiere para hacer el cálculo (Cornell Waste Management Institute, 1996. p.1), la calculadora del sitio web se basa en la ecuación de Richard y Trautmann, para lo cual se quiere los porcentajes de Carbono y Nitrógeno de los materiales que formaron parte del proceso de compostaje.

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Estiércol de Bov	5	25	32.6	3.7	
RSO	80.3	25	55.2	1.9	
Aserrín	10.3	50	53.2	0.6	
				Result:	27.64669633

Calculate

Reset

Ilustración 4-4: Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 0.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

El porcentaje ideal para el compostaje con estiércol de ganado se encuentra entre 25 - 30 Carbonos por cada Nitrógeno, dentro de este rango se optimiza la actividad de los microorganismos en el proceso de descomposición según lo determinado por (Gallego, 2022, p.30), la relación C/N puede variar dependiendo de la composición y el uso del mismo, se conocer que el estiércol bovino tiene un alto contenido de carbono (López, 2016, p.14), en el Tratamiento 0 se obtuvo un porcentaje de relación C/N 27,64 (Ilustración 6-4).

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Estiércol de Cuy	17.4	25	39.67	3.42	
RSO	80.3	25	55.2	1.9	
Aserrín	10.3	50	53.2	0.6	
				Result:	32.52922850

Calculate

Reset

Ilustración 4-5: Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 1.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

Se considera que, si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos; por lo tanto, un proceso de fermentación de materia orgánica procedente de residuos sólidos urbanos realizado correctamente tiene un índice C/N en la masa fermentable entre 25 y 35 (Barreros, 2017, pp 1-7) en el Tratamiento 1 se obtuvo un valor estimado de C/N 32,52 (Ilustración 4-7).

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Estiércol de Equ	75	25	31.1	15.3	
RSO	80.3	30	55.2	1.9	
Aserrín	10.3	45	53.2	0.6	
				Result:	20.35526004

Calculate

Reset

Ilustración 4-6: Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 2.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

El porcentaje de C/N con estiércol de equino depende de dos factores principales como son la fuente de alimentación del animal y el proceso de preparación del estiércol para que este sea introducido en el proceso de compostaje; en promedio un caballo puede generar alrededor de 30kg/día de estiércol (Tellez Monzón et al, 2019. p.2) que equivale al total de estiércol de equino ocupado para este tratamiento. Según (Tellez et al., 2019, p.31) se menciona que dentro de las primeras etapas de la degradación la relación de C/N llega a disminuir el porcentaje y llegar a obtener valores entre 17,8 y 13,8, como resultado de la transformación de los RSO y la mineralización por parte del nitrógeno, se considera que la relación de C/N de compost con estiércol de equino tiende a tener una relación C/N más baja en comparación con otros estiércoles, como el estiércol de bovino (AGRONOTIPS, 2024, p.1), en el tratamiento 2 con estiércol de equino se obtuvo un valor estimado de C/N 20.35 (Ilustración 4-8).

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Gallinaza	25	25	20	4	
RSO	80.3	25	55.2	1.9	
Aserrín	10.3	50	53.2	0.6	
				Result:	27.25755499

Calculate

Reset

Ilustración 4-7: Resultado de la relación C/N mediante tres materiales en el Tratamiento 3.

Realizado por: Delgado, M, 2024.

En un estudio realizado sobre el vermicompostaje (Nogales et al., 2005, p.669) se menciona que si la relación C/N es menor a 20 indica un grado avanzado de estabilización, sin embargo, un compost a base de gallinaza de calidad con excelentes resultados y que cubra de manera satisfactoria las necesidades del suelo se encuentra dentro del rango (C/N 25/1-30/1) cuando la gallinaza es producto de una alimentación orgánica y balanceada de las aves según (BM Editores 2018) en el estudio de elaboración de composta con desechos de granja en el que se ocupa RSO de origen vegetal y materiales ocupados para compostar fueron similares a los que se emplearon en los Tratamientos de este proyecto, en este caso, el valor aproximado que se obtuvo como resultado del Tratamiento 3 C/N 27,25 (Ilustración 9-4).

Se adquirieron 2000 lombrices y su población se duplicó en un aproximado de 6 meses mediante una alimentación balanceada y cuidando parámetros para su correcta sobrepoblación, los anélidos se aparean cada 7 días y las cápsulas se abren pasados entre 14 y 21 días de incubación, según sea la temperatura del medio, y de cada una de ellas sale un número de crías que oscila entre 2 y 20 (Fuentes, 1987, pp.4-5), logrando adquirir más de 4000 lombrices. A cada tratamiento se le aplicó un total de 1000 lombrices que lograron producir un total de 25kg de compost por cada Tratamiento.

CONCLUSIONES

- Para la elaboración de compost se consideró 4 tratamientos, cada uno contenía una masa de 110kg compuesta por aserrín y hojas secas 50kg, 1000 lombrices, materia orgánica (RSO provenientes del Mercado Privado de la ciudad de Macas) 25 kg, carbón 10kg y estiércol de bovino (T0) 25kg, cuy (T1) 25kg, equino (T2) 25kg y gallinaza (T3) 25kg. El diseño de la compostera se lo realizó a base de madera y se consideró una capacidad de carga total de 440kg, por otro lado, se tomó en cuenta factores como temperatura, humedad y aireación.
- El pH correspondiente al Tratamiento 1 con estiércol de cuy fue de pH de 6,49, al ser una diferencia de 0,01 por debajo del valor estándar, este puede ser modificado mediante la alimentación de las lombrices para que de esta manera pueda alcanzar un pH dentro del rango requerido, lo que se puede lograr mediante la aplicación de ceniza vegetal. Por otro lado, los Tratamientos 0, 2 y 3 su pH oscila entre 7,1 y 7,2, siendo beneficioso para la calidad del compost obtenido y cumpliendo con los estándares cuyo promedio oscilan entre 6,5 y 7,5. Un pH equilibrado en este rango es fundamental porque beneficia la disponibilidad de nutrientes de las plantas y la actividad microbiana del suelo. Los valores de pH neutro registrados indican condiciones favorables para el crecimiento de diversas plantas, aumentando la utilidad y versatilidad del compost producido.
- Los sistemas de compostaje con lombrices producen importantes nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). En particular, el Tratamiento 3 con gallinaza destacó con una concentración de nitrógeno significativamente mayor a los otros tratamientos objeto de estudio y los resultados generados por valores estándar demuestran que el porcentaje C/N en el proceso de compostaje facilita que los microorganismos se encuentren en correctas condiciones para que degraden la materia y que los Tratamientos mantenían un equilibrio biológico para el proceso de compostaje.
- Los resultados de micronutrientes como cobre, magnesio, manganeso y zinc están presentes en altas concentraciones en el estiércol de bovino y gallinaza siendo fundamental para crear un ambiente en óptimas condiciones para el desarrollo y reproducción de las lombrices, por otro lado, estos micronutrientes indican que el compost resultante puede servir como fuente de minerales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Una diversidad de micronutrientes ayuda a enriquecer el suelo y beneficia el crecimiento de las plantas y demuestran la eficiencia de la lombriz para obtener compost como producto de la digestión de residuos sólidos orgánicos mediante la lombricultura, todos los tratamientos empleados en este proyecto pueden considerarse como fuentes orgánicas de aporte de varios micronutrientes al suelo.

- Para determinar la eficiencia se consideró como tecnología la lombricultura que fue empleada en cada uno de los tratamientos para la elaboración de compost, demostrando ser una alternativa viable que puede convertir grandes masas de RSO en un producto que tiene la capacidad de mejorar significativamente la estructura del suelo y es capaz de generar cultivos 100% orgánicos. Para lo cual, se comprobó, empleando 200g de vermicompost en una maceta con 20 Kg tierra infértil y se sembró 20 semillas de 2 especies de tomate, en 3 meses la tierra germinó el 100% de las plantas de tomate demostrando que la eficiencia del compost puede modificar la estructura del suelo y generar cultivos con excelentes resultados.

RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos constantes del pH durante todo el proceso de degradación de los residuos orgánicos con lombrices, para tener valores precisos que se adapten a necesidades específicas de cultivos agrícolas donde se pueda emplear el uso del compost, por otro lado, se sugiere agregar ceniza de madera en los procesos de compostaje, para evitar que se acidifique, mejorando de esta manera las condiciones ambientales óptimas para las lombrices.
- Aprovechar la generación de residuos provenientes de otros sectores con la finalidad de reducir problemáticas ambientales, para ello, se sugiere considerar la metodología y los resultados obtenidos en esta investigación, los mismos que permitan un análisis de diferentes fuentes para realizar una comparación posterior.
- Controlar el proceso de preparación de los estiércoles previa a la incorporación en los Tratamientos, al igual que, se recomienda la exploración de herramientas que optimicen una mejor obtención de estos elementos en el compost con lombricultura, como ajustes en la dieta o una mayor masa de RSO.
- Se sugiere una búsqueda de tecnologías que permitan el máximo aprovechamiento de las propiedades de los RSO, esto podría incluir otras metodologías de recolección, preparación y aplicación efectiva en tratamientos con otras variaciones de composición para procesos a mayor escala.
- Llevar a cabo análisis periódicos del área donde se aplica el vermicompost con el fin de evaluar su eficacia y los efectos a largo plazo. Esto permitirá observar los cambios y evolución de la estructura edáfica y la adaptación que tiene el suelo para generar un ambiente con microorganismos beneficiosos para cultivos.
- Aplicar este tema a gran escala por parte los GADS provinciales, municipales y/o parroquiales, el aprovechamiento de los RSO evitaría que estos pasen a formar parte de los desechos, contaminando fuentes hídricas y generando gases a la atmósfera. A gran escala puede convertirse en una fuente oportunidades laborales y se incentivaría la economía circular sustentable y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ADAY, Bicho.** *Abonos caseros. Cómo comportar estiércol de vaca para la huerta.* [Blog]. La huertina de Toni, 2021. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <https://www.lahuertinadetoni.es/compostar-estiercol-de-vaca/>
2. **AGRONOTIPS.** *Estiércol de caballo como abono: Composición y aplicación.* [blog]. Portalfrutícola, 2024. [Consulta: 26 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/06/14/estiercol-de-caballo-como-abono-composicion-y-aplicacion/#>
3. **JIMÉNEZ TERR, Felipe Alberto; et al.** “Uso de humus de lombriz en la formulación de sustratos para la aclimatización de cultivos tropicales”. *Centro agrícola* [En línea]. 2012, (Cuba), vol. 39 (3), págs. 37-44. [Consulta: 26 noviembre 2023]. ISSN 2072-2001. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/centro-agricola/articulo/uso-de-humus-de-lombriz-en-la-formulacion-de-sustratos-para-la-aclimatizacion-de-cultivos-tropicales>
4. **ARANCON, Norman; et al.** “Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries: The 7th international symposium on earthworm ecology · Cardiff · Wales · 2002”. *Pedobiologia* [En línea]. 2003, (Wales), vol. 47, págs. 731-735. [Consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00251>
5. **ATIYEH, R; et al.** “Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil”. *Pedobiologia* [En línea]. 2000. (United State of America), vol. 44 (5), págs. 579-590. ISSN 00314056. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70073-6](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70073-6)
6. **BARREROS CHILUISA, Edison Iván.** Efecto de la realización carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*savia porcellus*), enriquecido. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Cevallos-Tungurahua. 2017. págs. 1-79. [Consulta: 2023-07-17]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25395>
7. **AYALA FALCÓN, Rubén Arturo.** *Bioseguridad elaboración de composta con desechos de granja* [Blog]. BM Editores. 2018. [Consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://bmeditores.mx/avicultura/bioseguridad-elaboracion-de-composta-con-desechos-de-granja-1830/>

8. **BOHÓRQUEZ SANTANA, Wilson.** *El proceso de compostaje* [En línea]. Bogotá-Colombia: Universidad de La Salle. Ediciones Unisalle, 2019. [Consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/libros/72/>
9. **BORTZIRIETAKO.** *Compost.* [Blog]. 2020. [Consulta: 20 junio 2023]. Disponible en: <https://bhm.eus/es/compost/>
10. **BUSAJM, Gonzalo.** Desarrollo de una Aplicación para el cálculo de la Relación Carbono-Nitrógeno de una masa compostable. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Recursos Naturales Renovables. Cuyo-Argentina. 2021. págs. 1-77. [Consulta: 2023-06-20]. Disponible en: <https://bdigital.uncu.edu.ar/18984>
11. **CARRERA SILVA, M.** “Lombricultura un filón en abandono. Pérdidas económicas, ambientales y sociales”. *Revista Alfa* [En línea]. 2019. (Ecuador), vol. 3 (8), págs. 77-85. ISSN 2664-0902. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/59>
12. **COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL.** *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte* [En línea]. Montreal-Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017. [Consulta: 12 julio 2023]. Disponible en: <https://crisnacortinas.org/sustentabilidad/download/caracterizacion-y-manejo-de-residuos-organicos-en-america-del-norte-y%E2%80%A8-reciclaje-de-residuos-carnicos/>
13. **CHILQUINGA CALDERÓN, Edgar & CULQUI SÁNCHEZ, Marco Vinicio.** “Residuos tóxicos en leche materna: revisión de la literatura”. *Práctica Familiar Rural* [En línea], (2022), (Ecuador), vol. 7 (1), págs. 1-7. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.23936/pfr.v7i1.231>
14. **CLIVE, Edwards.** *Earthworm Ecology* [En línea]. 2ª ed. Washintong-United States of America: CRC PRESS, 2004. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=7mHvxY-1BKsC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Edwards,+C.A.,+%26+Dominguez,+J.+\(2004\).+The+biology+and+ecology+of+earthworms.+CRC+Press.&ots=FNjSRHG3-I&sig=aLYJjwRO_EdBFA_VgKrtrWBylu4#v=onepage&q=Edwards%2C%20C.A.%2C%20%26%20Dominguez%2C%20J.%20\(2004\).%20The%20biology%20and%20ecology%20of%20earthworms.%20CRC%20Press.&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=7mHvxY-1BKsC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Edwards,+C.A.,+%26+Dominguez,+J.+(2004).+The+biology+and+ecology+of+earthworms.+CRC+Press.&ots=FNjSRHG3-I&sig=aLYJjwRO_EdBFA_VgKrtrWBylu4#v=onepage&q=Edwards%2C%20C.A.%2C%20%26%20Dominguez%2C%20J.%20(2004).%20The%20biology%20and%20ecology%20of%20earthworms.%20CRC%20Press.&f=false)
15. **COBALEDA BARRETO, John Fernando.** Evaluación del proceso de lombricompostaje mediante la utilización de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de abonos con los residuos orgánicos generados en la Cafetería Central de la Universidad del Valle [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Recursos Naturales y del Ambiente. Santiago de Cali-Colombia, 2015.

- págs. 1-82. [Consulta: 2023-04-10]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/c409a9aa-f8b6-4ea7-88d7-5fcd1eca8280>
16. **CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE.** *Ley 0. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. Estado: Vigente.* [En línea]. [Consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
 17. **HÁGALO USTED MISMO.** *Cómo hacer compost en casa* [Blog]. 2024. [Consulta: 11 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.hagaloustedmismo.cl/proyectos/como-hacer-compost-en-casa.html>
 18. **CONSEJO NACIONAL DE COMPETENCIAS (CNC).** *Informe sobre mapeo de actores generadores de información a nivel territorial e identificación de fuentes de información de la competencia de desechos sólidos* [En línea]. Quito-Ecuador: CNC, 2019. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://www.competencias.gob.ec/biblioteca/informe-de-la-competencia-de-desechos-solidos/>
 19. **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.** *Decreto Legislativo 0. Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008. Última modificación: 25-ene.-2021. Estado: Reformado.* [En línea]. [Consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
 20. **CONTRERAS, Ramón.** *Fases del proceso de compostaje: cómo se hace el compost* [Blog]. La guía, 2022. [Consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <https://biologia.laguia2000.com/microbiologia/fases-del-proceso-de-compostaje-como-se-hace-el-compost>
 21. **FUNDACIÓN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.** *Humus y extracto líquido de lombriz roja californiana* [En línea]. Caracas-Venezuela: 2019. [Consulta: 20 junio 2023]. Disponible en: <http://www.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2019/11/Humus-de-Lombriz.pdf>
 22. **CRUZ MARTÍNEZ, Víctor Hugo.** *Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida L) en Diferentes Calibres de Estiércol de Bovino de Leche.* [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería, Departamento de Ciencias del Suelo. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 2013. págs. 1-70. [Consulta: 2023-07-18]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5441>

23. **DE CASTRO, Federica; et al.** “Vermicompost: Enhancing Plant Growth and Combating Abiotic and Biotic Stress”. *Agronomy* [En línea], 2023, vol. 13, págs. 1134. [Consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy13041134>
24. **DELGADO BRICEÑO, Sandra Yolimar.** “Plan de Trabajo Basado en la Implementación de la Técnica del Huerto del Pie Cuadrado como Alternativa para el Aprovechamiento de los Desechos Sólidos Orgánicos (Caso de Estudio: Habitantes del Barrio el Paraíso Sector San Rafael de la Parroquia Barinitas, Municipio Bolívar, Estado Barinas)”. *Revista Científica* [En línea], 2016, vol. 2 (3), págs. 310-324. ISSN 2542-2987. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2017.2.3.17.310-324>
25. **DIAGO, Valentina.** “Formulación de una metodología de regeneración de suelos mediante lombricultura en Ricaurte, Cundinamarca”. *CORE* [En línea], 2016. (Colombia), págs. 1-24. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/14918>
26. **DOMÍNGUEZ, Jorge; et al.** “Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo”. *Acta Zoológica Mexicana* [En línea]. 2010. (España), vol. 26 (2), págs. 359-371. ISSN 0065-1737. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/900>
27. **ENERGYGO.** *Definición de Calidad ambiental* [Blog]. 2020. [Consulta: 13 junio 2023]. Disponible en: <https://blog.energygo.es/glosario/definicion-calidad-ambiental/#>
28. **EPSTEIN, Eliot.** *The Science of Composting* [En línea]. 2019. [Consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203736005/science-composting-eliot-epstein>
29. **EUROFINS.** *Factores que intervienen en la calidad ambiental* [Blog]. 2020. [Consulta: 13 junio 2023]. Disponible en: <https://www.eurofins-environment.es/es/factores-calidad-ambiental/>
30. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.** *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales* [En línea]. Bogotá-Colombia, 2018. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/es/c/1143560/>
31. **BUSTOS FLORES, Carlos.** “La problemática de los desechos sólidos”. *Economía* [En línea], 2009, vol. 34 (27), págs. 121-144. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: http://iies.faces.ula.ve/revista/articulos/revista_27/pdf/rev27bustos.pdf

32. **FUENTES YAGUE, Jose Luis.** “Crianza De La Lombriz Roja”. *Hojas divulgadoras*, [En línea], 1987. (España), (1), págs. 1-28. [Consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1987_01.pdf
33. **GALLEGO OVIEDO, Yezid.** *Compostaje y lombricultivo* [En línea]. Córdoba-España, 2022. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/PDF/Compostaje_y_lombricultivo.pdf
34. **IBÁÑEZ MORENO, William Xavier; et al.** “Residuos sólidos en la ciudad de macas, Ecuador”. *Dominio De Las Ciencias* [En línea], 2021, vol. 7 (4), págs. 1888–1902. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2207>
35. **INNOVACIONES AGROFOOD DESIGN.** *Lombricultura* [Blog]. 2019. [Consulta: 30 noviembre 2023]. Disponible en: <https://innovatione.eu/2019/07/22/lombricultura/>
36. **JIMÉNEZ CHUVA, Silvio Olmedo.** Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2015. págs. 1-140. [Consulta: 2023-07-18]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4867>
37. **KHUSHBU, Sharma & GULATI, Rachna.** “Chapter -3 Vermicomposting: A Boon Technology for Solid Waste Management”. *Researchgate* [En línea]. 2022. (India), vol. 16, págs. 47-63. [Consulta: 30 junio 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22271/ed.book.1734>
38. **LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA.** *Suplemento del Registro Oficial No. 583, 5 de Mayo 2009. Normativa: Vigente. Última Reforma: Ley s/n (Registro Oficial 349, 27-XII-2010).* [En línea]. [Consulta: 4 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20R%C3%89GIMEN%20DE%20LA%20SOBERAN%C3%8DA%20ALIMENTARIA%20-%20LORSA.pdf>
39. **LOMBRITEC.** *El mejor alimento para la lombriz roja californiana* [Blog]. 2019. [Consulta: 30 junio 2023]. Disponible en: <https://lombritec.com/alimentacion-lombriz-roja-californiana/>
40. **LÓPEZ FERNÁNDEZ, Sonia.** Comparación de las características físicas y químicas de compostas elaboradas con heces de bovinos, caprinos, equinos y ovinos durante las estaciones del año. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Maestría y Doctorado en Ciencias, Agropecuarias y Recursos Naturales. Temascaltepec-México. 2016. págs. 1-95. [Consulta: 2024-02-25]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65122>

41. **MARNETTI, Jonathan.** Implementación de la producción de lombricultura. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Licenciatura). Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas, Licenciatura en Gestión de Negocios Regionales. Mendoza. 2012. págs. 1-33. [Consulta: 2023-07-5]. Disponible en: <https://bdigital.uncu.edu.ar/5236>
42. **MARTÍNEZ LAGOS, Josué; et al.** “Aspectos claves para la elaboración de Vermicompost para pequeños espacios”. *Informativo INIA Remehue* [En línea], 2022. (Chile), (293), págs. 1-4. [Consulta: 25 enero 2024]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68536>
43. **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO.** *Manual de compostaje* [En línea]. España: 2008. [Consulta: 19 julio 2023]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf
44. **MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA.** *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales* [En línea]. Quito: 2020. [Consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>
45. **RUIZ MORALES, Mariana.** *Taller de elaboración de lombricomposta* [En línea]. México: Universidad Iberoamericana, 2011. [Consulta: 20 junio 2023]. Disponible en: <https://ibero.mx/web/filesd/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>
46. **NATURLAND.** “Vermicompost Enfoque flexible”. *Naturland Internacionales* [En línea]. 2015, (23). [Consulta: 11 junio 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/9ad5cd07-03c7-3294-bddf-52797e4be4c1/>
47. **NESTLE.** *Desechos sólidos: Qué son, tipos y cómo gestionarlos* [Blog]. 2022. [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://www.nestleagustoconlvida.com/re-pensar/desechos-solidos>
48. **NIETO, M.; et al.** “Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina”. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* [En línea]. 2014. (Argentina), vol. 40 (1), págs. 92-101. [Consulta: 26 febrero 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4732851>
49. **NOGALES, Rogelio; et al.** “Vermicomposting of winery wastes: A laboratory study”. *Journal of Environmental Science and Health Part B* [En línea]. 2005. (España), vol. 40 (4), págs. 659-673. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 03601234. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1081/PFC-200061595>

50. **ORTÍZ DÍAZ, Juliana.** Evaluación del efecto de la incorporación de cenizas de madera en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en Versalles, Valle del Cauca. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Departamento de Energía y Mecánica, Programa de Ingeniería Ambiental. Santiago de Cali-Colombia. 2012. págs. 1-60. [Consulta: 2024-02-06]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/entities/publication/59e1736c-d612-4b00-9415-0d1462cf9abf>
51. **PACO, Gabriel; et al.** “Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa”. *Journal of the Selva Andina Research Society* [En línea], 2011. (Bolivia), vol. 2 (2), págs. 24-39. [Consulta: 15 enero 2023]. ISSN 2072-9308. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942011000200004&script=sci_arttext
52. **PINEDA RODRIGUEZ, Jose.** *Lombricultura* [En línea]. 1ª ed. Tegucigalpa-Honduras: Instituto Hondureño del Café, 2006. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <https://dokumen.pub/lombricultura.html>
53. **PINEDA, José Alberto.** Lombricultura [Blog]. 2020. [Consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/lombricultura/>
54. **PINOS RODRÍGUEZ, Juan; et al.** “Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América”. *Agrociencia* [En línea]. 2012. (México), vol. 46 (4), págs. 359-370. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004#
55. **PORTA, J; et al.** *Edafología para La Agricultura y El Medio Ambiente* [En línea]. 3ª ed. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa, 2003. [Consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/411836561/Edafologia-Para-La-Agricultura-y-El-Medio-Ambiente#>
56. **PULLOPAXI CIFUENTES, Antony Javier.** Tratamiento de residuos orgánicos generados en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante compostaje. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2019. págs. 1-92. [Consulta: 2023-06-08]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/13202>
57. **RAMÍREZ, Dayana, et al.** Creando estrategias pedagógicas: Aprovechamiento y manejo de residuos orgánicos mediante la lombricultura aplicado a estudiantes del grado 5° del Colegio La Giralda. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Licenciatura) Universidad del Tolima, Instituto de Educación a Distancia, Licenciatura en Educación Básica en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Sibaté-Cundinamarca. 2016. págs. 1-85. [Consulta: 2023-04-26].

Disponible en: <https://repository.ut.edu.co/entities/publication/5c897282-21df-4302-a26e-85b22378ced8>

58. **RAMÍREZ CAMPOS, Marco Antonio.** “El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental”. *Revista “Enfermería a la vanguardia”* [En línea]. 2018. (Perú), vol. 6 (12), págs. 40-47. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://revistas.unica.edu.pe/index.php/vanguardia/article/view/210>



ANEXOS

ANEXO A: ADAPTACIÓN DE LA COMPOSTERA



ANEXO B: RECOLECCIÓN DE LOS RSO DEL MERCADO PRIVADO.



ANEXO C: RECOLECCIÓN DE ESTIÉRCOL



ANEXO D: ELABORACIÓN DEL COMPOST



ANEXO E: CUIDADO Y DUPLICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE LOMBRICES



ANEXO F: INTRODUCCIÓN DE LAS LOMBRICES AL COMPOST



ANEXO G: APLICACIÓN DE COMPOST A PLANTAS



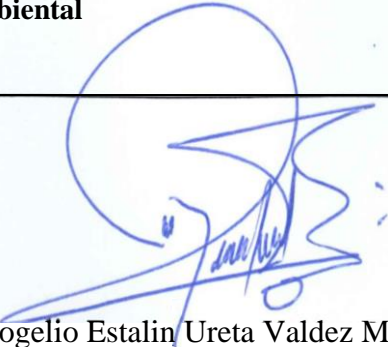



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 29/ 07 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Melissa Jakeline Delgado Jaya
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
 Ing. Rogelio Estalin Ureta Valdez MsC. Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Goering Octavio Zambrano Cárdenas MsC. Asesor del Trabajo de Titulación