



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS BIODEGRADABLES PARA EL**  
**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS**  
**EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA DE PICHINCHA”**

Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

**AUTORES:**

Cruz Cacuango Gerson Santiago

Quilumba Chorlango Edwin Paúl

**DIRECTORA**

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.

Ibarra – Ecuador

2019

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS BIODEGRADABLES PARA EL**  
**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS**  
**EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA DE PICHINCHA”**

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADA:**

Ing. Gladys Yaguana, MSc.

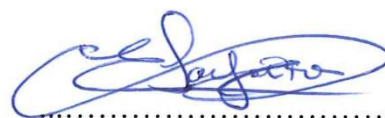
**DIRECTORA**



FIRMA

Ing. Eleonora Layana, MSc.

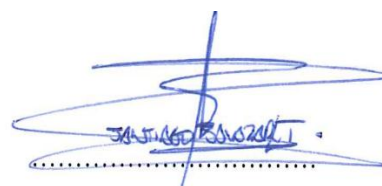
**ASESORA**



FIRMA

Ing. Santiago Salazar, MSc

**ASESOR**



FIRMA

**IBARRA- ECUADOR**

**OCTUBRE, 2019**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hacemos la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1725312894		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Cruz Cacuango Gerson Santiago		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tabacundo - Pichincha		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:gersoncruz335@gmail.com">gersoncruz335@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2366-607	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0999838634

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004025860		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Quilumba Chorlango Edwin Paúl		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tabacundo - Pichincha		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:edwinpaulquilumba@gmail.com">edwinpaulquilumba@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2366-762	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0986199575

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS BIODEGRADABLES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA DE PICHINCHA
<b>AUTORES:</b>	Cruz Cacuango Gerson Santiago Quilumba Chorlango Edwin Paúl

<b>FECHA:</b>	16 de Octubre de 2019
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTORA:</b>	Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 16 días del mes de Octubre de 2019

### LOS AUTORES:



.....

Cruz Cacuango Gerson Santiago

**CI.: 1725312894**



.....

Quilumba Chorlango Edwin Paúl

**CI.: 1004025860**

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, GERSON SANTIAGO CRUZ CACUANGO, con cédula de identidad Nro. 1725312894 y QUILUMBA CHORLANGO EDWIN PAÚL, con cédula de identidad Nro. 1004025860; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra de trabajo de grado denominada **“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS BIODEGRADABLES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA DE PICHINCHA”** que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



.....

Cruz Cacuangó Gerson Santiago

CI.: 1725312894



.....

Quilumba Chorlango Edwin Paúl

CI.: 1004025860

## **REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** 16 de Octubre de 2019

GERSON SANTIAGO CRUZ CACUANGO

EDWIN PAÚL QUILUMBA CHORLANGO

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS BIODEGRADABLES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA DE PICHINCHA.**

### **TRABAJO DE GRADO**

Ingenieros en Recursos Naturales, Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. Ec. 16 de Octubre de 2019.

**DIRECTORA:** Ing. Gladys Yaguana, MSc.

El objetivo de la presente investigación fue la evaluación de tres métodos biodegradables (compostaje, lombricultura y bocashi), para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Cantón Pedro Moncayo. De acuerdo con lo mencionado, este estudio planteó establecer a partir de los resultados, un instrumento documentado como guía para la gestión de residuos orgánicos y la reducción del volumen de almacenamiento en el Centro de Disposición Final.

Ibarra, a los 16 días del mes de Octubre de 2019

### **AUTORES**



.....

Cruz Cacungo Gerson Santiago



.....

Quilumba Chorlango Edwin Paúl

### **DIRECTORA**



.....

Ing. Gladys Yaguana, MSc.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores CRUZ CACUANGO GERSON SANTIAGO, con cédula de identidad Nro. 1725312894 y QUILUMBA CHORLANGO EDWIN PAÚL, con cédula de identidad Nro. 1004025860, bajo mi supervisión en calidad de directora.



Ing. Gladys Yaguana, MSc.

**DIRECTORA**

Ibarra, a los 16 días del mes de Octubre del 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente, queremos agradecer a nuestros padres por su constante apoyo en el transcurso de la carrera, a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales y a la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y a todos los docentes que nos han impartido sus conocimientos y experiencias.*

*A nuestra directora de tesis la MSc. Gladys Yaguana y asesores de tesis, MSc. Santiago Salazar y MSc. Melissa Layana, quienes nos brindaron su apoyo incondicional y nos supieron guiar y motivar en cada una de las etapas de la presente investigación.*

*Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Moncayo, a la MSc. Karen Hidalgo encargada de la Unidad de Residuos Sólidos y al personal operativo del relleno sanitario.*

*A todas las personas que nos han apoyado y que hicieron que este trabajo sea plasmado.*

***Edwin y Gerson***



## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por su bendición durante todo el trayecto que he cursado y no desampararme en ningún momento.*

*A mi madre querida Orfelina, que gracias a su amor, comprensión, esfuerzo, sabiduría y apoyo he logrado llegar a cumplir esta meta. Gracias por enseñarme la sencillez y humildad que me caracteriza.*

*A mi tía Virginia, que ha sido como mi segunda madre y me ha dado su cariño casi mi vida entera. A mi abuelita Rosita, y toda mi familia que me han inculcado valores y me han enseñado el verdadero sentido de la vida.*

*Finalmente, quiero dedicar esta tesis a ti Karina por apoyarme y extenderme tus manos en todo momento y por el amor brindado cada día.*

*Esto es por todos ustedes*

***Gerson Santiago Cruz Cacuango***

## DEDICATORIA

*A mis padres, Daniel Quilumba y María Chorlango por su constante apoyo económico y moral, ustedes siempre me han enseñado a ser un buen hijo y que debo luchar por mis sueños y mis metas; sus consejos, cariño y amor han hecho que me forme como una persona de bien y me han enseñado que no es necesario tener riquezas para ser felices, la felicidad está en compartir en familia, este trabajo es para ustedes con todo mi cariño.*

*A mis hermanos Rocío, César, María, Erika, Daniela y Brayan por su constante apoyo económico y moral, por estar en las buenas y malas conmigo, por todos los consejos y experiencias que me han brindado, siempre serán esa parte fundamental en mi vida los amo demasiado.*

*A mi sobrino Michael por alegrarme los días con sus locuras y travesuras, eres a quien quiero infundir la curiosidad por la investigación.*

*A todas las personas que me han apoyado en el transcurso de mi carrera.*

***Edwin Paúl Quilumba Chorlango***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Revisión de Antecedentes o Estado del Arte.....	1
1.2. Problema de investigación y Justificación .....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos .....	6
1.4. Hipótesis de prueba estadística de los tratamientos .....	6
<b>CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Marco teórico referencial .....	7
2.1.1. Residuo sólido.....	7
2.1.2. Gestión integral de residuos sólidos .....	7
2.1.3. Clasificación de los residuos.....	8
2.1.3.1. Según su peligrosidad .....	8
2.1.3.2. Según su origen .....	8
2.1.3.3. Según su composición.....	8
2.1.4. Residuos orgánicos .....	9
2.1.5. Abono orgánico.....	9
2.1.5.1. Propiedades químicas.....	9
2.1.5.2. Propiedades físicas .....	9

2.1.5.3.	Propiedades biológicas.....	10
2.1.6.	Materia orgánica para la obtención de abonos orgánicos .....	10
2.1.7.	Bocashi.....	10
2.1.8.	Lombricultura .....	11
2.1.9.	Compostaje .....	12
2.1.10.	Macro y micro nutrientes .....	13
2.2.	Marco legal.....	14
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>		<b>17</b>
3.1.	Descripción del área de estudio.....	17
3.1.1.	Datos ecológicos del sitio .....	18
3.2.	Materiales y equipos.....	18
3.3.	Métodos .....	19
3.3.1.	Comparación de la eficiencia de los métodos biodegradables .....	19
3.3.1.1.	Elaboración de bocashi .....	20
3.3.1.2.	Elaboración de lombricultura.....	22
3.3.1.3.	Elaboración de compostaje .....	24
3.3.1.4.	Evaluación de los parámetros de temperatura, humedad y pH. ....	25
3.3.1.5.	Diseño experimental.....	26
3.3.2.	Determinación del contenido nutricional de los tratamientos .....	27
3.3.3.	Desarrollo de la guía para mejorar el manejo de residuos sólidos orgánicos del Cantón .....	27
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>28</b>
4.1.	Comparación de la eficiencia de los métodos en la degradación de residuos.....	28
4.1.1.	Temperatura .....	28
4.1.2.	pH.....	30

4.1.3.	Humedad.....	31
4.1.4.	Tiempo de Descomposición.....	33
4.1.5.	Cantidad de humus obtenido.....	33
4.2.	Contenido de macro y micronutrientes, conductividad eléctrica y materia orgánica del bocashi, compost y lombricompost .....	34
4.2.1.	Macronutrientes .....	34
4.2.2.	Micronutrientes .....	39
4.2.3.	Conductividad eléctrica .....	44
4.2.4.	Relación carbono nitrógeno (C/N).....	45
4.2.5.	Materia Orgánica .....	46
4.3.	Guía para el manejo de residuos orgánicos .....	47
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>48</b>
5.1.	Conclusiones .....	48
5.2.	Recomendaciones .....	49
REFERENCIAS.....		50
ANEXOS .....		58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
<b>Tabla 1.</b> Materiales de campo, oficina y laboratorio.....	19
<b>Tabla 2.</b> Función de los ingredientes utilizados en el proceso de fermentación. .	20
<b>Tabla 3.</b> Parámetros óptimos para la obtención de abonos tipo Bocashi. ....	22
<b>Tabla 4.</b> Principales diferencias entre especies de lombriz.....	22
<b>Tabla 5.</b> Parámetros óptimos para el desarrollo de la Lombricultura. ....	24
<b>Tabla 6.</b> Parámetros óptimos para el desarrollo del compostaje. ....	25
<b>Tabla 7.</b> Distribución de las unidades experimentales.....	27
<b>Tabla 8.</b> Cantidad de humus obtenido.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Páginas
<b>Figura 1.</b> Proceso oxidativo de la materia orgánica. ....	10
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación del cantón Pedro Moncayo y el relleno sanitario municipal.....	17
<b>Figura 3.</b> Resultado de la trituración de los residuos orgánicos.....	20
<b>Figura 4.</b> Colocación de insumos del tratamiento bocashi por capas. ....	21
<b>Figura 5.</b> Dimensionado del lecho para la elaboración del humus de lombriz. ...	23
<b>Figura 6.</b> Ingredientes para la formación del compost.....	24
<b>Figura 7.</b> Instrumentos y equipos utilizados (multiparámetro HANNA HI-9813-6 y estufa secadora).....	26
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de la Temperatura durante el proceso de degradación de la materia orgánica. ....	28
<b>Figura 9.</b> Comportamiento del pH durante el proceso de degradación de la materia orgánica. ....	30
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de la humedad durante el proceso de degradación de la materia orgánica. ....	32
<b>Figura 11.</b> Concentración de Nitrógeno total en el humus de cada tratamiento. .	34
<b>Figura 12.</b> Concentración de Fósforo en el humus de cada tratamiento. ....	35
<b>Figura 13.</b> Concentración de Potasio en el humus de cada tratamiento.....	36
<b>Figura 14.</b> Concentración de Calcio en el humus de cada tratamiento. ....	37
<b>Figura 15.</b> Concentración de Magnesio en el humus de cada tratamiento.....	38
<b>Figura 16.</b> Concentración de Azufre en el humus de cada tratamiento. ....	39
<b>Figura 17.</b> Concentración de Boro en el humus de cada tratamiento. ....	40
<b>Figura 18.</b> Concentración de Zinc en el humus de cada tratamiento. ....	41
<b>Figura 19.</b> Concentración de Cobre en el humus de cada tratamiento.....	42
<b>Figura 20.</b> Concentración de Hierro en el humus de cada tratamiento. ....	43
<b>Figura 21.</b> Concentración de Manganeso en el humus de cada tratamiento. ....	44
<b>Figura 22.</b> Conductividad eléctrica en el humus de cada tratamiento. ....	45
<b>Figura 23.</b> Relación C/N en el humus de cada tratamiento.....	45
<b>Figura 24.</b> Cantidad de materia orgánica en el humus de cada tratamiento.....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
<b>Anexo 1.</b> Ficha de registro de datos en campo. ....	58
<b>Anexo 2.</b> Registro fotográfico. ....	59
<b>Anexo 3.</b> Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba estadística de Tukey al 5% para el parámetro temperatura. ....	63
<b>Anexo 4.</b> Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba estadística de Tukey al 5% para el parámetro pH. ....	66
<b>Anexo 5.</b> Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba estadística de Tukey al 5% para el parámetro humedad. ....	69
<b>Anexo 6.</b> Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Bocashi). ....	71
<b>Anexo 7.</b> Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Lombricultura). ....	72
<b>Anexo 8.</b> Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Compostaje). ....	73
<b>Anexo 9.</b> Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Testigo). ....	74
<b>Anexo 10.</b> Guía práctica para el aprovechamiento de residuos orgánicos del Cantón Pedro Moncayo. ....	74



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS BIODEGRADABLES PARA EL**  
**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS**  
**EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA DE PICHINCHA”**

Trabajo de titulación

Autores: Cruz Cacuango Gerson Santiago  
Quilumba Chorlango Edwin Paúl

**RESUMEN**

El GAD municipal de Pedro Moncayo realiza el manejo y disposición final de los residuos sólidos en las instalaciones del Relleno Sanitario ubicado en la comunidad de Moronga. Diariamente, a este centro ingresan 15 toneladas de residuos sólidos, de los cuales siete corresponden a residuos orgánicos, dificultando su gestión. La presente investigación, tuvo como propósito evaluar tres métodos biodegradables: bocashi (T1), lombricultura (T2) y compostaje (T3) mediante la utilización de los residuos orgánicos. Para la disposición de los tres tratamientos y un testigo, se utilizó un diseño experimental completo al azar, cada uno de ellos con cuatro repeticiones teniendo como resultado 16 unidades experimentales de 2m<sup>2</sup> cada una, para su posterior cosecha y análisis de laboratorio. Los resultados, evidenciaron que el tratamiento T2 presentó el mayor contenido de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S. Mientras que el tratamiento T3, obtuvo valores altos en micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mn. En base a estos resultados, se elaboró una guía para la gestión de este tipo de residuos mediante la combinación de los dos métodos más eficientes los cuales son lombricultura y compostaje, de esta manera se garantiza el desarrollo de lombrices y microorganismos, el contenido nutricional y la adaptabilidad a los parámetros temperatura, pH y humedad.

**Palabras clave:** Abonos orgánicos, aprovechamiento, residuos orgánicos.

## ABSTRACT

The DAG of Pedro Moncayo rules the management and final disposal of solid waste in the facilities of the Sanitary Landfill located in the “Moronga” community. Every day, 15 tons of solid waste are processed in this center; seven of them are organic, making its processing and management difficult. The purpose of this research is to evaluate three biodegradable methods: bocashi (T1), vermiculture (T2) and composting (T3), that could be applied in the disposal and management of organic waste. For the arrangement, a control of the three treatments, a randomized complete experimental design was used. Each of them with four repetitions resulting in 16 experimental units of 2m<sup>2</sup> each, to be harvested and analyzed. The results showed that the T2 treatment had the highest macronutrient content N, P, K, Ca, Mg, S. While the T3 treatment, obtained high values in micronutrients B, Zn, Cu, Fe, Mn. Based on these results, a guide for the management of this type of waste was created by combining the two most outstanding methods, guaranteeing the reproduction and development of worms, microorganisms, nutritional content by acquiring adaptability to the conditioning parameters that are temperature, pH and humidity.

**Keywords:** Organic fertilizers, optimal utilization, organic waste.

Vitor Query



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Revisión de Antecedentes o Estado del Arte

El crecimiento excesivo de la población mundial, durante los últimos cincuenta años y el consumo masivo, ha provocado la generación de residuos (López, Pereira y Rodríguez, 1980). Sin embargo, desde el origen de la Revolución Industrial suscitado en Gran Bretaña a mediados del siglo XVIII, la propagación de residuos ha ido aumentando sustancialmente debido a la transformación económica y social desde aquella época. Como consecuencia de esto a nivel mundial cada año se producen alrededor de 3,5 millones de toneladas diarias de residuos (Guijarro, 2016).

En la actualidad, las regiones a escala global que más producen residuos son África Subsahariana, África del Norte, Asia central, Asia Sur, Europa Central y Naciones de pequeñas islas en América Latina y el Caribe (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012). Es por esta razón, que las Naciones Unidas a través del programa 21, implementa un sistema de gestión de desechos enmarcado en cuatro ejes ecológicos principales que son: (a) Reducción al mínimo de los desechos; (b) Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado; (c) Promoción de la eliminación y el tratamiento de los desechos; (d) Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos con la finalidad establecer políticas ambientales globales para la recolección, clasificación y disposición final de los desechos (Sato y Dos Santos, 1997).

No obstante, algo semejante ocurre con América Latina y el Caribe (ALC). Según Sáez y Urdaneta (2014), en el año 2010 el informe acerca de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe propone que los Residuos sólidos Urbanos (RSU) deben ser recolectados, transportados y tratados, basándose en un sistema de gestión integral de residuos, esto con el fin de proteger la salud de los pobladores y el ambiente. El territorio del continente americano, en su mayoría se encuentra urbanizado con alrededor del 79%, esto lo

hace muy susceptible a enfrentar un crecimiento en la demanda de servicios por parte de la población (Tello, Martínez, Daza, Soulier y Terraza, 2010).

En cuanto a la disposición final, Torres, Pacheco, y Velásquez (2018) manifiestan que el 50% de los residuos son depositados inadecuadamente. Razones como la falta de sostenibilidad financiera, crecimiento poblacional o deficiencia en la parte técnica, provocan este tipo de conflictos. Sin embargo, el promedio de generación per cápita de residuos sólidos según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), es de 1.5 kg/hab/día es decir representa un 67% de residuos generados a nivel continental.

Por otra parte, Porras y González (2016) mencionan que a partir de la generación moderna se ha incrementado considerablemente las cantidades de desechos y es difícil que sea asimilada naturalmente, provocando impactos hacia la salud de los habitantes y el ambiente. Por esta razón en Iberoamérica, existen diferentes alternativas para el manejo de residuos orgánicos, en el caso de Colombia en la comunidad indígena Nasa los residuos orgánicos provenientes de los vegetales, frutas, verduras y restos de podas son utilizados en la obtención de gas propano; en la ciudad de México los restos de podas y restos de madera son utilizados como heno para los animales, camas de corral y la obtención de papel. A nivel internacional, se ha promulgado el uso de residuos orgánicos en la producción de compostaje y vermicompost.

La elaboración de abonos orgánicos a través de los residuos sólidos orgánicos municipales en Latinoamérica es una práctica de producción más limpia. Pese a esto, la elaboración de compost con un proceso de apilamiento presenta costos relativamente altos los cuales los municipios deben cubrir, de igual forma para la implantación de lombricultura en la producción de humus en los Rellenos Sanitarios de los Municipios se requiere una intensiva asesoría técnica social para un correcto funcionamiento de la misma (Jaramillo, 1999).

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2018), cada habitante del territorio ecuatoriano genera un promedio de 0.75 kg de residuos por día. En cuanto al contenido por bolsa desechada, el 38.2% corresponde a residuos como plásticos, papel, cartón, vidrio, chatarra y otros desechos, mientras que el 61.4% restante son residuos orgánicos provenientes de restos de productos de origen animal o vegetal. Según Erazo (2012), este tipo de residuos tienen la capacidad de desintegrarse de manera rápida, considerándolos como biodegradables, esta propiedad les permite transformarse en otro tipo de materia orgánica. La fuente principal de emisión de estos residuos son mercados, instituciones públicas y privadas, barridos de calles, domicilios, sector comercial (Acurio, Rossin, Teixeira y Zepeda, 1997).

Evidentemente, los principales impactos ambientales que generan los residuos orgánicos son la producción de gases efecto de invernadero, provocando la contaminación del aire, suelo, agua superficial y subterránea. Ahora bien, según Castrillón y Puerta (2004), la minimización del impacto que generan este tipo de residuos está basado en la separación a partir de la fuente. Es así que, en el año 2017, el Distrito Metropolitano de Quito a través de la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS EP) implementa un proyecto piloto acerca del aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de abonos orgánicos. El proyecto se ha iniciado con el tratamiento de 55 toneladas de materia orgánica, las metas del proyecto es reducir el volumen de residuos orgánicos generados en la disposición final (Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS), 2017).

Sin embargo, los gobiernos locales están orientados al dimensionamiento del sistema de limpieza de residuos orgánicos basados en cuatro parámetros básicos: el peso específico, producción per cápita, composición de los residuos y la producción actual y futura de residuos sólidos (Castro, 2000). Para numerosos cantones del Ecuador, se ha convertido en una tarea difícil realizar el procesamiento de este tipo de residuos. Es así que, Mora y Molina (2017), a través de un diagnóstico del manejo de residuos en la Municipalidad de Guayaquil, la mayoría de habitantes no posee información acerca del reciclaje de residuos orgánicos y la eficiencia que

presenta en la recuperación de suelos degradados, para lo cual los gobiernos locales no solo se deben enfocar en la cantidad de generación, sino también en su tipo y capacidad de manejo.

Por su parte, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Moncayo, a través de la Dirección de Gestión Ambiental, a partir del año 2015 impulsa una campaña de separación de desechos en la fuente, debido a que el 73.32 % del total de residuos depositados en el Relleno Sanitario son orgánicos (Olmedo, 2012). Debe señalarse que un manejo inadecuado de este tipo de residuos tiene como resultado la proliferación de mosquitos, plagas y enfermedades.

## **1.2. Problema de investigación y Justificación**

En la actualidad, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Moncayo, realiza el manejo y disposición final de los residuos sólidos en las instalaciones de Relleno Sanitario ubicado en la comunidad de Moronga. Sin embargo, debido al volumen de generación diaria que ha ido aumentando paulatinamente durante los últimos años dentro de este territorio, han ocasionado impactos negativos hacia el ambiente, la población y costos económicos. En consecuencia, las condiciones de manejo de los residuos orgánicos en el sistema actual, ha sido deficiente ya que diariamente ingresan siete toneladas de este tipo de residuos al centro de disposición final y no existe un método adecuado para el tratamiento y aprovechamiento de la materia orgánica.

Por tal razón, se busca desarrollar acciones para un manejo adecuado de los residuos orgánicos a través del aprovechamiento, el objetivo es contar con un buen funcionamiento del Relleno Sanitario municipal aplicando buenas prácticas ambientales. La implementación de los métodos biodegradables como la lombricultura, bocashi y el compostaje iniciarán con la transformación química, física y biológica de estos residuos a través de la utilización de microorganismos para la descomposición de la materia orgánica fermentable. Dentro del aspecto técnico se debe tomar en cuenta que la degradación de un residuo depende de su

contenido de carbohidratos, proteínas, celulosa, lípidos, hemicelulosa y lignina (Sánchez et al., 2015).

Existen varias razones para minimizar el volumen de residuos, una de ellas es la de producir rentabilidad económica (Sánchez y Granero, 2011). Sin embargo, ante todo es necesario establecer criterios de selección con el objetivo de enmarcarse en la viabilidad del aprovechamiento de estos tipos de residuos. Según Saval (2012), conocer la disponibilidad del recurso a tratar le permite al investigador planificar los procesos a utilizar. En consecuencia, a más de conocer la disponibilidad del recurso que se va a poner en tratamiento es necesario saber si es estable, que sea de interés, y sobre todo que produzca una rentabilidad económica. En este caso la viabilidad de aprovechar los residuos orgánicos generados en el cantón cumple con todos los requerimientos antes mencionados.

En conclusión, el manejo de residuos sólidos está inmerso en un sistema de gestión en el cual se debe tener en cuenta los aspectos técnicos, sociales y amparados con las normativas legales correspondientes (López et al., 1980). Como complemento, tomar en cuenta el cambio en el bienestar social que produce la generación de residuos sólidos y los efectos que ocasionan al ambiente, es el camino más viable para mitigar los efectos de la contaminación, por ende, la mediación con la sociedad dará prioridad al tratamiento de los residuos (Farreras y Lauro, 2016).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Evaluar los métodos bocashi, lombricultura y compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Comparar la eficiencia de cada uno de los métodos aplicados para la degradación de residuos sólidos considerando los parámetros de humedad, temperatura y pH.
- Determinar el contenido de macro y micronutrientes, conductividad eléctrica y materia orgánica presentes en el humus obtenido con cada uno de los métodos.
- Desarrollar una guía para mejorar el manejo de residuos sólidos orgánicos del Cantón.

### 1.4. Hipótesis de prueba estadística de los tratamientos

➤ **Hipótesis Nula:  $H_0$**

Los tratamientos aplicados son iguales ( **$H_0$** :  $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ )

➤ **Hipótesis alternativa:  $H_1$**

Los tratamientos aplicados presentan diferencia ( **$H_1$** =  $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$ )



## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Marco teórico referencial**

##### **2.1.1. Residuo sólido**

Se denomina residuos sólidos, a todas aquellas sustancias, productos o subproductos que se encuentran en estado sólido o semisólido que, bajo un sistema de tratamiento, pueden volver a tener un nuevo ciclo de vida, generalmente este tipo de residuos son originados en los núcleos urbanos conjuntamente con sus zonas de influencia (Jiménez, 2015). Sin embargo, existen objetos o materiales que son residuos en determinadas situaciones, mientras que en otras se aprovechan.

En los países desarrollados, se tiran diariamente a la basura una gran cantidad y variedad de materiales y objetos, que en los países en vías de desarrollo volverían a ser utilizados o seguirían siendo bienes valiosos. (Cabildo, Escolastico y Santos, 2018). Según Chung e Inche (2014), el primer eslabón de este problema nace a partir que el generador se enfoca simplemente en desecharlo, sin preocupación alguna que pueda provocar su destino final y los impactos que genere al medio ambiente.

##### **2.1.2. Gestión integral de residuos sólidos**

A nivel mundial, la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) constituye un conjunto planificado de operaciones y medidas necesarias encaminadas a la prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte, disposición final y aprovechamiento para reducir los posibles impactos sobre la salud y el ambiente (Fernández, 2005). Cabe recalcar, que para llevar a cabo dichos procesos se debe tener en cuenta el volumen de generación, costos, origen, tratamiento, disposición final y comercialización.

### 2.1.3. Clasificación de los residuos

Según Del Pozo, Manresa y González (2009), la clasificación se puede manifestar de diferentes tipos, no solamente por su origen también se puede clasificar por su peligrosidad, composición o características.

#### 2.1.3.1. Según su peligrosidad

- **Residuos inertes:** se los considera a los escombros y materiales similares, en general, no peligrosos para el medio ambiente.
- **Residuos peligrosos:** son aquellos que debido a sus características físico-químicas presentar un riesgo para los seres vivos y el ambiente.
- **Residuos no peligrosos:** son aquellos que, debido a sus características físico-químicas, no presentan un riesgo para la salud de los seres vivos y el ambiente.

#### 2.1.3.2. Según su origen

- **Residuos domésticos:** este tipo de residuos, son generados en los domicilios como resultado de las actividades domésticas.
- **Residuos comerciales:** el origen de este tipo de residuos, son oficinas, centros de diversión nocturna, centros educativos, mercados y todo lo referente a este estrato económico.
- **Residuos industriales:** resultado de procesos de fabricación, transformación, consumo de energía, mantenimiento y limpieza de las actividades industriales.
- **Residuos Sanitarios:** la procedencia de este tipo de residuos son establecimientos, centros y prestadores de servicios netamente sanitarios.
- **Residuos mineros:** resultantes de los procesos de investigación y aprovechamiento de los recursos geológicos que son utilizados en el sector minero.
- **Residuos Radiactivos:** residuos con elementos químicos radiactivos.

#### 2.1.3.3. Según su composición

- Orgánicos e inorgánicos

#### **2.1.4. Residuos orgánicos**

Según la Comisión para la Cooperación Ambiental (2017), el origen de este tipo de residuos, son especies de flora y fauna los cuales están susceptibles a procesos de descomposición a través de procesos biológicos convirtiéndolo en un recurso aprovechable. Sin embargo, Quispe (2015), menciona que, si no existe un control adecuado para este tipo de residuos, se pueden generar problemas como la generación de gases y líquidos lixiviados, que pueden provocar la atracción de vectores, olores desagradables y principalmente riesgos sanitarios.

#### **2.1.5. Abono orgánico**

El Fondo para la Protección del Agua (2010), manifiesta que los abonos orgánicos, son el resultado de un proceso natural de descomposición y mineralización de desechos de origen animal y vegetal que, al ser fijadas al suelo, activan los procesos microbiales, mejorando sus características físico-químicas para de esta manera permitir la asimilación efectiva de nutrientes y un óptimo desarrollo de la planta. Sin embargo, la calidad nutricional de este sustrato dependerá estrechamente de los residuos que se hayan utilizado, metodologías de biodegradación y materia orgánica (Ochoa, Armenta, Moreno y Herrera, 2018).

##### **2.1.5.1. Propiedades químicas**

Según Grageda, Díaz y Peña (2012), los abonos orgánicos, incrementan la fertilidad del suelo debido al aumento de la capacidad del intercambio catiónico, ya que, al mejorar el poder de absorción y reducción en las oscilaciones de pH, generan tal efecto.

##### **2.1.5.2. Propiedades físicas**

Debido al color oscuro que presenta este sustrato, permite mejorar la absorción de las radiaciones solares aumentando la temperatura hacia el suelo, permitiéndole asimilar los nutrientes de manera eficaz. Castro, Henríquez y Bertsch (2009), dentro de sus trabajos de investigación mencionan que los abonos orgánicos permiten

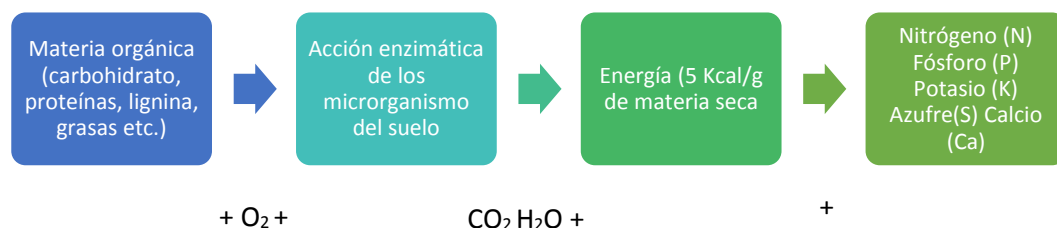
mejorar la estructura, textura, permeabilidad, aireación y disminución de la erosión en el suelo.

### 2.1.5.3. Propiedades biológicas

Herrán y Flores (2010), mencionan que los abonos orgánicos, permiten una correcta oxigenación del suelo para de esta manera, incrementar la actividad microbiana. Lo cual, al cumplir con las llamadas tres m (microorganismos, minerales, materia orgánica) producirán sustancias inhibitoras que permitan la degradación, descomposición o fragmentación de la materia favoreciendo al desarrollo de los cultivos.

### 2.1.6. Materia orgánica para la obtención de abonos orgánicos

Se denomina materia orgánica a la fracción del suelo, constituida por restos de especies de animales o vegetales que a partir de la acción microbiana y procesos oxidativos (Figura 1) aportan macro y micro nutrientes solubles para las plantas (Otiniano, Meneses, Sevillano y Bello, 2006). Generalmente, la procedencia de esta materia para la elaboración de los abonos orgánicos proviene de residuos de cosecha y estiércoles.



**Figura 1.** Cajamarca, (2012). Proceso oxidativo de la materia orgánica.

### 2.1.7. Bocashi

El bocashi es un abono que es utilizado por los agricultores de todo el mundo, se originó en la cultura japonesa, la palabra bocashi significa “materia orgánica fermentada” la cual consiste en una descomposición aeróbica o anaeróbica mediante la fermentación de materiales de origen animal o vegetal, la cual es

realizada por las poblaciones de microorganismos en condiciones controladas, aprovechando toda la materia vegetal local dependiendo de la región en que sea elaborada (Ramos y Terry, 2014).

Según Ramos, Terry, Soto, Cabrera, y Fernández (2016), las ventajas del humus del bocashi son:

- Obtención de humus de bocashi en corto tiempo.
- Mejora las propiedades física y químicas del suelo
- No contiene sustancias químicas.
- En el transcurso de la descomposición no genera gases ni malos olores.
- A través de los organismos inoculantes regulan los agentes patógenos del suelo.
- Las plantas son estimuladas por una serie de fitohormonas y fitorreguladores.
- Es de fácil elaboración y costos relativamente económicos.

#### **2.1.8. Lombricultura**

Schuldt (2006), manifiesta que la lombricultura es un desarrollo de poblaciones de lombrices o en otro término llamado cultivo, en la cual la materia orgánica aplicada es transformada durante la digestión de los anélidos, dando como resultado un abono de gran calidad. Actualmente, es considerada una alternativa biotecnológica amigable con el ambiente. La especie más destacada para la producción de humus de lombriz es la especie *Eisenia foétida* puesto a que la fertilidad que proporciona este abono es de cinco a seis veces el de otros estiércoles, mejorando la estructura, fertilidad física, y aireación del suelo al momento de aplicarlo (Mendoza, 2018).

Según Ochoa (2009), las ventajas de la utilización del humus de lombriz son:

- Mejoran las condiciones físicas del suelo ya que presentan ácidos húmicos y fúlvicos.
- Aumente el perfil del suelo al influir en el proceso de mineralización.
- Favorece la acción antiparasitaria y protege a las plantas de plagas.
- Retiene la humedad y mejora la penetración del agua en los cultivos.

- Contiene elevada carga microbiana, que corresponden a los principales grupos fisiológicos del suelo.
- Posee actividad fito-hormonal favoreciendo el crecimiento de las raíces, sobre todo en la germinación de las raíces
- Es económico y rentable en relación con otro fertilizante.

### **2.1.9. Compostaje**

Es un proceso de descomposición aerobia de la materia orgánica, sea de origen animal o vegetal para la producción de fertilizantes orgánicos. Dentro de este proceso, los microorganismos tales como hongos, bacterias, levaduras entre otros son los principales actores de la descomposición de la materia orgánica. No obstante, al ser un proceso bioquímico aeróbico necesita la mayor cantidad de aireación, lo cual acortará el tiempo de maduración (Garro, 2016). Cabe recalcar, que el compostaje tiene la capacidad de retención de agua conjuntamente con el aporte nutricional de los millones de organismos que lo conforman, como resultado se desinfecta y estabiliza al residuo.

Para llevar a cabo este proceso es recomendable realizarlo bajo techo, ya que se puede tener condiciones controladas de temperatura, aireación, humedad y pH durante las fases o etapas de consolidación, activa y maduración.

- **Consolidación**

Comúnmente llamada mesófila, es la primera etapa del compostaje en la cual el montículo se encuentra a temperaturas de 15°C a 35°C. Durante esta etapa, los microorganismos, insectos, levaduras, hongos y demás comienzan a multiplicarse para posteriormente iniciar la descomposición de los elementos orgánicos en partículas más simples (Camero y Ballesteros, 1999). Como consecuencia de esta actividad, la temperatura comienza a elevarse paulatinamente y se producen ácidos orgánicos los cuales tienden a que el pH sea ácido.

- **Activa**

Comúnmente llamada termófila, es la segunda etapa del compostaje en la cual, debido a la constante actividad de los materiales, comienza a aumentar la temperatura. Ahora bien, según Martínez y Chaparro (2013), cuando los valores de temperatura alcanzan los 40°C, los microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco y en el caso del pH tiende a hacerse alcalino. La temperatura, sigue aumentando hasta llegar a los 60°C donde las cepas de hongos y bacterias descomponen hemicelulosa, proteínas y ceras. Los cuales, al ser consumidas se van agotando y con ello la actividad microbiana se reduce provocando que la temperatura descienda.

- **Maduración**

Es la tercera y última etapa del compostaje, la cual requiere de muchos meses a temperatura ambiente, en la cual se puede conocer las características del compost la cual depende mucho de la frecuencia de volteos que se haya realizado (Flores y Carranza, 2006).

#### **2.1.10. Macro y micro nutrientes**

Según la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA) (2002), los abonos proveen nutrientes que las plantas necesitan, puesto a que los fertilizantes son los que mejoran la fertilidad y estructura del suelo, además estos son encargados de producir mayores rendimientos de los cultivos. Los elementos que son esenciales para el crecimiento de una planta son 16, estos se encuentran presentes tanto en el agua como en el suelo, estos se dividen en macronutrientes y micronutrientes.

- **Macronutrientes**

Poseen dos divisiones como son nutrientes primarios y secundarios; nutrientes primarios son considerados el nitrógeno (N), Fósforo (P) y potasio (K) ya que se requiere en grandes cantidades para el desarrollo de una planta y los nutrientes

secundarios son magnesio (Mg), azufre (S) y calcio (Ca) puesto a que se requiere en cantidades considerables.

- **Micronutrientes**

Son el hierro (Fe), cobalto (Co), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B) estos elementos se consideran fundamentales en el desarrollo de una planta, siendo cantidades minúsculas los necesarios para el desarrollo de las plantas.

## **2.2. Marco legal**

Las normativas legales para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la República del Ecuador tienen como objetivo garantizar el control, inspección y eficiencia en cada una de las actividades para el manejo de los residuos generados en el territorio. Es así como la Constitución ampara en el artículo 14, que los pobladores tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice un desarrollo sostenible.

Conjuntamente con el Código Orgánico del Ambiente, el artículo 229 referente a la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos no Peligrosos, establece que una adecuada gestión de este tipo de residuos permitirá reducir los impactos y daños ambientales, la autoridad ambiental nacional se encargará de instaurar las fases para la gestión integral de este tipo de residuos. Los gobiernos autónomos descentralizados son los responsables del manejo integral de residuos sólidos tal como lo establece el artículo 231 sobre obligaciones y responsabilidades, además cada uno de estos gobiernos tienen la protesta de realizar una correcta disposición final de cada uno de los desechos que no tengan un nuevo ciclo productivo. Además, el Título II sobre la Adaptación y Mitigación del Cambio Climático en base a las capacidades locales, en el artículo 261 apartado número 12 fomenta la reutilización de los residuos orgánicos en virtud de aprovechar su potencial energético.



Del mismo modo, en el Acuerdo Ministerial 061 menciona en el artículo dos, que el aprovechamiento de residuos tiene como finalidad la incorporación a un nuevo ciclo de vida ya sea productivo o económico en forma eficiente. El reciclaje, el tratamiento térmico, la reutilización son principales generadores de energía; en el caso de los residuos orgánicos el compostaje es una modalidad que conlleve a beneficios sanitarios ambientales y económicos.

Sin embargo, la ordenanza del Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Pedro Moncayo, permite garantizar un mejor funcionamiento del Relleno Sanitario, mediante la participación de los pobladores, garantizando un buen manejo tal como lo dicta el capítulo uno de Generalidades y Competencias en el artículo tres, menciona que la separación de los residuos orgánicos, inorgánicos, como material reciclable, desde la fuente, es obligación de las instituciones públicas, como privadas, así como de la ciudadanía la obligación de colocar en los lugares estratégicos de recolección, en los horarios establecidos.

Además, el artículo cinco señala que los residuos sólidos en general deben ser debidamente tratados ya que es obligación de la Dirección de Gestión Ambiental del GAD de Pedro Moncayo, con la participación de todos los pobladores en general. Así mismo en el capítulo IV sobre la Recolección de los Residuos Sólidos comunes, el artículo 14 propone que los pobladores deberán sacar los residuos orgánicos de acuerdo a los días y horarios establecidos como se describe a continuación: residuos orgánicos los días lunes, miércoles y viernes e inorgánicos martes, jueves y sábado.

Bajo todos estos parámetros, el capítulo VIII de la Gestión de la Disposición Final de los Residuos Sólidos No Peligrosos en el artículo 49, manifiesta que la disposición final de los residuos sólidos urbanos solamente se podrá hacerse en los rellenos sanitarios con el respectivo manejo técnico adecuado, además debe contar con una licencia ambiental. Dando como prohibido los botaderos a cielo abierto teniendo como consecuencia una sanción. Además, en el artículo 53 menciona que

las instalaciones para el aprovechamiento de residuos para compostaje o similares deberán ser autorizados por el Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad y contar con la regularización ambiental ante la autoridad ambiental de competencias.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Descripción del área de estudio

Geográficamente el cantón Pedro Moncayo se encuentra localizado en la Provincia de Pichincha con coordenadas UTM: X: 809801; Y: 10004915 17S. Está constituido por cinco parroquias (Figura 2): Tupigachi, La esperanza, Tocachi, Malchingui y Tabacundo que es su cabecera cantonal. Además, el cantón posee una superficie de 33 831km<sup>2</sup>. Sus límites políticos son al Norte: Cantón Otavalo en la Provincia de Imbabura, Sur: Distrito Metropolitano de Quito y Cantón Cayambe, Este: Cantón Cayambe, Oeste: Distrito Metropolitano de Quito (Meza, 2012).

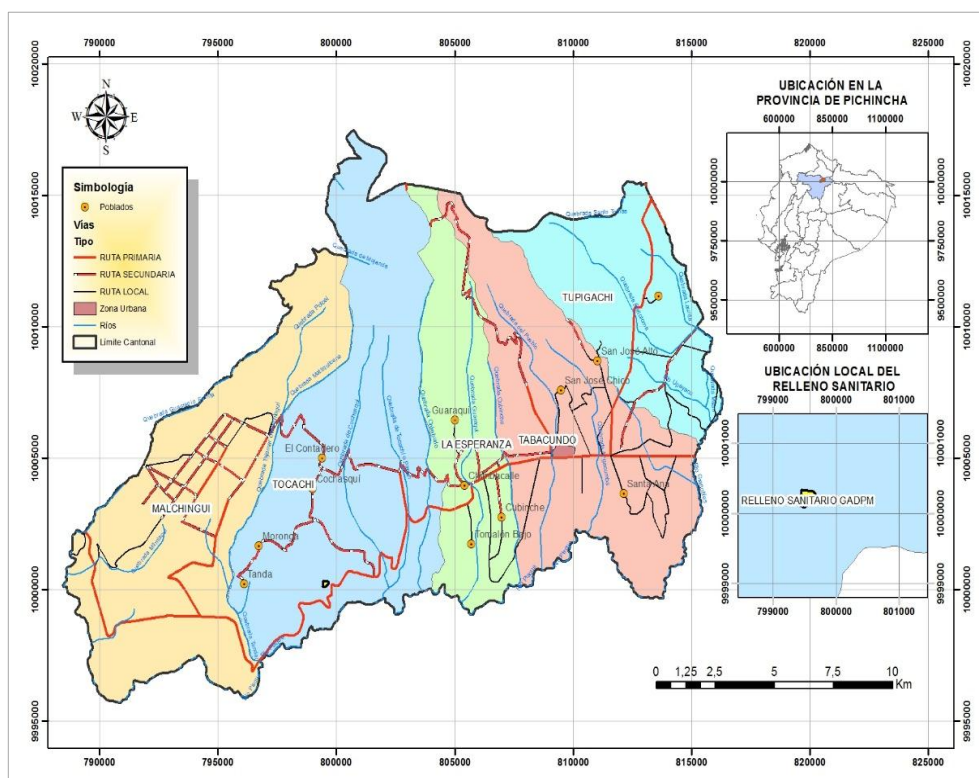


Figura 2. Mapa de ubicación del cantón Pedro Moncayo y el relleno sanitario municipal.

Principalmente, se caracteriza, por su gran producción florícola y su apego a las costumbres andinas. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos del

Ecuador (2010), durante el último censo realizado, el cantón cuenta con 33 172 habitantes, lo cuales están representado por grupos étnicos entre indígenas y mestizos. Por su parte, de acuerdo con el mapa base elaborado, el territorio cantonal se encuentra a una altitud de entre los 1800 a 4200 msnm y una temperatura media anual de 14.7°C (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2013).

### **3.1.1. Datos ecológicos del sitio**

El cantón Pedro Moncayo posee diferentes relieves, como por ejemplo las cimas frías de las cordilleras que forman los glaciares del volcán Mojanda, los flancos inferiores volcánicos, relieves volcánicos de fondos de las cuencas interandinas y relieves fluviales, esta última ha dado origen a las terrazas de aprovechamiento agrícola en la porción sur del cantón (Sánchez, 2016). La mayoría de los suelos del cantón poseen una vocación agropecuaria además de conservación y aprovechamiento forestal. Es decir, que el área total del cantón está dividida por los siguientes usos de cobertura del suelo, el 58.1% en tierras agropecuarias, 30.6% en vegetación arbustiva y herbácea, 0.5% en cuerpos de agua, el 5.5% de bosques, el 5.2% en zonas antrópicas y el 0.1% en otras tierras. Su precipitación media anual va de 400 mm a 1300 mm con un periodo seco entre los meses de julio y octubre que representan un déficit hídrico de 0 a 330mm (Toapanta, 2013).

No obstante, en las instalaciones del Relleno Sanitario del cantón Pedro Moncayo se procedió a realizar las diferentes actividades y procesos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Este sitio, está ubicado en la parroquia Tocachi, comunidad de Moronga, sector El Tunal, con coordenadas UTM X: 799448; Y: 10000335. Cuenta con una superficie de 0.041Km<sup>2</sup>, destinados para áreas como la clasificación, cubetos de disposición final, garita, oficinas, residuos hospitalarios, vivero y compostaje.

### **3.2. Materiales y equipos**

Los materiales y equipos utilizados para el desarrollo de la investigación tanto en la fase de campo, laboratorio y oficina fueron (Tabla 1).

**Tabla 1.** Materiales de campo, oficina y laboratorio.

<b>Materiales de campo</b>	<b>Material de oficina</b>	<b>Material de laboratorio</b>
Cartografía de la zona	Computadora portátil HP	Balanza
Cámara digital	Resmas de papel	Cajas Petri
GPS	Esferos	Estufa de secado
Overoles	Lápiz	Guantes quirúrgicos
Mascarillas	Marcadores	Agua destilada
Guantes	Sujetador de papel	
Botas	USB	
Palancones	Software ArcGIS 10.4.1	
Trituradora de materia orgánica		
Guadua		
Clavos		
Multiparámetro portátil		
Cascarilla de arroz		
Gallinaza		
Leche cruda		
Lombrices		
Melaza		
Carbonato de calcio		
Bolsas de Yute		
Libreta de campo		
Termómetro de sustratos		

### **3.3. Métodos**

#### **3.3.1. Comparación de la eficiencia de los métodos biodegradables**

El desarrollo de esta fase se llevó a cabo en el área de compostaje del Relleno Sanitario Municipal, partiendo desde la recepción de los residuos generados en el cantón. Posteriormente, se trituró la materia orgánica (Figura 3) para obtener partículas aproximadas de 2cm y la utilización como componente principal de los cuatro tratamientos los cuáles fueron: T1 (Bocashi), T2 (Lombricultura), T3 (Compostaje) y T4 (Testigo).



**Figura 3.** Resultado de la trituración de los residuos orgánicos.

### 3.3.1.1. Elaboración de bocashi

Para la realización de este tratamiento, se llevó a cabo un proceso de descomposición aeróbica bajo invernadero para evitar la penetración de agua lluvia, de esta manera poder tener las condiciones controladas para la obtención del abono fermentado. Además, se tuvo en cuenta las características de cada uno de los ingredientes utilizados y su función para mejorar la calidad del humus (Tabla 2).

**Tabla 2.** Función de los ingredientes utilizados en el proceso de fermentación.

Ingrediente	Función
Gallinaza	-Fuente nitrógeno, fósforo, calcio, zinc, potasio y mejora la fertilidad del suelo
Cascarilla de arroz	-Aireación, filtración de nutrientes y absorción de humedad
Carbonato de calcio	-Control de malos olores, absorción de humedad y calor, aireación. -Regula la acidez del proceso de fermentación y proporciona las condiciones óptimas para el desarrollo microbiológico.
Melaza	-Fuente principal de energía para los microorganismos
Tierra negra	-Medio para iniciar la actividad microbiológica, distribuye la humedad y da cuerpo al abono.
Agua	-Homogenizar la humedad de todos los materiales y brindar las condiciones óptimas para el desarrollo y reproducción de los microorganismos
Estiércol bovino	-Fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro.

**Fuente:** Sistema de Información Pública Agropecuaria, (2014). Guía de elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos.

La proporción de los ingredientes utilizados en cada una de las unidades experimentales de este tratamiento fueron: gallinaza (5kg), residuos orgánicos (200kg), cascarilla de arroz (5kg), carbonato de calcio (9kg), Melaza (1lt), Tierra negra (23kg), leche cruda (1litro), estiércol (23kg) y agua.

Para la homogenización de los ingredientes, se utilizó la metodología de Cárdenas, Quipezco y Meza (2013), que consiste en ubicar capa a capa todos los componentes necesarios no sobrepasando los 50cm de altura (Figura 4). Posteriormente, una vez hecha la combinación de los materiales, se procedió a humedecer la mezcla y sobre ella agregar melaza, agua y los organismos inoculantes que en este caso es la leche cruda, luego se cubrió con material plástico para que la mezcla inicie el proceso de fermentación y la temperatura aumente rápidamente en un lapso de 14 horas. Posterior a ello, se realizó un volteo diario durante 10 días hasta conseguir valores de temperatura inferiores a 55°C, para garantizar el correcto desarrollo de la actividad microbiana dentro de la mezcla.



**Figura 4.** Colocación de insumos del tratamiento bocashi por capas.

Para la obtención de un abono de calidad, se tomó en cuenta el manejo de los parámetros que condicionan el proceso de fermentación (Tabla 3). Según Mosquera (2010), estos factores permiten mantener en condiciones óptimas el desarrollo adecuado de la actividad microbiana en el proceso de fermentación.

**Tabla 3.** Parámetros óptimos para la obtención de abonos tipo Bocashi.

Parámetros para Bocashi	
Temperatura	No superiores a 55°C
Humedad	50-60%
pH	6,5-7,5
Aireación	6-10% de oxígeno

### 3.3.1.2. Elaboración de lombricultura

Este método estuvo basado en la cría intensiva de lombrices, para el desdoblamiento, fraccionamiento y síntesis de la materia orgánica en el interior del anélido. La especie utilizada fue *Eisenia foétida* o lombriz roja californiana, debido a que presentan características muy distintivas a las demás especies (Tabla 4), como es su ciclo reproductivo, longevidad y la frecuencia con que se aparean. Según Durán y Henríquez (2009), este tipo de lombrices ingieren diariamente un equivalente a su propio peso de comida y expelen un 60% de humus, lo cual benefició a la ingesta rápida materia la orgánica.

**Tabla 4.** Principales diferencias entre especies de lombriz.

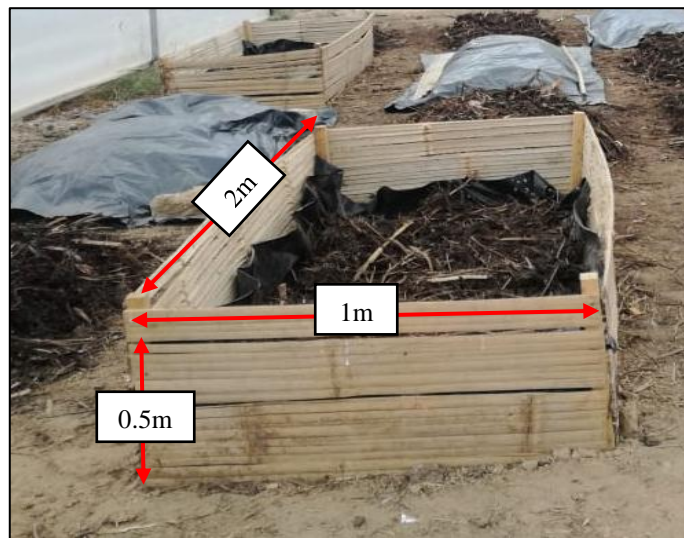
<i>Características</i>	<i>Eisenia foétida</i>	<i>Eisenia andrei</i>	<i>Lumbricus terrestris</i>
Color	Roja parda	Roja fresa	Café oscuro
Tamaño (cm)	8 a 10	7 a 9	30 a 35
Peso adulto (g)	1.5 – 2.3	1.5 – 2.7	4 – 4.5
Reproducción	Alta	Alta	Baja
Cápsulas, copullos o cocones	1 cada 7 días	1 cada 5 días	Hasta 12 por año
Lombrices/capsula	De 6 a 8	De 6 a 11	De 1 a 2
Ciclo de vida	De 90 a 100 días	De 80 a 90 días	180 días
Adaptabilidad (msnm)	De 0 a 3000	De 0 a 3000	Zonas tropicales
Voracidad	Alta	Alta	Baja

**Fuente:** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA), (2008). Diferencias entre lombrices composteras y nativas.

Para la preparación de los bancos de crías, se procedió a elaborar cuatro lechos (unidades experimentales), los cuales tuvieron como función albergar a estos



anélidos, para propiciar su desarrollo durante todo el proceso. Posterior a esto, se estableció una pendiente de 10% a cada banco de crías, para evitar la acumulación de líquidos lixiviados o agua al momento de efectuar el riego. Para evitar la fuga de las lombrices, se permeabilizó el suelo con material plástico, y así garantizar la uniformidad del tratamiento. En cuanto a las dimensiones de cada lecho, se instauró de 1m de ancho por 50cm de altura y 2m de largo (Figura 5).



**Figura 5.** Dimensionado del lecho para la elaboración del humus de lombriz.

Posteriormente, con las camas ya listas se procedió al establecimiento de 1kg de lombrices en los bancos de crías, colocando capas de 10 cm de residuos orgánicos para evitar temperaturas altas. Una vez, transcurrido 20 días, se procedió a suministrar alimento colocando una nueva capa de 10cm de material orgánico repitiendo este procedimiento hasta situar en su totalidad los 200kg establecidos. Una vez transcurrido los cuatro meses, se procedió a cosechar el humus, siguiendo la metodología por trampa utilizado por Mosquera (2010), que consistió en suspender de alimento a las lombrices durante ocho días, transcurrido este tiempo se colocó en un extremo de la cama cierta cantidad de alimento para de esta manera incitar el desplazamiento al material fresco y que se puedan alimentar, posteriormente se las pudo retirar sin causarlas daño alguno y así obtener el lombricompost.

Para un correcto desarrollo de las lombrices, se mantuvo los parámetros óptimos (Tabla 5), que permiten la eficacia de la digestión de los residuos orgánicos para de esta manera asegurar la adaptación de esta especie durante todo el proceso debido a que son muy sensibles a cualquier cambio.

**Tabla 5.** Parámetros óptimos para el desarrollo de la Lombricultura.

Parámetros para Lombricultura	
Temperatura	20-28°C
Humedad	70-75%
pH	7 - 8.5
Aireación	>8% de oxígeno

### 3.3.1.3. Elaboración de compostaje

Este tratamiento, estuvo basado en colocar las cuatro unidades experimentales a manera de pilas o hileras estáticas. Siguiendo la metodología de Gómez, Ángeles, Núñez y Figueroa (2013), se ubicaron todos los materiales seleccionados sobre el suelo en el área de compostaje del Relleno Sanitario, abarcando un área de 1m de ancho por dos metros de largo y una altura de 50cm. Los ingredientes utilizados fueron: material vegetativo verde (restos de cosecha de alfalfa), material vegetativo seco (restos de cosecha de trigo), desechos orgánicos, estiércol de ganado bovino y tierra negra (Figura 6).



**Figura 6.** Ingredientes para la formación del compost

Cada uno de estos elementos, estuvieron dispuestos a manera de capas en un intervalo de 10cm. La primera capa fue de material vegetativo verde, a continuación se ubicó una capa de material vegetativo seco, seguido de una capa de desechos orgánicos, después una fina capa de tierra de modo que cubra la capa anterior de desechos orgánicos, este paso permitió reducir los malos olores y la esterilización de la mezcla. Después se colocó, 10cm de material vegetativo seco y finalmente una nueva capa de tierra, este compilado fue cubierto con material plástico para el control de temperatura y aireación. Fue necesario agregar agua por cada capa, para aumentar la actividad microbiana. Además, se evaluó los parámetros óptimos de temperatura, humedad y pH durante todo el proceso (Tabla 6). Después de haber transcurrido los cinco meses, se realizó un zarandeo para separar la tierra fina de las piedras y restos que no se puedan descomponer.

**Tabla 6.** Parámetros óptimos para el desarrollo del compostaje.

Parámetros para Compost	
Temperatura	40-50°C (5,10,15 cm de profundidad)
Humedad	No superior a 60%
pH	7 – 8,5
Aireación	5 – 15% de oxígeno

#### **3.3.1.4. Evaluación de los parámetros de temperatura, humedad y pH.**

El registro de los datos de pH, se lo realizó semanalmente siguiendo la metodología de (Hoyos, Vargas y Velasco, 2010), para lo cual se tomó muestras de 0.5kg de humus, y de ellas se sacaron 15g para diluirla en 30ml de agua destilada y con la ayuda de un multiparámetro portátil se procedió a medir y registrar los datos de este parámetro (Figura 7a).

Los datos de temperatura se procedieron a registrar diariamente durante 10 días, y luego tres veces por semana hasta la etapa de maduración con la ayuda de un termómetro de sustratos, la toma de datos se efectuó en la parte media de las unidades experimentales a una profundidad de 5, 10 y 15 cm respectivamente. En cuanto a la medición de humedad, se realizó la toma de muestras a partir del tercer

mes, para posteriormente ser tratadas en los laboratorios de microbiología de la Universidad Técnica del Norte y determinar la cantidad de humedad mediante el método gravimétrico (Figura 7b), utilizando la siguiente fórmula:

$$w = (Mh - Ms) / (Ms - Mr) * 100 (\%)$$

**Donde:**

**w**= Humedad

**Mh**= Peso recipiente más la muestra de suelo húmedo (g),

**Ms**= Peso recipiente más la muestra de suelo seca (g),

**Mr**= peso del recipiente (g).

El registro de datos de estos parámetros se los llevó a cabo en una ficha de campo (Anexo 1), para los posteriores análisis estadísticos.



**Figura 7.** Instrumentos y equipos utilizados (multiparámetro HANNA HI-9813-6 y estufa secadora).

### 3.3.1.5. Diseño experimental

Para el análisis de datos, se utilizó un diseño completo al azar conformado por cuatro tratamientos, T1 (bocashi), T2 (lombricultura), T3 (compostaje), T4 (testigo), cada uno de ellos con cuatro repeticiones teniendo como resultado 16

unidades experimentales (Tabla 7). Cada unidad fue conformada por  $2m^2$  de superficie. El análisis de la varianza se lo realizó a través del programa estadístico Infostat. Las medias de los cuatro tratamientos establecidos, se los calculó a través de una prueba de Tukey con  $P \leq 0.05$ , a continuación, se esquematiza el modelo del experimento.

**Tabla 7.** Distribución de las unidades experimentales.

Unidades Experimentales			
T1R1	T4R2	T3R4	T2R1
T2R2	T3R1	T4R4	T1R2
T3R2	T4R3	T1R3	T2R4
T4R1	T2R3	T3R3	T1R4

### 3.3.2. Determinación del contenido nutricional de los tratamientos

Una vez culminado la degradación de los residuos orgánicos, se procedió a comparar el tiempo de descomposición de los métodos, la cantidad de humus obtenido, temperatura del proceso de descomposición, humedad y comprobar el método más eficiente teniendo en cuenta la conductividad eléctrica y materia orgánica. Para la comparación del contenido de macro y micronutrientes, se envió una muestra de cada uno de las unidades experimentales al Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP) en la Estación Experimental Santa Catalina para la realización de un análisis físico, químico y microbiológico de las muestras.

### 3.3.3. Desarrollo de la guía para mejorar el manejo de residuos sólidos orgánicos del Cantón

A partir de los resultados obtenidos, se elaboró una guía de manejo del mejor método implementado para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, facilitándole al GAD municipal la optimización de los procesos para la producción de humus, con la finalidad de fomentar el manejo adecuado de los residuos orgánicos y sus costos de producción por ensayo.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

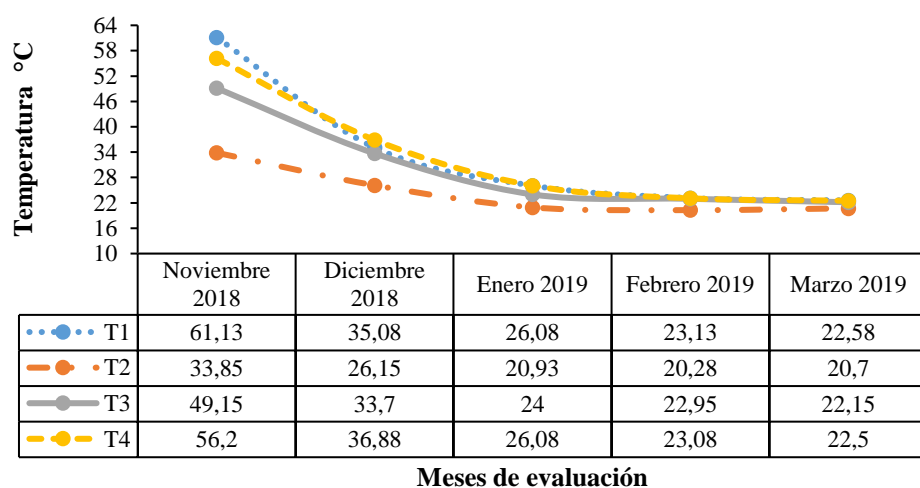
A continuación, se presentan los resultados de la investigación donde se evaluó la eficiencia de los cuatro tratamientos aplicados para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Cantón Pedro Moncayo.

#### 4.1. Comparación de la eficiencia de los métodos en la degradación de residuos

La implementación de las unidades experimentales, se inició el 20 de Noviembre del año 2018. Durante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, se pudo observar los cambios que presentaron los cuatro tratamientos. Para el efecto se consideró los parámetros de humedad, temperatura y pH, en cada uno de los métodos de degradación de residuos.

##### 4.1.1. Temperatura

La evaluación del comportamiento de la temperatura (Figura 8), indicó que, a partir del segundo día de la instalación de las unidades experimentales, se incrementaron los valores en los cuatro tratamientos durante 12 días.



**Figura 8.** Comportamiento de la Temperatura durante el proceso de degradación de la materia orgánica.

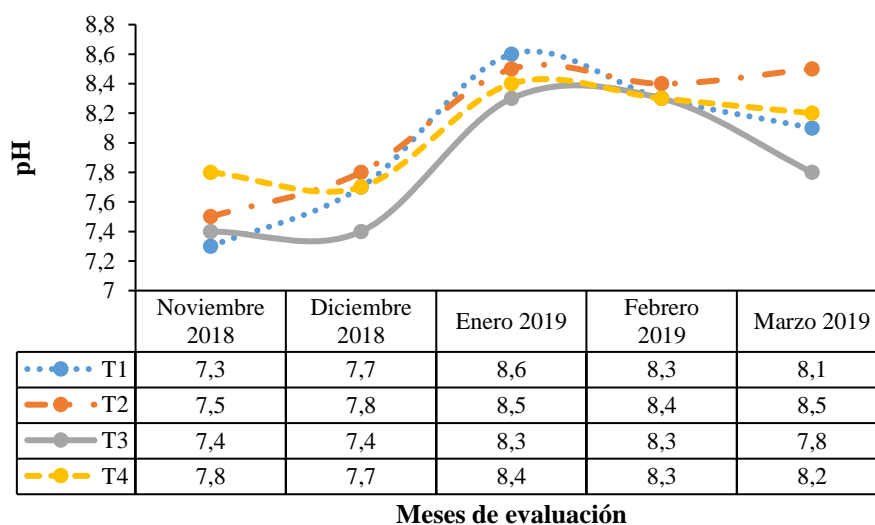
El abono tipo bocashi (T1), compostaje (T3) y testigo (T4), llegaron a registrar temperaturas superiores de 45°C, mientras que la lombricultura (T2) obtuvo valores máximos de 33.85°C, estos datos marcaron el inicio de la fase termófila. A partir del 03 de Diciembre del año 2018, los tratamientos T1, T3 y T4 experimentaron un descenso en sus valores de temperatura, durante 33 días, los cuales no sobrepasaron los 36.88°C, mientras que T2 disminuyó a 26.15°C. Sin embargo, a partir del 05 de Enero del año 2019, los valores de temperatura en los cuatro tratamientos, se mantuvieron entre los 22°C como mínimo y un máximo de 26°C, durante 70 días correspondientes a los meses de Febrero y Marzo del año 2019.

Estos resultados, coinciden con lo reportado por Hernández, Rivera, Arras y Ojeda (2013); Villegas y Laines, (2017), quienes en sus investigaciones evidencian, valores de temperatura entre 45°C y 60°C para los abonos tipo bocashi y compostaje y valores por debajo de los 30°C en el caso de la lombricultura, debido a la acción combinada de lombrices y microorganismos, concordando con lo encontrado en el presente estudio. Si bien el clima del sitio pudo afectar en la variación de la temperatura de las unidades experimentales, mediante la estabilización de este parámetro, se pudo determinar el momento en el cual, los tratamientos llegan a la fase de maduración (Ruiz, Acero y Ortuño, 2015). Por lo tanto, la temperatura es el parámetro dominante para la obtención de humus, debido a que controla la actividad microbiana obteniendo materia y energía para el proceso de degradación dentro de la pila de residuos.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba estadística de Tukey (Anexo 3), se determinó, que los tratamientos T1, T3, T4 obtuvieron el rango “A”, mientras que T2 obtuvo el rango “B”, lo que indica que este tratamiento durante las tres fases de experimentación presentó diferencias significativas en sus valores. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>), puesto a que al menos un tratamiento es diferente.

#### 4.1.2. pH

A partir de la implementación de las unidades experimentales, el seguimiento del parámetro pH (Figura 9), indica que los tratamientos presentaron similitud en sus valores, durante cinco días del mes de Noviembre del año 2018, teniendo un mínimo de 7.3 correspondiente a T1 y un máximo de 7.8 en T4. A partir del 28 de Diciembre del año 2018, se pudo determinar que todas las unidades experimentales presentaron un incremento leve en sus valores durante 37 días. Sin embargo, el tratamiento T3 no mostró cambios a diferencia de los demás. Desde el 05 de Enero del año 2019, estos valores se fueron incrementando paulatinamente en los tratamientos T1, T2 y T4, mientras que el abono tipo compostaje presentó un valor de 8.3. Esta variación, duró 61 días incluyendo el mes de Febrero del año 2019.



**Figura 9.** Comportamiento del pH durante el proceso de degradación de la materia orgánica.

Sin embargo, transcurrido 98 días de inicio del proceso, los tratamientos experimentaron un descenso en cuanto a sus valores de pH. Durante este tiempo, el abono tipo compostaje descendió a 7.8, siendo éste el tratamiento con menor valor a comparación de T1, T2 y T4, que fueron superiores a ocho.

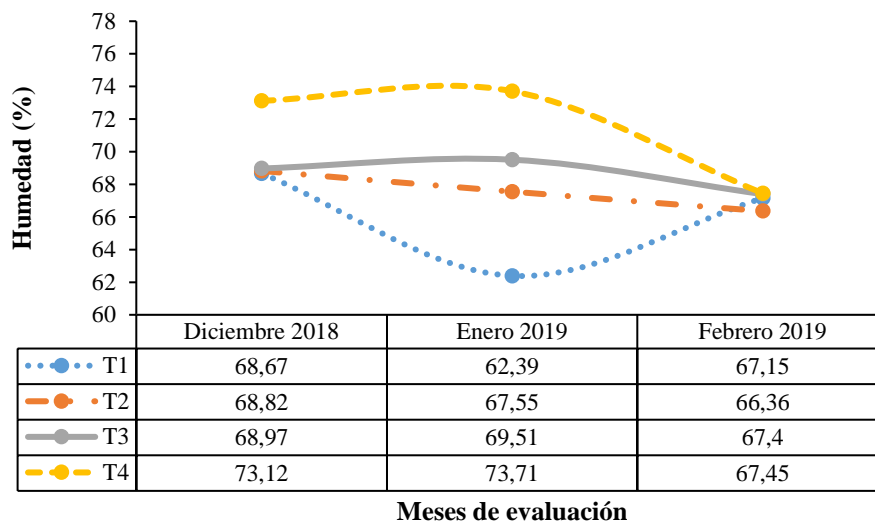


Estos resultados en comparación a lo encontrado por, Boulter, Boland y Trevors (2000); y Hernández et al. (2013), no concuerdan, puesto que reportan un potencial de hidrógeno ácido al inicio del proceso de degradación, a diferencia de los tratamientos de este estudio que en la fase inicial estuvieron entre 7.3 y 7.5. La principal razón de este evento, es por el tipo de residuos utilizados como materia prima y la ubicación geográfica del Relleno Sanitario. Pérez, Céspedes y Núñez, (2008), mencionan que generalmente los restos de cocina influyen en este tipo de eventualidades, además del tipo de proceso aplicado y las condiciones climatológicas del sitio donde se lo ha realizado. Por tal motivo, el pH es un parámetro que puede condicionar la actividad biológica que degrada la materia orgánica y las poblaciones microbianas presentes.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba estadística de Tukey para el parámetro pH (Anexo 4), se determinó, que todos los tratamientos en la etapa inicial obtuvieron un rango “A”, es decir que no existe diferencia significativa. Sin embargo, durante los meses restantes los tratamientos T1, T2 y T4 obtuvieron un rango “A” teniendo similitud en los valores de las medias, mientras que el tratamiento T3 obtuvo un rango “B”, debido a que durante el proceso de descomposición presentó diferencias significativas a los demás tratamientos, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

#### **4.1.3. Humedad**

Los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron similitud en sus valores a partir de la implementación de las unidades experimentales, teniendo como mínimo el 68.67% y 68.97% como máximo, a diferencia de T4 que presentó un valor de 73.12%, es decir que mostró el mayor porcentaje de humedad durante este tiempo. Posteriormente, durante el mes de Enero del año 2019, los tratamientos T2 y T3 no presentaron cambios significativos, mientras que T4 aumentó paulatinamente hasta llegar al 73.71% de humedad y T1 descendió hasta el 62.39% (Figura 10).



**Figura 10.** Comportamiento de la humedad durante el proceso de degradación de la materia orgánica.

Verificando estos datos, se procedió a tomar medidas para corregir estos cambios, es así que para el mes de Febrero del año 2019 todos los tratamientos ya se encontraron por debajo del 70% de humedad, posicionándolos bajo los límites permisibles de cada tratamiento.

De manera similar, Hernández et al. (2013) y Boulter et al. (2000), en un estudio de evaluación de cuatro tipos de abonos orgánicos, evidencian valores entre el 50% y 80% de retención de agua. Esto es acorde con lo encontrado en este estudio, ya que los tratamientos presentaron valores por debajo de los límites establecidos debido a la circulación del oxígeno y otros gases. Ormeño y Ovalle (2007), manifiestan que llevar un buen control de la cantidad de agua en zonas secas y de baja humedad relativa, permite el transporte de sustancias solubles que sirven de alimento a las células. Por lo tanto, es necesario adecuar un sistema para la dotación adecuada de la humedad, debido a que se encarga de proporcionar los requerimientos fisiológicos y reacciones durante el proceso.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba estadística de Tukey para el parámetro humedad (Anexo 5), se determinó, que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 obtuvieron un rango “A”, debido a que los valores de

las medias presentan similitud, lo que indica que durante todo el proceso no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1).

#### 4.1.4. Tiempo de Descomposición

En la evaluación del tiempo de descomposición, los tratamientos que presentaron menor tiempo en llegar a este punto fueron T1 y T3, debido a que se obtuvo el humus a los tres meses de haber iniciado la experimentación, a diferencia de los tratamientos T2 y T4, que tardaron 115 días (5 meses).

#### 4.1.5. Cantidad de humus obtenido

Mediante el análisis de datos obtenidos a partir del tamizado de las muestras (Tabla 8), se determinó que los tratamientos más eficientes fueron los abonos tipo bocashi, compostaje y lombricultura debido a que presentaron valores por sobre el 70%.

**Tabla 8.** Cantidad de humus obtenido.

Tratamientos	Peso de muestra de humus sin tamizar (g)	Peso de humus tamizado (g)	Eficiencia de producción del humus %
T1(Bocashi)			
T1R1	705.5	501.2	71.0
T1R2	702.7	501.1	71.3
T1R3	701.0	515.0	73.5
T1R4	707.6	507.4	71.7
T2 (Lombricultura)			
T2R1	718.1	500.5	69.7
T2R2	713.2	500.1	70.1
T2R3	705.3	500.0	70.9
T2R4	701.9	502.1	71.5
T3 (Compostaje)			
T3R1	698.7	501.1	71.7
T3R2	700.9	502.2	71.7
T3R3	705.8	500.4	70.9
T3R4	744.9	500.1	67.1
T4 (Testigo)			
T4R1	782.1	502.9	64.3
T4R2	710.6	500.5	70.4
T4R3	759.3	503.1	66.3
T4R4	721.5	501.2	69.5

Sin embargo, el tratamiento testigo en la mayoría de sus valores no sobrepasó el porcentaje antes mencionado, considerándolo como el menos eficiente. Para determinar la eficiencia del tamizado, se basó en el estudio de Hernández et al. (2013), en el cual utiliza un tamiz de malla no.20 y previamente se empaca en bolsas de polietileno para su respectivo análisis de laboratorio.

## 4.2. Contenido de macro y micronutrientes, conductividad eléctrica y materia orgánica del bocashi, compost y lombricompost

### 4.2.1. Macronutrientes

Dentro de los macronutrientes se encuentran el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S). Los resultados obtenidos para cada tratamiento se muestran a continuación:

- **Nitrógeno total (N)**

En cuanto al contenido de nitrógeno en el humus (Figura 11), la mayor concentración de este nutriente se presentó en los tratamientos lombricultura y testigo, al mismo tiempo que los dos obtuvieron un mismo valor de 0.81g/100ml. En segundo lugar, se ubicó el abono tipo bocashi con 0.73g/100ml, y el compost presentó la menor concentración de nitrógeno con un valor de 0.71g/100ml.

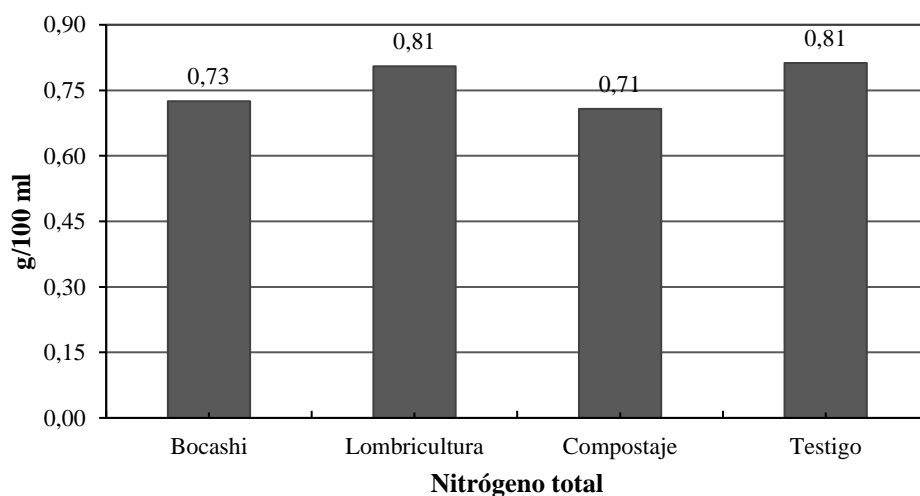
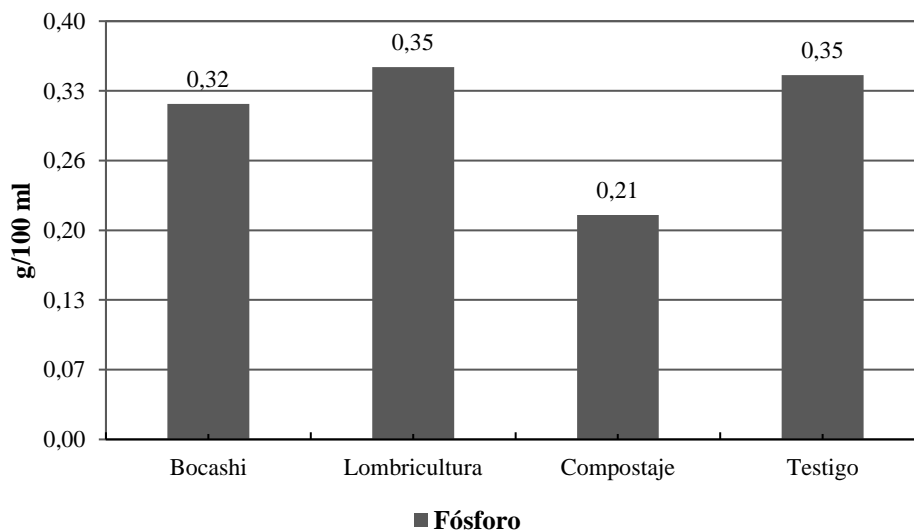


Figura 11. Concentración de Nitrógeno total en el humus de cada tratamiento.

De manera similar en el estudio realizado por Salas y Ramírez (2001), evidencian que existen concentraciones de 2.5g/100ml en lombricultura, 2.4g/100ml en compostaje y 1.1.g/100ml en bocashi, que al ser comparadas con los resultados de este estudio presentan valores más altos. Es decir que, la concentración del nitrógeno depende de la cantidad, las condiciones de preparación y la composición de los residuos que se utiliza. Ramírez-Builes y Duque, (2010), manifiestan que todos estos factores inciden en la cantidad del nitrógeno en el transcurso de la mineralización de la materia orgánica. Por lo cual, en los abonos tipo bocashi las propiedades nutricionales llegan a disminuir si no se realiza la cosecha al primer mes de maduración.

- **Fósforo (P)**

En cuanto al contenido de fósforo en el humus (Figura 12), la mayor concentración de este nutriente se presentó en los tratamientos lombricultura y testigo, ambos con valores iguales a 0.35g/100ml, seguido del abono tipo bocashi con un valor de 0.32g/100ml, y el compost se ubicó en último lugar ya que presentó la menor concentración de fósforo obteniendo un valor de 0.21g/100ml.

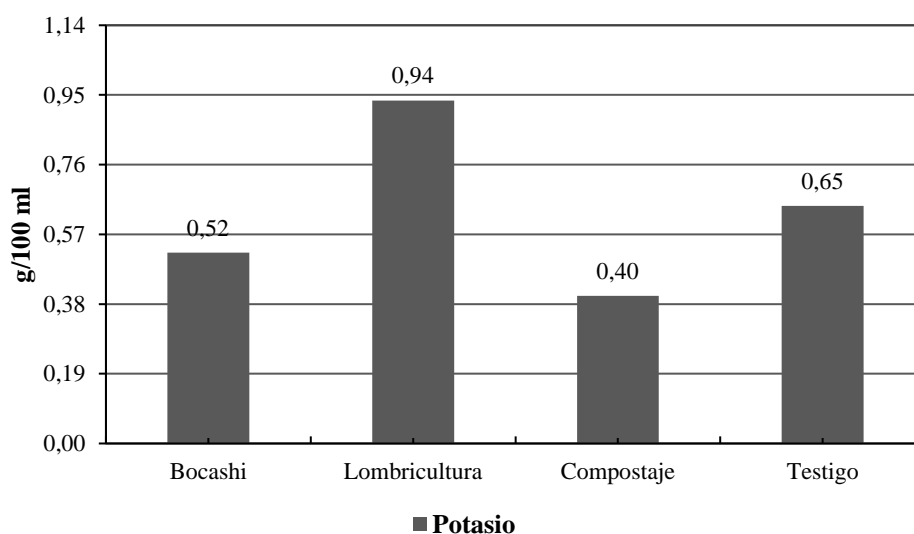


**Figura 12.** Concentración de Fósforo en el humus de cada tratamiento.

Resultados que, al ser comparados con lo encontrado por Castillo, Iglesias y Quarín, (2000), con la especie *Eisenia foetida*, presentan similitud, ya que los autores reportan una concentración de 0.28g/100ml a 0.32g/100ml, concordando con los valores del humus de lombriz. Esto se debe, a que la especie al ingerir la materia orgánica, procesa de manera biológica este material e incrementa la actividad microbiana, dando como resultado un humus de alto contenido de fósforo. Por lo cual, es necesario tener un adecuado riego en la etapa de maduración, para no producir líquidos lixiviados y que los nutrientes se escurran.

- **Potasio (K)**

En cuanto al contenido de Potasio (Figura 13), el tratamiento correspondiente a la lombricultura presentó la mayor concentración de este nutriente obteniendo un valor de 0.94g/100ml, a diferencia del compostaje que presentó la menor cantidad de potasio con un valor de 0.40g/100ml.



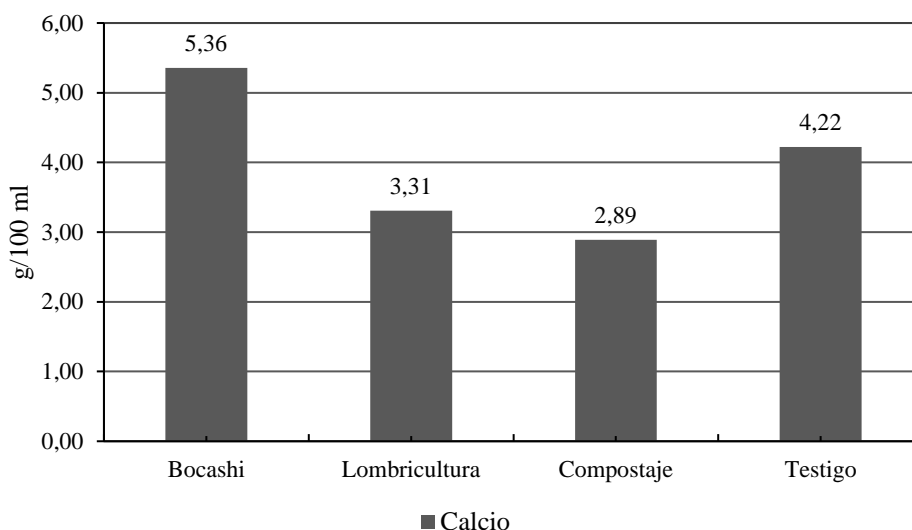
**Figura 13.** Concentración de Potasio en el humus de cada tratamiento.

La investigación efectuada por Martínez, Vallone y Pino (2018), realizada en Argentina, informan un valor de 0.5g/100ml en lombricompost, el cual es inferior a la concentración del humus de lombriz obtenido. En base a estos resultados, se infiere que, a mayor tiempo de exposición de la materia orgánica como alimento en

los anélidos, la concentración de potasio tiende a ser más alta, sin embargo, se corre el riesgo de perder la concentración de otros nutrientes. Por lo cual, la incorporación de materiales de origen domiciliario y la adición de estiércol de ganado bovino, caprino y equino podrán reducir este tipo de eventualidades.

- **Calcio (Ca)**

En cuanto al contenido de calcio (Figura 14), el tratamiento con mayor concentración de este nutriente fue el abono tipo bocashi con un valor de 5.37g/100ml, a diferencia del humus de compost que obtuvo un valor de 2.89 g/100ml, indicando que es el tratamiento con el menor contenido de calcio, a diferencia de la lombricultura y el testigo que obtuvieron valores superiores a este.



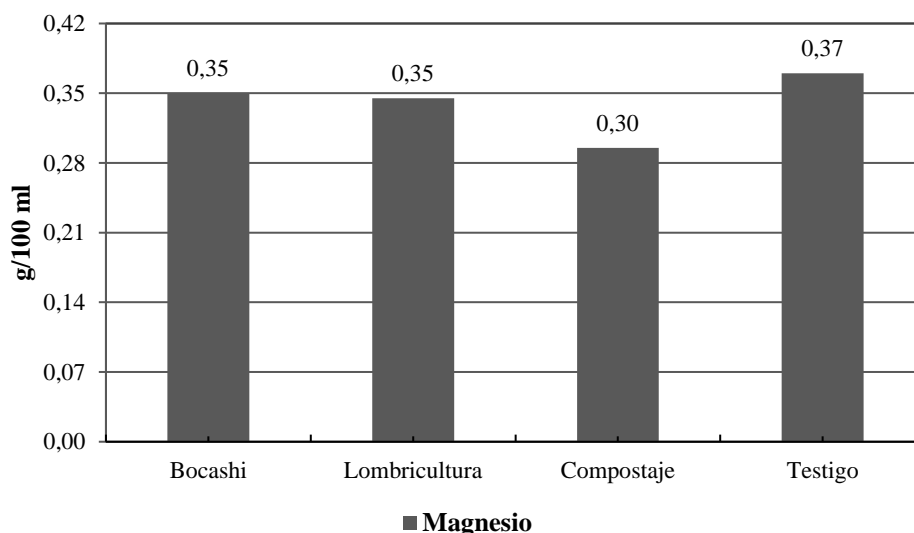
**Figura 14.** Concentración de Calcio en el humus de cada tratamiento.

De manera similar Ramírez et al. (2002), reportan una composición química de abonos orgánicos, en un rango de 2 a 5g/100ml de calcio, concordando con los valores encontrados en los tres tratamientos. Sin embargo, el abono tipo bocashi presentó un valor superior a este rango, esto se debe a la incorporación de cal agrícola en su mezcla. Romero, Jiménez y Muschler (2000), mencionan que el suministro de esta sustancia a sustratos orgánicos, incrementa la concentración y

mejora la calidad nutricional de este elemento. Por lo tanto, todos los tratamientos podrían tener un efecto positivo en el desarrollo de los cultivos.

- **Magnesio (Mg)**

En cuanto al contenido de Magnesio en el humus (Figura 15), el tratamiento con mayor concentración fue el testigo con un valor de 0.37g/100ml, seguido del bocashi y lombricultura con valores iguales a 0.35g/100ml, mientras que el tratamiento con menos concentración a comparación de los demás fue el compostaje con un valor de 0.30g/100ml.



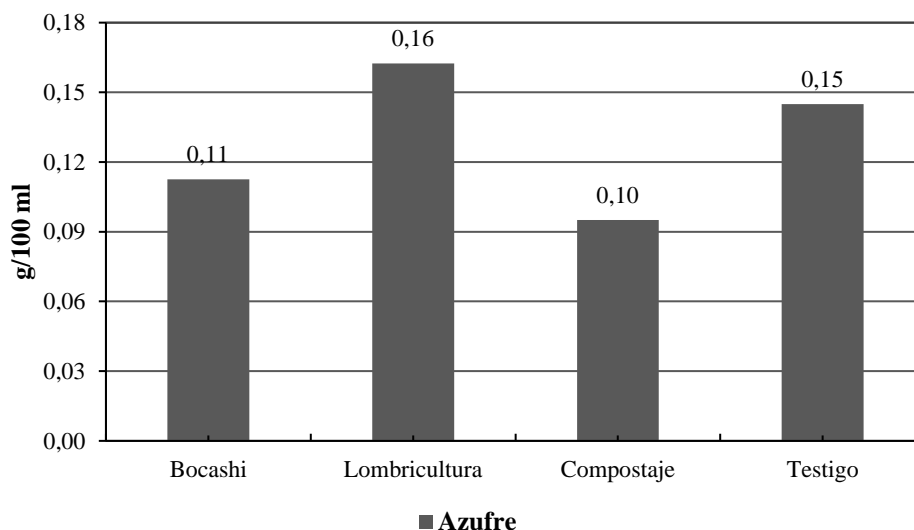
**Figura 15.** Concentración de Magnesio en el humus de cada tratamiento.

El contenido de magnesio de los tres tratamientos está dentro del rango establecido en el estudio de Chicaiza (2012), realizado en Honduras; evidencia una concentración de 0.54g/100ml, esto está asociado a la lixiviación de nutrientes a causa del riego periódico que se le realiza. Generalmente, los productos ricos en carotenos aportan con un mayor contenido de magnesio a los abonos orgánicos (Salazar, 2013). Por ende, es necesario la utilización de residuos que posean pigmentación amarillo-anaranjado ya sea restos de zanahoria, papaya, calabaza como materia prima en la elaboración de abonos orgánicos.



- **Azufre (S)**

En cuanto al contenido de azufre en el humus (Figura 16), la mayor concentración de este nutriente fue en el lombricompost, obteniendo un valor de 0.16g/100ml, mientras que el compostaje presentó la menor cantidad de azufre con un valor de 0.10 g/100ml.



**Figura 16.** Concentración de Azufre en el humus de cada tratamiento.

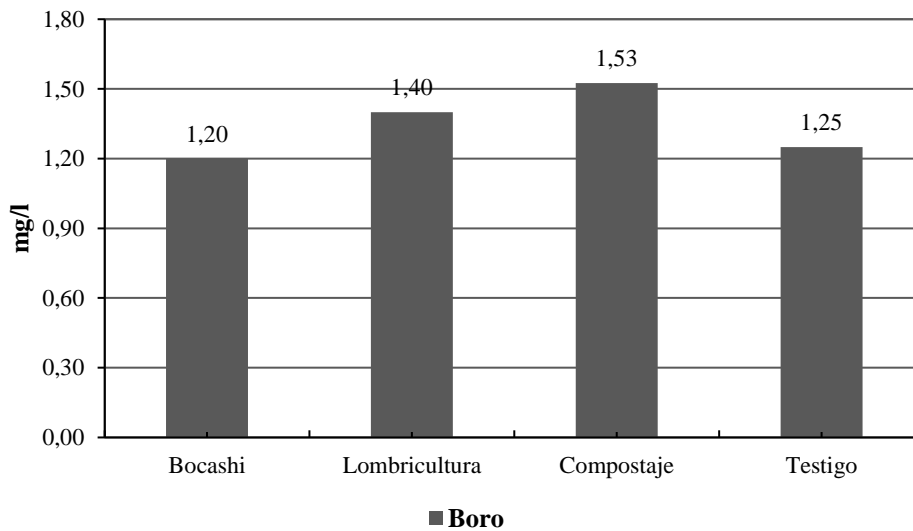
El primer aspecto a resaltar en este parámetro, son las concentraciones altas del lombricultura y el testigo, a diferencia con lo reportado por Soriano, García, Roca y Boluda (2008), quienes manifiestan valores de entre 0.08 y 0.09, esto se debe, al tipo de sustrato que se utilizó. Pérez et al. (2008), señalan que la combinación de materia orgánica proveniente de las zonas urbanas como restos de podas y residuos de cocina origina cambios en las propiedades nutricionales. Por tanto, existirían cambios en las propiedades químicas al no realizar la clasificación previa de los residuos utilizados como materia prima.

#### **4.2.2. Micronutrientes**

Dentro de los micronutrientes se encuentran el Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn). Los resultados obtenidos para cada tratamiento se muestran a continuación:

- **Boro (B)**

El valor del boro para el compostaje fue de 1.53mg/l, este representa el valor más alto de los tres tratamientos, mientras que el humus del abono tipo bocashi presentó la menor cantidad de boro con un valor de 1.20mg/l (Figura 17).

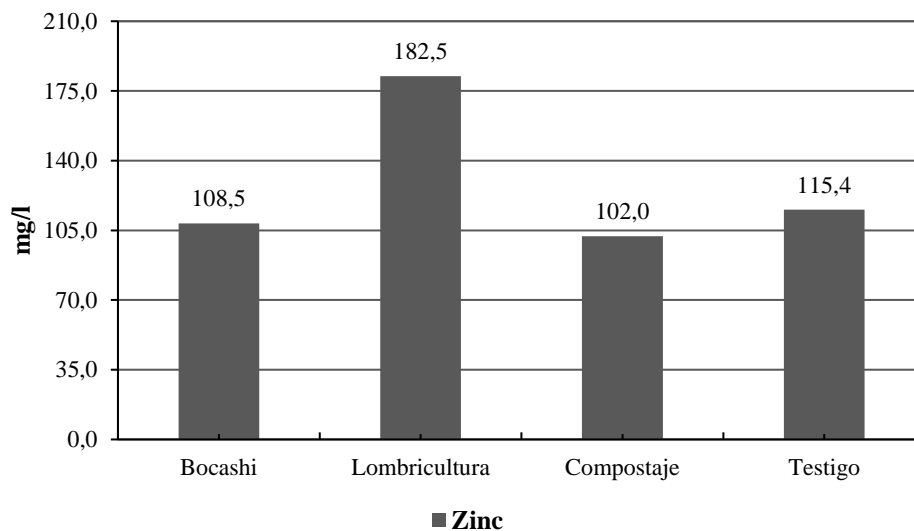


**Figura 17.** Concentración de Boro en el humus de cada tratamiento.

Una investigación efectuada por Díaz, Prada y Mondragon (2010), muestra una concentración de boro que varía entre 43 y 47mg/l en sus tres tratamientos de compost, el cual es superior a la determinada en este estudio, es evidente que la utilización de pulpa de café y la incorporación de microorganismos nativos tienen relación con el aumento de los micronutrientes. Bravo (1957), afirma que las plantas leguminosas poseen mayor cantidad de boro especialmente en las hojas, en este caso se utilizó material vegetativo verde de alfalfa (*Medicago sativa*), es por esta razón que el tratamiento con más contenido de boro fue el compostaje.

- **Zinc (Zn)**

El contenido más alto del zinc en los tres tratamientos, posee la lombricultura con un valor de 182.5mg/l, a comparación del compostaje obtuvo una concentración de 102.0mg/l (Figura 18).

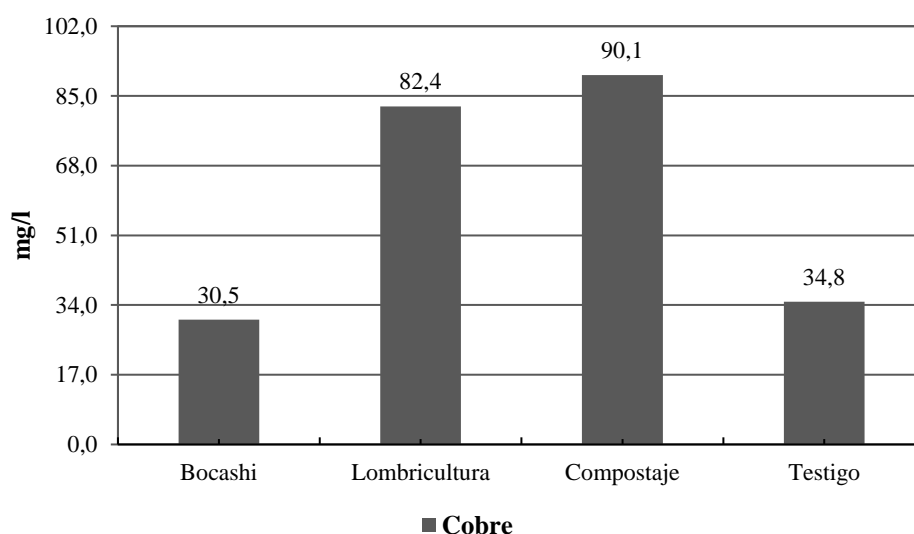


**Figura 18.** Concentración de Zinc en el humus de cada tratamiento.

En un estudio realizado por Castillo, Hernández, Domínguez y Ojeda (2010), en la ciudad de México, se evaluó el contenido inicial y final de cada uno de los macro y micronutrientes durante 25 semanas en el cual la lombricultura obtuvo un valor de 91mg/l, inferior a lo expuesto en este estudio, estas concentraciones están dentro del valor óptimo para un buen desarrollo de los cultivos, puesto que si se sobrepasa las concentraciones de 230mg/l de este metal pesado podría ocasionar toxicidad en los cultivos. Por lo tanto, la obtención de nutrientes depende de los materiales utilizados en cada uno de los abonos.

- **Cobre (Cu)**

El tratamiento que predomina en cuanto al contenido de cobre, es el compostaje ya que su valor es de 90.1mg/l, obteniendo la mayor concentración de este nutriente, a diferencia de los dos tratamientos restantes, mientras que el tratamiento con menor contenido de cobre fue el bocashi con un valor de 30.5mg/l (Figura 19).



**Figura 19.** Concentración de Cobre en el humus de cada tratamiento.

Como se puede observar existe una gran variación en los tres tratamientos, Nicholson, Chambers, Williams y Unwin (1999), reportan que el micronutriente (Cu) en el compostaje posee un valor de 33.2mg/l, el cual es inferior al obtenido en este estudio. En base a estos resultados, se determina que el contenido de cobre en los tratamientos depende de la incorporación de subproductos de origen animal como es el estiércol bovino, de tal manera que tiene una influencia directa la administración de suplementos minerales en la alimentación del ganado.

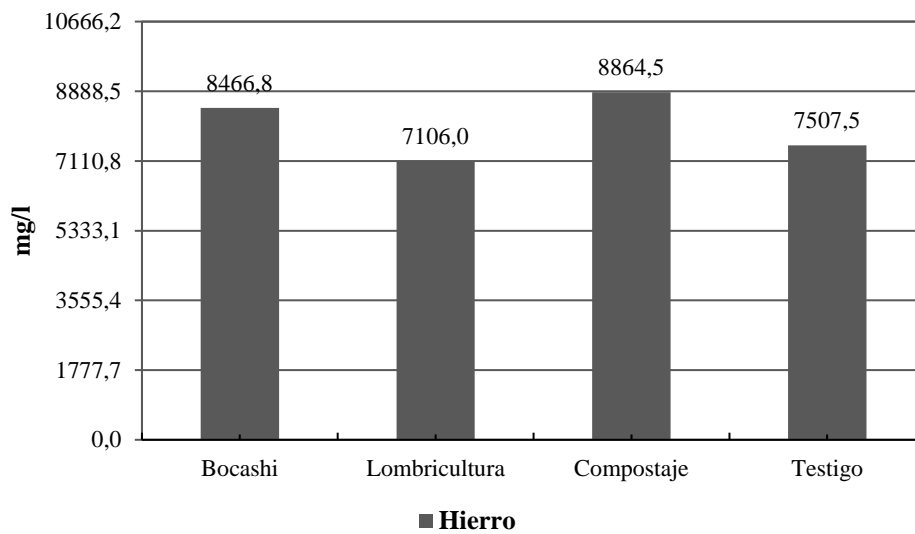
- **Hierro (Fe)**

Tal y como puede apreciarse, el tratamiento con más contenido de hierro es el compostaje con un valor de 8 864.5mg/l, mientras que el tratamiento con menor concentración de hierro es la lombricultura con un valor de 7 106.0mg/l (Figura 20).

Estos datos son diferentes a los reportados por Castillo et al. (2010), quienes manifiestan que, al comparar dos mezclas de residuos orgánicos, el mayor contenido de hierro lo presenta el compostaje con un valor de 1049mg/l, valor inferior al obtenido en esta investigación. Esto se debe, al estiércol de ganado que fueron utilizados como complemento en la elaboración de los tratamientos, ya que generalmente su alimentación se basa en maíz laminado (*Zea mays L.*), salvado de

trigo (*Triticum aestivum L.*), algodón molido, pasta de soja, y alfalfa (*Medicago sativa L.*).

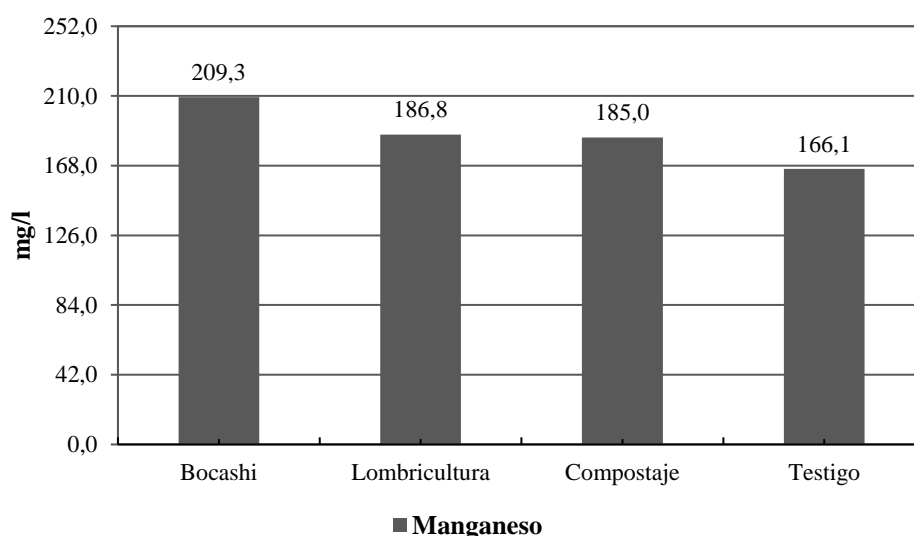
Por lo expuesto anteriormente se puede inferir que, a pesar de los procesos metabólicos que efectúa el ganado bovino al momento de ingerir los materiales vegetativos, aportan nutrientes a través de sus desechos, los cuales fueron empleados en la elaboración del compost.



**Figura 20.** Concentración de Hierro en el humus de cada tratamiento.

- **Manganeso (Mn)**

Respecto a los resultados de Manganeso, el humus del abono tipo bocashi posee la mayor concentración de este nutriente con un valor de 209.3mg/l, a comparación de los demás. Mientras que el tratamiento con menor contenido es el testigo con un valor de 166.1mg/l (Figura 21).

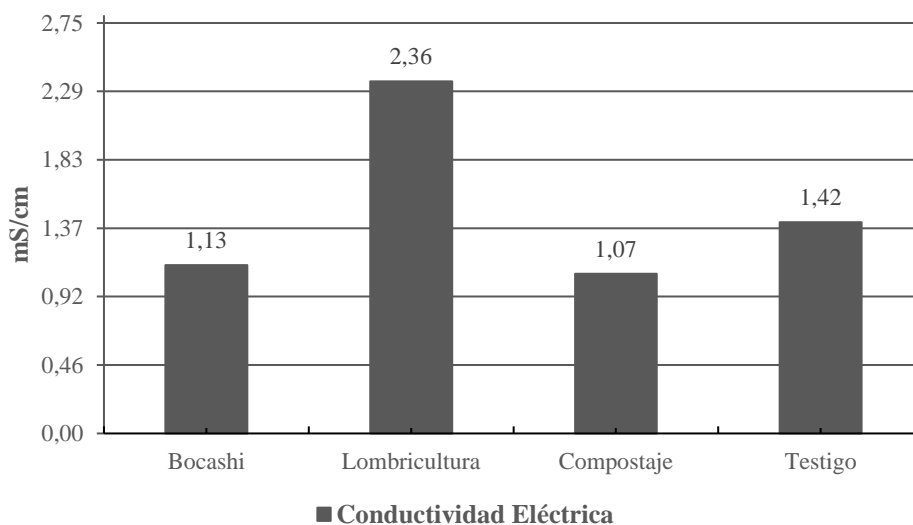


**Figura 21.** Concentración de Manganeso en el humus de cada tratamiento.

Resultados similares se encuentran en el estudio de Hernández et al. (2013), en el cual, se utilizan cuatro combinaciones de estiércol de diferentes animales y material orgánico, dando como resultado contenidos de manganeso que varían desde 192 a 381mg/l, todos los valores obtenidos en este estudio se encuentra dentro del rango de dicha investigación, esto se debe a la actividad microbial al momento de realizarse la desintegración de los residuos. Díaz et al. (2010), señalan que la utilización de microorganismos nativos en las biopilas, facilitan el proceso de degradación. Por lo tanto, estos grupos permiten la degradación de materia orgánica de manera más acelerada, contribuyendo a la obtención de micronutrientes.

#### **4.2.3. Conductividad eléctrica**

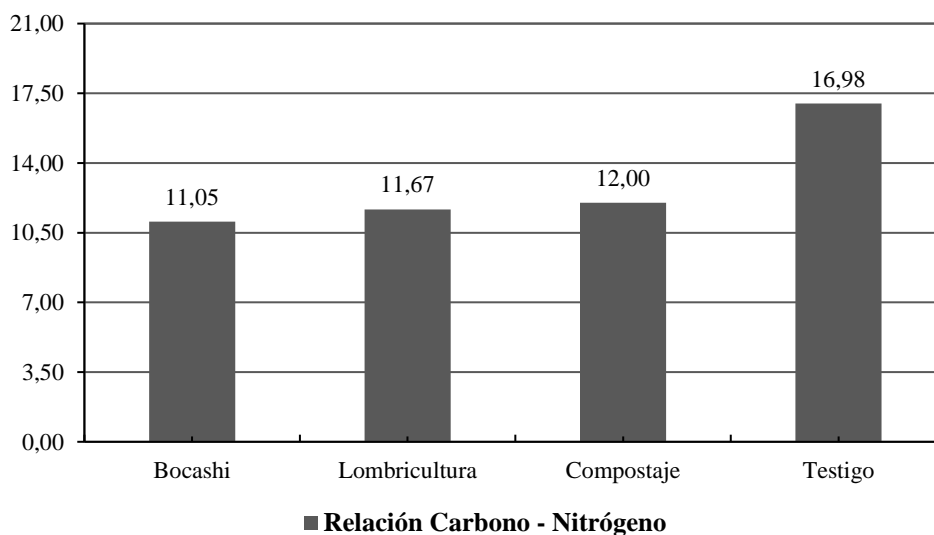
Respecto a la conductividad eléctrica, se obtuvo un registro máximo de 2.36mS/cm para la lombricultura y un mínimo de 1.07mS/cm para el compostaje (Figura 22). De manera similar, Oviedo, Marmolejo y Torres (2014), reportan valores de uno hasta 3mS /cm para abonos orgánicos, lo que significa que las concentraciones son normales en los tratamientos aplicados. Por esta razón, se va a facilitar la fertilización en el lugar donde se vaya aplicar el abono y evitar la fitotoxicidad.



**Figura 22.** Conductividad eléctrica en el humus de cada tratamiento.

#### 4.2.4. Relación carbono nitrógeno (C/N)

Respecto al resultado de la relación carbono nitrógeno (C/N), se evidenció la mayor concentración de este parámetro, en el testigo con un valor de 16.98, mientras que el bocashi obtuvo 11.05 (Figura 23).



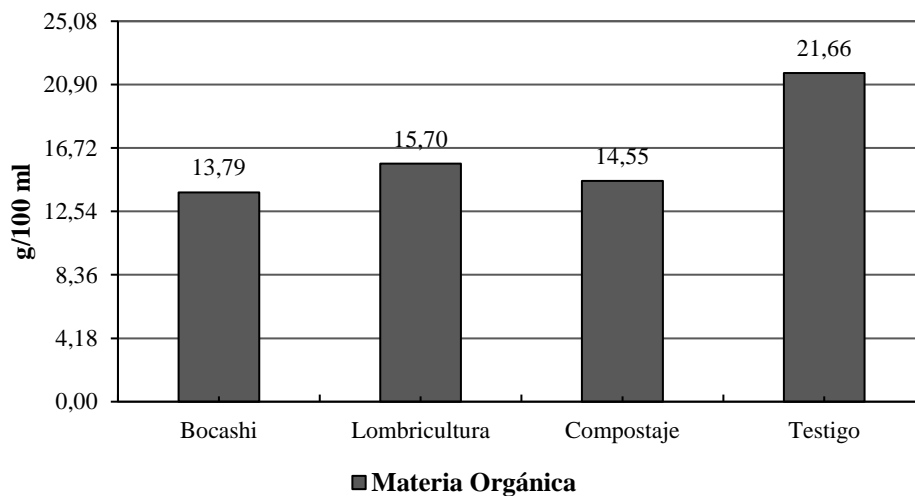
**Figura 23.** Relación C/N en el humus de cada tratamiento

De manera similar Flavel y Murphy (2006), reportaron cifras de C/N entre 10 y 12 como aceptable en abonos orgánicos, lo que indica la efectividad del humus

obtenido. Castro et al. (2009), manifiestan que esta escala de valoración ha sido utilizada como un indicador de madurez. Por lo tanto, es necesario dar un seguimiento a este parámetro antes de realizar la cosecha de los diferentes tipos de humus para conocer la velocidad de descomposición.

#### 4.2.5. Materia Orgánica

El mayor contenido de materia orgánica (MO) correspondió al testigo, con un valor de 21.6g/100ml, mientras que el compostaje, lombricultura y bocashi presentaron valores por debajo de 14.55g/100ml (Figura 24). Resultados que al ser comparados con lo encontrado por López, Ruelas y Sañudo (2013) no concuerdan, ya que mencionan que el humus de lombriz presenta valores entre 20 y 22g/100ml a comparación de otros métodos. Esto se debe, a la cantidad de materia descompuesta.



**Figura 24.** Cantidad de materia orgánica en el humus de cada tratamiento.

#### 4.2.6. Tabla resumen de los resultados

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del contenido de macro y micronutrientes, de manera más descriptiva (Tabla 9).



**Tabla 9.** Síntesis de resultados.

Síntesis de contenido de macro y micronutrientes									
	Elementos	Tratamientos							
		Bocashi		Lombricultura		Compostaje		Testigo	
Macro Nutrientes (g/100ml)	Nitrógeno Total (N)	0,73	B	0,81	A	0,71	C	0,81	A
	Fósforo (P)	0,32	B	0,35	A	0,21	C	0,35	A
	Potasio (K)	0,52	C	0,94	A	0,4	D	0,65	B
	Calcio (Ca)	5,36	A	3,31	C	2,89	D	4,22	B
	Magnesio (Mg)	0,35	B	0,35	B	0,3	C	0,37	A
	Azufre (S)	0,11	C	0,16	A	0,1	D	0,15	B
Micro Nutrientes (mg/l)	Boro (B)	1,2	D	1,4	B	1,53	A	1,25	C
	Zinc (Zn)	108,5	C	182,5	A	102	D	115,4	B
	Cobre (Cu)	30,5	D	82,4	B	90,1	A	34,8	C
	Hierro (Fe)	8467	B	7106	D	8865	A	7508	C
	Manganeso (Mn)	209,3	A	186,8	B	185	C	166,1	D
		2		5		3		3	

### 4.3. Guía para el manejo de residuos orgánicos

En base a los resultados de los objetivos uno y dos, se procedió a elaborar una guía para el manejo eficiente de los residuos orgánicos que ingresan al Relleno Sanitario del Cantón Pedro Moncayo (Anexo 10). El documento, fue elaborado en base a la combinación de dos métodos de aprovechamiento (Compostaje y Lombricultura), debido a la calidad nutricional y la adaptación a las condiciones climatológicas del sitio.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- Se concluye que los parámetros temperatura y pH, en los abonos tipo bocashi, lombricultura, compostaje y testigo mostraron diferencias significativas, es decir se acepta la hipótesis alternativa, debido a que los valores variarían durante las etapas de descomposición.
- En cuanto al contenido de humedad, todos los tratamientos no presentaron diferencias significativas ya que sus valores fueron similares. Esto se debe, a que es el único parámetro que se pudo controlar mediante la misma dosis de riego en todas las unidades experimentales.
- A los cinco meses de la evaluación, se determinó que el humus de lombriz presenta mayor concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), mientras que el compost presenta mayor concentración de micronutrientes (B, Zn, Cu, Fe, Mn).
- La adición de aditivos como la leche y la melaza en el T1 (bocashi) y estiércol bovino en el T3 (compostaje), aceleraron la degradación de los residuos orgánicos, es por ello que, a partir del cuarto mes las concentraciones de macro nutrientes en los dos tratamientos disminuyeron.
- Efectuado el análisis de la conductividad eléctrica (C.E) de los tres tratamientos, se determinó que los valores obtenidos están dentro de las concentraciones normales de los abonos orgánicos, del mismo modo sucede con la relación carbono nitrógeno (C/N) debido a que sus valores están en un rango de 10 a 12, lo cual permite determinar la etapa de madurez.

- La producción de lombricompost es económicamente factible puesto que se requiere de pocos ingredientes y residuos orgánicos como materia prima para obtener un recurso aprovechable.
- La elaboración de la guía de manejo de residuos orgánicos, facilitará el proceso de aprovechamiento de los residuos generados en el cantón Pedro Moncayo.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda considerar la presente investigación, como referente para realizar el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el cantón Pedro Moncayo y la réplica por parte de otros gobiernos locales, a fin de mejorar la gestión de este tipo de residuos en las instalaciones del Relleno Sanitario.
- Realizar la caracterización de los residuos sólidos del cantón de manera semestral, para conocer el volumen de generación, la estabilidad y las características del residuo orgánico.
- Para la optimización del recurso agua, se recomienda implementar un sistema de captación de aguas lluvias, ya que, debido a las condiciones de textura del suelo del relleno sanitario, la humedad se pierde con facilidad y es necesario un riego constante. De esta manera, ya no sería necesario la utilización de agua potable.
- En posteriores investigaciones, evaluar la eficiencia de los abonos orgánicos obtenidos, mediante la aplicación a diferentes cultivos con el fin de conocer los efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de la cobertura vegetal y el suelo.
- Socializar la experiencia de esta investigación, al personal técnico encargado del manejo de los residuos del GAD Pedro Moncayo, con la finalidad de que adquieran conocimientos y habilidades en cuanto al manejo de residuos sólidos orgánicos.

## REFERENCIAS

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. y Zepeda, F. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. *Inter-American Development Bank.*, 8 (2), 97-107.
- Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). (2002). *Los Fertilizantes y su uso*. Paris, Francia: FIAT PANIS.
- Bravo, A. (1957). Determinación biológica de boro en ocho suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronomica*, 7 (2), 104-139.
- Boulter, J., Boland, G. y Trevors, J. (2000). Compost: a study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16 (2), 115-134.
- Cabildo, M., Escolastico, L. y Santos, E. (2018). *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid, España: UNED.
- Cajamarca, D. (2012). *Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Camero, F. y Ballesteros, M. (1999). Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. *Revista Colombiana de Química*, 28 (1), 75-86.
- Cárdenas, J., Quipuzco, L. y Meza, V. (2013). Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica del bocashi. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica*, 16 (32), 7-12.
- Castillo, A., Iglesias, M. y Quarín, S. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura técnica*, 60 (1), 74-79.
- Castillo, H., Hernández, A., Domínguez, D. y Ojeda, D. (2010). Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Chil. J. Agr. Res.*, 70 (3), 465-473.

- Castrillón, O. y Puerta, E. (2004). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista. *Revista lasallista de Investigación*, 1 (1), 15-21.
- Castro, A., Henríquez, C. y Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 33 (1), 31-43.
- Castro, B. (2000). *Manual para el manejo adecuado de los residuos sólidos en medianos y pequeños municipios*. Lima, Perú: A&B Editores.
- Chicaiza, T. (2012). *Producción de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo* (Tesis de pregrado). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- Chung, A. y Inche, J. (2014). Manejo de residuos sólidos mediante segregación en la fuente en Lima Cercado. *Industrial Data*, 5 (1), 8-14.
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*. Montreal, Canadá: CEC.
- Del Pozo, G., Manresa, L. y González, R. (2009). *Gestión de residuos sólidos: un tema de vital importancia para la gestión ambiental empresarial*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Díaz, C., Prada, A. y Mondragon, A. (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Nova*, 8 (14), 214-219.
- Durán, L. y Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior Municipio Capital de la Rioja*, 33 (2), 275-281.
- Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS). (2017). *Caracterización de residuos sólidos urbanos*. Quito, Ecuador: Autor.

- Erazo, S. (2012). *Manejo integral de los residuos orgánicos del relleno sanitario de Antonio Ante, Provincia de Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Farreras, V. y Lauro, C. (2016). Economic valuation of the pollution effects of dumping municipal solid waste. *Gestión y Ambiente*, 19 (2), 211-227.
- Fernández, A. (2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, 17 (3), 35-39.
- Flavel, T. y Murphy, D. (2006). Carbon and nitrogen mineralization rates after application of organic amendments to soil. *Journal of environmental quality*, 35 (1), 183-193.
- Flores, M. y Carranza, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 9 (17), 75-84.
- Fondo para la Protección del Agua. (2010). Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan alimentación sana. *Agua a Fondo*, 3 (2), 10-12.
- Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos (*Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria*). Costa Rica: MAG.
- Gómez, S., Ángeles, L., Núñez, G. y Figueroa, U. (2013). *Metodologías para la elaboración de compostas y lombricompostas de excretas de ganado de leche*. Veracruz, México: Santa Catarina.
- Grageda, O., Díaz, A. y Peña, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3 (6), 1261-1274.
- Guijarro, L. (2016). *Los países que más basura generan y los que más reciclan del mundo*. Madrid, España: PRISA S.A.
- Hernández, O. A., Rivera, C., Arras, A. y Ojeda, D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 31 (1), 35-46.

- Herrán, J. y Flores, R. (2010). Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible*, 6 (1), 105-114.
- Hoornweg, D. y Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*. Washington DC, USA: World Bank.
- Hoyos, J., Vargas, C. y Velasco, R. (2010). Evaluation of compost obtained in mobile pile employing mixtures of poultry manure with cellulosic materia. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8 (1), 54-60.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2013). *Anuarios Meteorológicos 2013*. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. (2010). *Base de datos-Censo de población y vivienda 2010*. Quito, Ecuador.
- Jaramillo, J. (1999). Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM. En D. Fernández (Presidencia), *Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, SIGLO XXI*. Simposio llevado a cabo en la Universidad de Antioquia, Colombia.
- Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes*, 5 (17), 29-56.
- López, C., Ruelas, D. y Sañudo, R. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chihuahua*, 7 (2), 81-87.
- López, G., Pereira, M. y Rodríguez, J. (1980). *Eliminación de los residuos sólidos urbanos*. Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados.
- Martínez, L., Vallone, R. y Pino, M. (2018). Variación temporal de indicadores microbiológicos y químicos de suelo árido regadío incubado con abonos orgánicos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44 (2), 39-47.
- Martínez, P. y Chaparro, B. (2013). Microorganismos benéficos para el compostaje de macrófitas invasoras de la laguna colombiana de Fúquene. *Revista AIDIS*

*de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 6 (1), 73-88.

Mendoza, E. (2018). Efecto de tres dosis de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) con estiércol bovino y aserrín descompuesto en Sapecho, Alto Beni. *APTHAPI*, 4 (2), 1128-1138.

Meza, E. (2012). *Análisis y Propuesta de Aplicabilidad de Métodos y Técnicas de Aprovechamiento, Recuperación y Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos en Tabacundo, Cantón Pedro Moncayo* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2018). *La gestión de los residuos sólidos en los municipios, un proyecto prioritario para el Gobierno Nacional*. Quito, Ecuador.

Mora, A. y Molina, N. (2017). Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el parque histórico Guayaquil. *Revista de Ciencias de la Vida*, 26 (2), 84-105.

Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos: Protegen el suelo y garantizan alimentación sana Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. Santiago, Chile: USAID.

Nicholson, F., Chambers, B., Williams, J. y Unwin, R. (1999). Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource technology*, 70 (1), 23-31.

Ochoa, J. (2009). *Beneficios que ofrece el humus de lombriz a los cultivos de manzana*. Mendoza, Argentina: El Cid Editor.

Ochoa, M., Armenta, A., Moreno, S. y Herrera, H. (2018). Fertilización orgánica y su impacto en la calidad del suelo. *Biotecnia*, 21 (1), 87-92.

Olmedo, M. (2012). *Análisis y propuesta de aplicabilidad de métodos y técnicas de aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos sólidos urbanos en Tabacundo, Cantón Pedro Moncayo* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.



- Ormeño, M. y Ovalle, A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *INIA Divulga*, 10, 29-34.
- Otiniano, A., Meneses, L., Sevillano, R. y Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24 (1), 49-61.
- Oviedo, E., Marmolejo, L. y Torres, P. (2014). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30 (1), 91-100.
- Pérez, A., Céspedes, C. y Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8 (3), 10-29.
- Porras, Á. y González, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad*, 9 (2), 91-107.
- Quispe, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6 (1), 83-95.
- Ramírez, J. G., Vieito, E. L., Clavel, N., Arzola, J., Ruiz, B. y Cepero, B. (2002). Efecto de la fertilización orgánica en la producción de semillas de *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621 y *Pueraria phaseoloides* cv. CIAT-9900. *Pastos y Forrajes*, 25 (2), 81-86.
- Ramírez-Builes, V. y Duque, N. (2010). Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronómica*, 59 (2), 155-161.
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35 (4), 52-59.

- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., Cabrera, A. y Fernández, L. (2016). Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y Bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37 (2), 165-174.
- Romero, A., Jiménez, F. y Muschler, R. (2000). Crecimiento de almázigo de café con abono tipo bocashi y follaje verde de *Erythrina poeppigiana*. *Agroferreteria en las Américas*, 7 (26), 37-39.
- Ruiz, J., Acero, M. y Ortuño, N. (2015). Potenciales abonos para uso en la producción orgánica: Manejo de residuos orgánicos municipales con activadores. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 3 (1), 39-55.
- Sáez, A. y Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20 (3), 121-135.
- Salas, E. y Ramírez, C. (2001). Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. *Agronomía Costarricense*, 25 (2), 11- 23.
- Salazar, J. (2013). *Operaciones auxiliares de abonado y aplicación de tratamientos en cultivos agrícolas*. Madrid, España: IC Editorial.
- Sánchez, A., Artola, A., Barrera, R., Dios, M., García, J. y López, R. (2015). *De Residuo a Recurso. El camino hacia la sustentabilidad. I Residuos Orgánicos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Empresa.
- Sánchez, L. (2016). *Proyecto de investigación para el aprovechamiento de los atractivos turísticos culturales de la parroquia Tabacundo, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha* (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador.
- Sánchez, M. y Granero, J. (2011). *Gestión y Minimización de Residuos. 2da Edición*. Madrid, España: Fundación CONFEMETAL.
- Sato, M. y Dos Santos, J. (1997). Sinopsis de la Agenda 21. *Revista Global Hoy*, 3 (5), 10-11.

- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Biotecnología*, 16 (2), 14-46.
- Schuldt, M. (2006). *Lombricultura*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2008). *Diferencias entre lombrices composteras y nativas*. Cajeme, México: CP.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2014). *Guía de elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos*. Quito, Ecuador:
- Soriano, M., García, L. P., Roca, L. y Boluda, R. (2008). Relaciones entre actividad biológica, c-orgánico y n-total durante el compostaje y vermicompostaje. *Agroecología y Medio Natural*, 3 (1), 46-52.
- Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M. y Terraza, H. (2010). Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010. *Water and Sanitation Division*, 3 (4), 115-117.
- Toapanta, A. (2013). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del área rural de la parroquia de Tabacundo del cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha* (Tesis de maestría). Pontífica Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Torres, J., Pacheco, J. y Velásquez, J. (2018). *Propuesta para la implementación de un sistema de gestión de manejo de residuos sólidos para las instituciones educativas de Cascas* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Villegas, M. y Laines, R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (2), 393-406.

## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha de registro de datos en campo.



Nº	Fecha	Tratamiento	Repetición	Temperatura			Ph	Humedad	CE	Observaciones
				5 cm	10 cm	15 cm				
1		T1	R1							
2		T1	R2							
3		T1	R3							
4		T1	R4							
5		T2	R1							
6		T2	R2							
7		T2	R3							
8		T2	R4							
9		T3	R1							
10		T3	R2							
11		T3	R3							
12		T3	R4							
13		T4	R1							
14		T4	R2							
15		T4	R3							
16		T4	R4							

**Anexo 2.** Registro fotográfico.



**Foto 1.** Trazado y preparación de las unidades experimentales.



**Foto 2.** Trituración de los residuos orgánicos.



**Foto 3.** Pesaje de residuos orgánicos para la preparación de los tratamientos.



**Foto 4.** Elaboración del abono tipo Bocashi (T1).



**Foto 5.** Elaboración del abono tipo Lombricultura (T2).



**Foto 6.** Elaboración del abono tipo Compostaje (T3).



**Foto 7.** Visualización de las unidades experimentales.



**Foto 8.** Rotulación de las unidades experimentales



**Foto 9.** Monitoreo de los parámetros de control.



**Foto 10.** Reunión científica in-situ.



**Foto 11.** Socialización del tema de investigación a la ciudadanía del Cantón Pedro Moncayo.



**Foto 12.** Análisis de Laboratorio.



**Anexo 3.** Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba estadística de Tukey al 5% para el parámetro temperatura.

### Noviembre 2018

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	1694.9	3	564.97	16.09	0.0002
<b>Tratamiento</b>	1694.9	3	564.97	16.09	0.0002
<b>Error</b>	421.33	12	35.11		
<b>Total</b>	2116.22	15			
				C.V.	11.83

#### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
<b>T1</b>	61.13	4	2.96	A
<b>T4</b>	56.2	4	2.96	A
<b>T3</b>	49.15	4	2.96	A
<b>T2</b>	33.85	4	2.96	B

### Diciembre 2018

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	266.9	3	88.97	16.63	0.0001
<b>Tratamiento</b>	266.9	3	88.97	16.63	0.0001
<b>Error</b>	64.19	12	5.35		
<b>Total</b>	331.08	15			
				C.V.	7.02

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
T4	36,88	4	1,16	A
T1	35,08	4	1,16	A
T3	33,7	4	1,16	A
T2	26,15	4	1,16	B

### Enero 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	53.71	3	17.9	34.29	<0.0001
Tratamiento	53.71	3	17.9	34.29	<0.0001
Error	6.27	12	0.52		
Total	59.98	15			
			C.V.	3.05	

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
T4	26.08	4	0.36	A
T3	24	4	0.36	B
T1	23.65	4	0.36	B
T2	20.93	4	0.36	C

### Febrero 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	23.17	3	7.72	6.53	0.0072
Tratamiento	23.17	3	7.72	6.53	0.0072

<b>Error</b>	14.19	12	1.18
<b>Total</b>	37.36	15	

---

C.V. 4.86

---

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
<b>T1</b>	23.13	4	0.54	A
<b>T4</b>	23.08	4	0.54	A
<b>T3</b>	22.95	4	0.54	A
<b>T2</b>	20.28	4	0.54	B

### Marzo 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	9.17	3	3.06	6.97	0.0057
<b>Tratamiento</b>	9.17	3	3.06	6.97	0.0057
<b>Error</b>	5.26	12	0.44		
<b>Total</b>	14.42	15			

---

C.V. 3.01

---

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
<b>T1</b>	22.58	4	0.33	A
<b>T4</b>	22.5	4	0.33	A
<b>T3</b>	22.15	4	0.33	A
<b>T2</b>	20.7	4	0.33	B

**Anexo 4.** Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba estadística de Tukey al 5% para el parámetro pH.

**Noviembre 2018**

**ANOVA**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	0.62	3	0.21	1.47	0.2724
<b>Tratamiento</b>	0.62	3	0.21	1.47	0.2724
<b>Error</b>	1.7	12	0.14		
<b>Total</b>	2.32	15			
				<b>C.V.</b>	<b>5</b>

**Prueba estadística de Tukey**

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Rangos</b>
<b>T4</b>	7.83	4	0.19	A
<b>T2</b>	7.53	4	0.19	A
<b>T3</b>	7.4	4	0.19	A
<b>T1</b>	7.3	4	0.19	A

**Diciembre 2018**

**ANOVA**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	0.23	3	0.08	6.15	0.0089
<b>Tratamiento</b>	0.23	3	0.08	6.15	0.0089
<b>Error</b>	0.15	12	0.01		
<b>Total</b>	0.37	15			
				<b>C.V.</b>	<b>1.45</b>

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos	
T2	7.8	4	0.06	A	
T1	7.7	4	0.06	A	B
T4	7.7	4	0.06	A	B
T3	7.48	4	0.06	B	

### Enero 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	0.15	3	0.05	1.97	0.1716
Tratamiento	0.15	3	0.05	1.97	0.1716
Error	0.3	12	0.02		
Total	0.44	15			
			C.V.	1.86	

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos	
T1	8.6	4	0.08	A	
T2	8.55	4	0.08	A	
T4	8.4	4	0.08	A	
T3	8.38	4	0.08	A	

### Febrero 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	0.06	3	0.02	0.2	0.8925
Tratamiento	0.06	3	0.02	0.2	0.8925

<b>Error</b>	1.09	12	0.09
<b>Total</b>	1.14	15	
			C.V. 3.6

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
<b>T2</b>	8.45	4	0.15	A
<b>T4</b>	8.33	4	0.15	A
<b>T3</b>	8.33	4	0.15	A
<b>T1</b>	8.3	4	0.15	A

### Marzo 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	0.95	3	0.32	5.01	0.0177
<b>Tratamiento</b>	0.95	3	0.32	5.01	0.0177
<b>Error</b>	0.76	12	0.06		
<b>Total</b>	1.7	15			
			C.V.	3,06	

### Prueba estadística de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rangos
<b>T2</b>	8.55	4	0.13	A
<b>T4</b>	8.25	4	0.13	A B
<b>T1</b>	8.13	4	0.13	A B
<b>T3</b>	7.88	4	0.13	B

**Anexo 5.** Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba estadística de Tukey al 5% para el parámetro humedad.

### Diciembre 2018

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	55.51	3	18.5	0.79	0.5248
<b>Tratamientos</b>	55.51	3	18.5	0.79	0.5248
<b>Error</b>	282.67	12	23.56		
<b>Total</b>	338.18	15			
			C.V.	6.94	

#### Prueba estadística de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Rangos
<b>T4</b>	73.12	4	2.43	A
<b>T3</b>	68.97	4	2.43	A
<b>T2</b>	68.82	4	2.43	A
<b>T1</b>	68.67	4	2.43	A

### Enero 2019

#### ANOVA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	264.97	3	88.32	2.15	0.1468
<b>Tratamientos</b>	264.97	3	88.32	2.15	0.1468
<b>Error</b>	492.45	12	41.04		
<b>Total</b>	757.42	15			
			C.V.	9,38	

### Prueba estadística de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Rangos
T4	73.71	4	3.2	A
T3	69.51	4	3.2	A
T2	67.55	4	3.2	A
T1	62.39	4	3.2	A

Febrero 2019

### ANOVA


Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	3.05	3	1.02	0.04	0.9871
Tratamientos	3.05	3	1.02	0.04	0.9871
Error	277.23	12	23.1		
Total	280.28	15			
			C.V.	7.16	

### Prueba estadística de Tukey


Tratamientos	Medias	n	E.E.	Rangos
T4	67.45	4	2.4	A
T3	67.4	4	2.4	A
T1	67.15	4	2.4	A
T2	66.6	4	2.4	A



Anexo 6. Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Bocashi).



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340  
 Teléfono: 30077284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec  
 Mejía -Ecuador



**REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Jerson Cruz Dirección : Tocachi Ciudad : Teléfono : 0999838634 Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Relleno Sanitario GAD Municipal Provincia : Pichincha Cantón : Pedro Moncayo Parroquia : Tocachi Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> No. Muestra Lab. : 1225-1228 Fecha de Muestreo : 15/04/2019 Fecha de Ingreso : 16/04/2019 Fecha de Salida : 26/04/2019
---	---	--


No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	mS/cm		g/100 ml										mg/l			
		C.E	pH	C/N	N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	Humedad	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1225	T1R1	1.07	9.23	10.22	0.77	0.30	0.44	4.88	0.31	0.08	13.57	15.03	1.2	119.7	28.2	8010.0	193.0
1226	T1R2	1.48	9.13	11.19	0.76	0.31	0.60	4.84	0.36	0.14	14.67	12.69	1.1	99.0	31.1	8834.0	205.0
1227	T1R3	0.88	9.46	11.30	0.67	0.37	0.53	5.83	0.39	0.13	13.05	14.21	1.2	114.5	35.3	8841.0	243.0
1228	T1R4	1.08	9.45	11.49	0.70	0.29	0.51	5.88	0.34	0.10	13.87	18.02	1.3	100.9	27.2	8182.0	196.0

<b>Unidades</b> g/100 ml : gramos/100 mililitros = % : porcentaje. mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón. dS/m : decisiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centimetro.	<b>Método</b> pH : Potenciométrico (al 10%). C.E.: Conductimétrico. M.O.: Calcinación.
---	---


  
**RESPONSABLE DEL LABORATORIO**

  
**LABORATORISTA**

Anexo 7. Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Lombricultura).



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340  
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec  
 Mejía-Ecuador



**REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Jerson Cruz Dirección : Tocachi Ciudad : Teléfono : 0999838634 Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Relleno Sanitario GAD Municipal Provincia : Pichincha Cantón : Pedro Moncayo Parroquia : Tocachi Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> No. Muestra Lab. : 1229-1232 Fecha de Muestreo : 15/04/2019 Fecha de Ingreso : 16/04/2019 Fecha de Salida : 26/04/2019
---	---	--

No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	ms/cm	g/100 ml										mg/l				
			C/N	pH	N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	Humedad	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1229	T2R1	2.46	9.65	9.64	0.95	0.41	1.05	3.89	0.36	0.17	15.80	18.73	1.5	201.6	36.9	6991.0	202.0
1230	T2R2	2.49	14.79	9.83	0.62	0.31	0.95	3.47	0.35	0.18	15.81	20.73	1.4	177.0	218.3	7146.0	188.0
1231	T2R3	2.45	12.46	9.77	0.72	0.32	0.88	2.74	0.33	0.15	15.47	23.70	1.3	219.8	39.1	7110.0	171.0
1232	T2R4	2.03	9.79	9.65	0.93	0.37	0.86	3.13	0.34	0.15	15.70	16.91	1.4	131.6	35.3	7177.0	186.0

Unidades		Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje.		pH : Potenciométrico (al 10%).
mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón.		C.E: Conductimétrico.
dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.		M.O.: Calcinación.




**RESPONSABLE DEL LABORATORIO**




**LABORATORISTA**

**Anexo 8.** Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Compostaje).



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340  
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec  
 Mejía -Ecuador



**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 No. Muestra Lab. : 1233-1236  
 Fecha de Muestreo : 15/04/2019  
 Fecha de Ingreso : 16/04/2019  
 Fecha de Salida : 26/04/2019

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
 Nombre : Jerson Cruz  
 Dirección : Tocachi  
 Ciudad :  
 Teléfono : 0999838634  
 FAX :


**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre : Relleno Sanitario GAD Municipal  
 Provincia : Pichincha  
 Cantón : Pedro Moncayo  
 Parroquia : Tocachi  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 No. Muestra Lab. : 1233-1236  
 Fecha de Muestreo : 15/04/2019  
 Fecha de Ingreso : 16/04/2019  
 Fecha de Salida : 26/04/2019


No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	mS/cm		g/100 ml										mg/l			
		C.E	pH	N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	Humedad	B	Zn	Cu	Fe	Mn	
1233	T3R1	0.89	9.30	0.63	0.16	0.34	2.94	0.29	0.08	13.91	16.59	1.6	66.6	23.1	9588.0	179.0	
1234	T3R2	1.23	9.22	0.77	0.28	0.48	2.90	0.33	0.10	16.31	18.99	1.4	91.8	32.4	8702.0	192.0	
1235	T3R3	0.98	9.29	0.61	0.17	0.34	1.81	0.30	0.08	12.80	17.16	1.6	174.2	278.9	9148.0	188.0	
1236	T3R4	1.18	9.15	0.82	0.24	0.45	3.91	0.26	0.12	15.16	16.35	1.5	75.3	26.0	8020.0	181.0	

**Unidades**  
 g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje.  
 mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón.  
 dS/m .decisiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centimetro.

**Método**  
 pH : Potenciométrico (al 10%).  
 C.E: Conductimétrico.  
 M.O.: Calcinación.




**RESPONSABLE DEL LABORATORIO**




**LABORATORISTA**

**Anexo 9.** Reporte de análisis de laboratorio INIAP- Santa Catalina de abonos orgánicos (Testigo).



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340  
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec  
 Mejía - Ecuador



**REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Jerson Cruz  
 Dirección : Tocachi  
 Ciudad :  
 Teléfono : 0999838634  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : Relleno Sanitario GAD Municipal  
 Provincia : Pichincha  
 Cantón : Pedro Moncayo  
 Parroquia : Tocachi  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**

No. Muestra Lab. : 1236-1240  
 Fecha de Muestreo : 15/04/2019  
 Fecha de Ingreso : 16/04/2019  
 Fecha de Salida : 26/04/2019


No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	mS/cm		g/100 ml										mg/l			
		C.E	pH	C/N	N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	Humedad	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1237	T4R1	1.54	9.44	10.96	1.16	0.37	0.69	5.74	0.35	0.18	21.93	20.64	1.2	92.3	38.4	6115.0	151.0
1238	T4R2	1.25	9.50	13.82	0.93	0.27	0.52	2.89	0.33	0.11	22.16	16.44	1.3	97.8	27.2	7531.0	152.0
1239	T4R3	1.40	9.56	19.14	0.65	0.38	0.69	4.09	0.42	0.13	21.45	20.35	1.1	143.9	35.2	8250.0	190.0
1240	T4R4	1.47	9.57	24.00	0.51	0.36	0.69	4.16	0.38	0.16	21.10	20.45	1.4	127.4	38.3	8134.0	171.2

**Unidades**


g/100 ml : gramos/100 mili litros = % ; porcentaje.  
 mg/l : miligramos/litro = ppm ; partes por millón.  
 dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm ; milimhos/centimetro.

**Método**

pH : Potenciométrico (al 10%).  
 C.E: Conductimétrico.  
 M.O.: Calcínación.



**RESPONSABLE DEL LABORATORIO**



**LABORATORISTA**

**Anexo 10.** Guía práctica para el aprovechamiento de residuos orgánicos del Cantón Pedro Moncayo.

# GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE "PEDRO MONCAYO"

Autores: Gerson Cruz, Edwin Quilumba

Asesores: Msc. Gladys Yaguana, Msc. Santiago Salazar, Msc. Eleonora Layana





*Pablo Changoluisa*

Diseño & Fotografía



0987148091



Pablo Changoluisa



p\_changoluisa@hotmail.com



# PRESENTACIÓN

La presente guía ha sido elaborada, con base en los resultados de la investigación: “Evaluación de tres métodos biodegradables para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha”.

El propósito de este material, es orientar al personal técnico encargado de la gestión de residuos orgánicos, a prevenir, controlar y mitigar los impactos socio-ambientales provocados. Se propone el desarrollo de métodos de aprovechamiento como un componente lógico, coherente y ordenado para la producción de abonos orgánicos.

La integración de esta estrategia, le permitirá al gobierno local disminuir el volumen de almacenamiento de los residuos sólidos y obtener humus que pueda ser utilizado para mejorar la producción agropecuaria o florícola del cantón.

Se espera que el uso de esta guía, permita a los funcionarios municipales la adquisición de conocimientos y habilidades, mejorando la capacidad del manejo de estos residuos a nivel local.

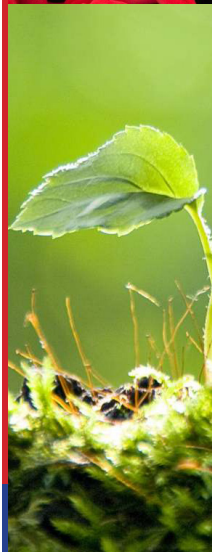
# INTRODUCCIÓN

El cantón Pedro Moncayo, se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha. Está constituido por cinco parroquias Tupigachi, La Esperanza, Tocachi, Malchingui y Tabacundo como su cabecera cantonal. Este territorio, posee una superficie de 33 831 km<sup>2</sup> y una población de 33 172 habitantes. Principalmente, es un sitito que se caracteriza, por su gran producción florícola y su apego a las costumbres andinas.

Según el artículo 55 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) y el artículo 74 del Código Orgánico Ambiental del Ecuador, el manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental, son competencias exclusivas de los gobiernos autónomos descentralizados municipales.

El gobierno de Pedro Moncayo, realiza el manejo y disposición final de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en las instalaciones del Relleno Sanitario ubicado en la comunidad de Moronga. Diariamente ingresan al centro de disposición final alrededor de cinco toneladas de residuos sólidos orgánicos. Por lo que es necesario, mejorar la gestión en el actual sistema a través del aprovechamiento. El objetivo es lograr un buen funcionamiento del Relleno Sanitario aplicando buenas prácticas ambientales.

La implementación de métodos biodegradables como lombricultura y compostaje, permiten la transformación química, física y biológica de estos residuos para la obtención de abonos orgánicos (Sánchez et al. 2015).







# ÍNDICE

● <b>Aprovechamiento de los residuos orgánicos</b>	<b>6</b>
Beneficios del aprovechamiento	7
Abonos orgánicos	10
Métodos de aprovechamiento	10
Diagrama de flujo del proceso	11
● <b>Compostaje</b>	<b>13</b>
Beneficios del compostaje	14
Procedimiento	14
¿Qué residuos compostar?	15
¿Qué residuos no compostar?	15
Proceso biológico del compostaje	16
Parámetros de control	17
Diseño de la pila o hileras	17
● <b>Lombricultura</b>	<b>19</b>
Función de la lombriz <i>Eisenia foetida</i>	20
Beneficios de la lombricultura	21
Proceso de lombricultura	21
Parámetros de control	22
Método para la cosecha del humus	23
Comparación de especies de lombrices	24
Bibliografía	25



# APROVECHAMIENTO

DE  
LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS



# Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

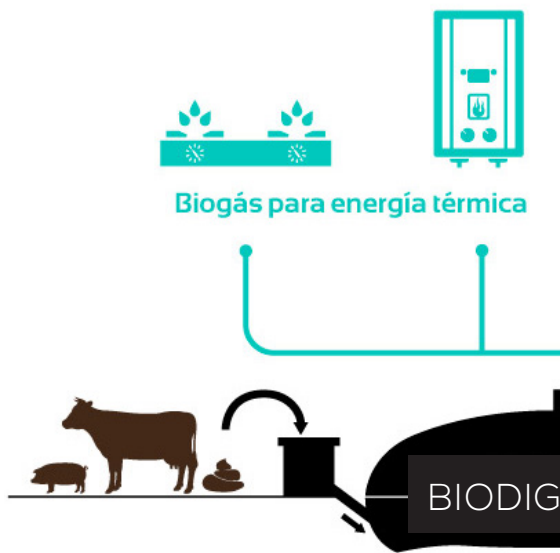
Según Jaramillo y Zapata (2008), el aprovechamiento constituye un conjunto de fases sucesivas de un proceso. Cuando la materia inicial es un residuo, el objetivo, es valorizarlo económicamente y obtener un producto o subproducto utilizable.

En la mayoría de países de América Latina y el Caribe, la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos supera el 50% del total generado (Castañeda y Rodríguez, 2017). La generación de residuos municipales varía considerablemente entre países.

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2018), cada habitante del territorio ecuatoriano genera un promedio de 0,75 kg de residuos por día. En cuanto al contenido por bolsa, se ha determinado que el 61,4% son residuos orgánicos, mientras que el 38,2% corresponde a residuos inorgánicos.

En el Acuerdo Ministerial No. 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), conforme al artículo 55 sobre la gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, se menciona las posibilidades de recuperación y aprovechamiento, así como de su comercialización. El aprovechamiento de residuos orgánicos es importante, ya que evita la proliferación de vectores (moscas, ratas, cucarachas), malos

**Figura 1.** Proceso de producción de biogás



Fuente. Sistema biobolsa, 2018

lores e importantes impactos visuales y paisajísticos.

Su aprovechamiento es necesario es así que, a través del correcto tratamiento de este material, se puede obtener Bioabonos y/o biogás (figura 1) reduciendo el consumo de recursos naturales y preservar los sitios de disposición final.



## Beneficios del aprovechamiento

- Fertilización ecológica mediante la transformación en humus.
- Recuperación de suelos degradados.
- Reducción del volumen de residuos que llegan al relleno sanitario.
- Control de olores desagradables, producto de la descomposición de los residuos orgánicos, que generalmente afectan a las personas que viven cerca.
- Disminución en la dependencia de agroquímicos.
- Generación de réditos económicos mediante la comercialización del producto.





**ABONOS**  
ORGÁNICOS

# ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos o biofertilizantes, están constituidas por residuos orgánicos como estiércoles de animales, residuos de cosechas, residuos de podas y residuos de cocinas.

Estos abonos, son elaborados por diversos tratamientos tales como: compostaje, lombricultura, bocashi, abonos verdes, entre otros. La principal función de los abonos orgánicos es aportar material nutritivo al suelo y bioestimular el desarrollo de las plantas, mediante la incorporación de microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos filamentosos, actinomicetos y hongos micorrizógenos arbusculares.

Este tipo de abonos influyen positivamente en la estructura del suelo, permitiendo una mejor retención de humedad, oxigenación e intercambio de nutrientes. Esta clase de abonos es sustentable en los sistemas agrícolas a largo plazo ya que fomenta el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas (Álvarez, 2009).

## MÉTODOS DE APROVECHAMIENTO

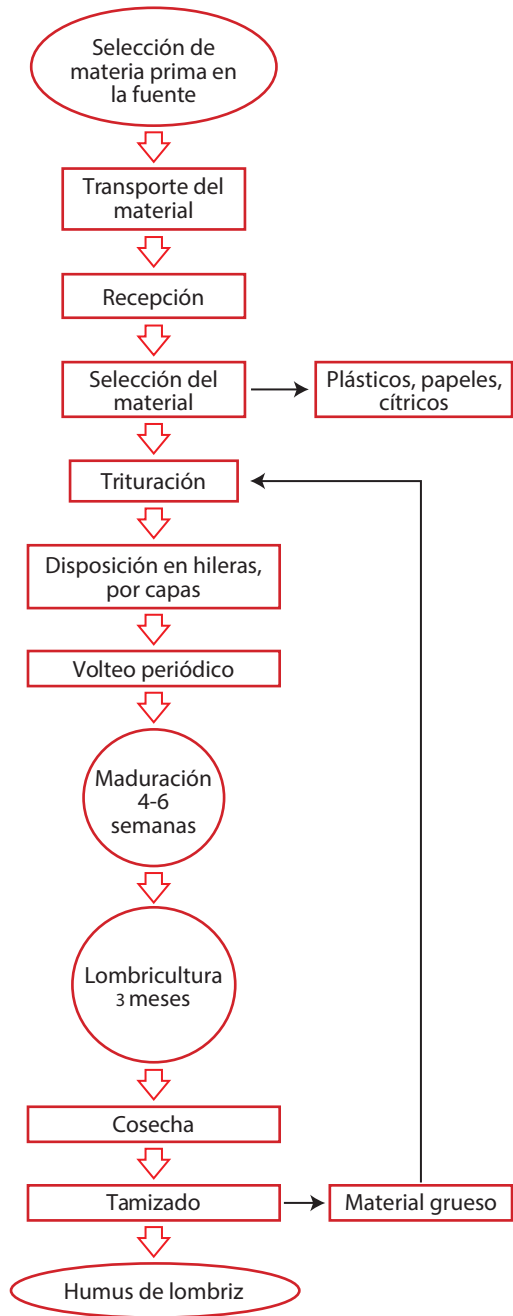
Se proponen dos métodos de aprovechamiento, el cual consiste en realizar la combinación de compostaje y lombricultura.

- El primer paso, se basa en compostar de manera previa todos los residuos orgánicos a utilizar como materia prima, es decir, superar la fase termófila (50–60°C), de manera que, una vez superada esta etapa, ya se pueda utilizar este material como alimento de lombrices en los bancos de cría.

De esta manera, se garantiza la actividad biológica de lombrices y microorganismos permitiendo llevar a cabo la transformación de residuos de forma eficiente y obtener un producto maduro y estable.



# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO





# COMPOSTAJE

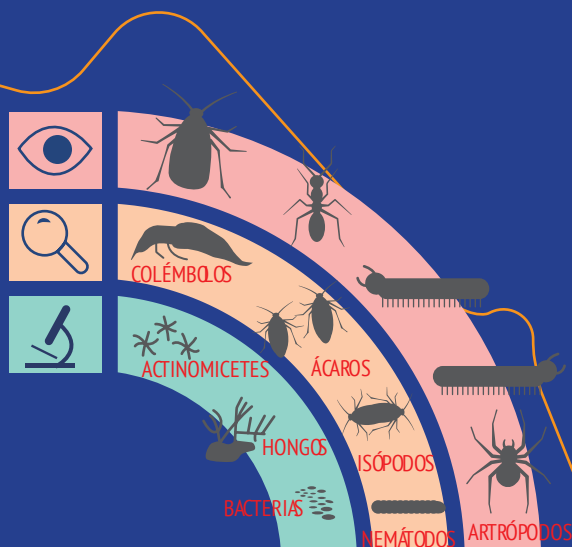
El compostaje es un proceso natural de oxidación biológica, llevado a cabo por microorganismos fundamentalmente de tipo aerobio (Figura 2), bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación.

Mediante la transformación de los residuos, se obtiene un producto orgánico, libre de patógenos y estabilizado, denominado compost, que al ser utilizada en la agricultura resulta beneficioso para el suelo y el crecimiento de las plantas.

Es una tecnología sencilla y económicamente rentable para aprovechar los residuos sólidos biodegradables.

Puede ser realizado a gran escala, como es el caso de municipios o empresas; y, a pequeña escala, en domicilios y comunidades.

**Figura 2.** Niveles de organismos compostadores



## BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE

-Aumenta el contenido de macronutrientes Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), micronutrientes y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo.

- Incrementa la cantidad y diversidad de los microorganismos beneficiosos para el suelo.

- Mejora la estructura del suelo y facilita la formación de conglomerados del suelo, permitiendo mantener una correcta aireación y humedad del mismo.

- Está libre de metales pesados y microorganismos patógenos.



## PROCEDIMIENTO

### 1. Selección del material

Variedad de residuos orgánicos como restos de cocina, estiércol de animales de corral, restos de plantas, cáscaras de frutos secos, entre otros.

### 2. Preparación del material

Triturar los materiales para obtener partículas de 2cm aproximadamente, de esta manera se acelerará la descomposición.

### 3. Colocación de los materiales

Distribuir los materiales en capas, iniciando con material vegetativo verde (20cm), seguido de material vegetativo seco (20cm), luego ubicar los residuos orgánicos (40cm) y finalmente una capa de estiércol (20cm), repetir las capas hasta la altura de 1m.

Posterior a ello se realiza un volteo diario durante 10 días en la etapa inicial y luego 3 veces a la semana hasta su maduración.





## ¿Qué residuos compostar?

- Restos de alimentos
- Restos de cosecha
- Carne
- Pescado y sus espinas
- Mariscos
- Frutas y vegetales (crudos y cocinados)
- Cartones y cáscaras de huevos
- Pan y galletas
- Bolsas y hojas de té
- Papel (cortado en partes pequeñas)
- Excrementos de animales domésticos pequeños, excepto gatos y perros



## ¿Qué residuos no compostar?

- Aserrín de madera tratada con químicos o aglomerados.
- Residuos plásticos, metales, vidrios, papel con tinta o impreso y otros residuos no bio degradables.
- Pañales desechables
- Revistas ilustradas
- Detergentes o productos químicos como pintura.
- Restos de aspiradora
- Aceites y grasas
- Plantas enfermas
- Huesos



# PROCESO BIOLÓGICO DEL COMPOSTAJE

## - Fase mesófila

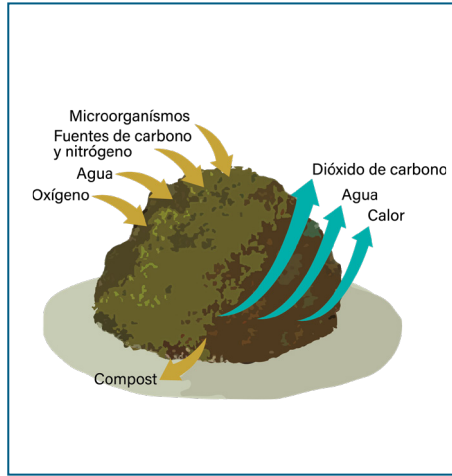
Es la primera etapa del compostaje en la cual, el montículo se encuentra a temperaturas de 15°C a 35°C. Durante esta etapa, los microorganismos, insectos, levaduras, hongos y demás comienzan a multiplicarse para posteriormente iniciar la descomposición de los elementos orgánicos en partículas más simples. Como consecuencia de esta actividad, la temperatura comienza a elevarse paulatinamente y se producen ácidos orgánicos.

## - Fase termófila

Es la segunda etapa del compostaje en la cual, debido a la constante actividad de los microorganismos, se comienza a aumentar la temperatura. Cuando los valores de temperatura alcanzan los 40°C los microorganismos transforman, el nitrógeno en amoníaco y el pH tiende a hacerse alcalino. La temperatura, sigue aumentando hasta llegar a los 60°C. Las cepas de hongos y bacterias descomponen hemicelulosa, proteínas y ceras. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso, garantiza la esterilización del compost, debido a que se eliminan patógenos, larvas y semillas.

## - Fase de enfriamiento

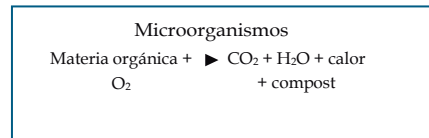
Es la tercera etapa del compostaje, en la cual la temperatura disminuye hasta llegar a la del ambiente. Al producirse este fenómeno, se reinicia la actividad de los organismos mesófilos y degradan el material restante. Por lo general, el pH se vuelve alcalino, perdurando en este estado durante varias semanas hasta llegar a la etapa de maduración.



## - Fase de maduración

Es la cuarta y última etapa del compostaje, la cual requiere 4 a 6 semanas a temperatura ambiente para

ser un producto estable. Las características del compost dependen mucho de la frecuencia de volteos que se haya realizado. En el caso de cultivos delicados como el de rosas, se recomienda utilizar el compost cuando finalice el proceso.



Fuente. Agencia de residuos de Cataluña.



## PARÁMETROS DE CONTROL EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Los microorganismos son los agentes responsables de la transformación de la materia orgánica.

Se debe tener en cuenta los factores que pueden limitar su crecimiento y desarrollo, lo cual afectaría en el proceso de descomposición.

Los parámetros que condicionan este proceso biológico son: Temperatura, pH, humedad, aireación y vectores no deseados.

### Diseño de la pilas o hileras de compostaje

Las pilas de compostaje, debe tener un ancho de 1,5 metros, una altura de 1m y un largo de 5m.

De esta manera, se permitirá obtener una buena relación superficie/volumen.



### Medición a nivel de campo

Parámetro	Instrumento/ Técnica
Temperatura	En la actualidad existen sensores especializados, lo esencial es tener un termómetro de sonda o de sustratos. 
pH	En el mercado existen, Multiparámetros encargados de esta medición. También se puede utilizar indicadores o cintas de pH, que cambian de color en función de la variación del nivel de pH. 
Humedad	Existen en el mercado diferentes sensores para controlar este parámetro, como los higrómetros, sensores de humedad en suelos y otros. Sin embargo, la prueba de puño es una prueba válida para verificar cualitativamente la humedad. 
Aireación	El oxígeno dentro de la mezcla o la pila solo puede ser medido mediante sensores especializados que dan el porcentaje de oxígeno dentro de las pilas. Al no contar con este instrumento, lo fundamental es realizar volteos continuos al montículo.







# LOMBRICULTURA

Es el desarrollo o cultivo de lombrices, en el cual la materia orgánica aplicada es transformada durante la digestión de los anélidos, dando como resultado un abono de gran calidad. Actualmente, es considerada una alternativa biotecnológica amigable con el ambiente. La especie más destacada para la producción de humus de lombriz, es la especie *Eisenia foétida* puesto que la fertilidad que proporciona este abono es de cinco a seis veces mayor de algunos estiércoles, mejorando la estructura y aireación del suelo.

## FUNCIÓN DE LA LOMBRIZ *EISENIA FOETIDA*

La función principal de las lombrices de la especie *Eisenia foétida*, (lombriz roja californiana) es ingerir grandes cantidades de materia orgánica descompuesta; de esta ingesta, hasta un 60 % se excreta en una sustancia llamada humus de lombriz que es utilizada en cultivos agroecológicos o cultivos de producción orgánica, este humus constituye un sustrato ideal para la proliferación de microorganismos útiles.

Las lombrices transforman los minerales no asimilables presentes en los residuos municipales y residuos animales, en nitratos y fosfatos directamente asimilables por las plantas. Una de las principales características de la lombriz es que

esta especie posee una alta capacidad de reproducción en cautiverio y no posee hábitos migratorios como otras especies.



### Contenido nutricional del humus

Parámetro	Símbolo	Lombricompost
Macronutrientes	N	0,8%
	P	0,4%
	K	0,9%
	Ca	3,3,%
	Mg	0,3%
	S	0,2%
Micronutrientes	B	1,4ppm
	Zn	182,5ppm
	Cu	82,4ppm
	Fe	7106,0ppm
	Mn	186,8ppm
Conductividad eléctrica	CE	2,36mS/cm
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	11,67
Materia Orgánica	MO	15,70%

## Beneficios de la Lombricultura

- Mejora las condiciones físicas del suelo ya que presentan ácidos húmicos y fúlvicos.
- Favorece la acción antiparasitaria y protege a las plantas de plagas.
- Retiene la humedad y mejora la penetración del agua en los cultivos.
- Contiene elevada carga microbiana, que corresponden a los principales grupos fisiológicos del suelo.
- Favorece a la actividad fito-hormonal favoreciendo el crecimiento de las raíces, sobre todo en la germinación de semillas.
- Es económico y rentable en relación con otro fertilizante.

## Proceso de Lombricultura

- **Materia prima:** Los restos orgánicos deben estar previamente compostado entre 45 y 60 días, ya que la calidad de humus y el desarrollo de las lombrices depende de las condiciones en que se produce el compost.
- **Preparación de camas:** Se coloca los residuos orgánicos compostados en los lechos, los cuales deben estar constituidos por capas de 10cm de materia orgánica. El siguiente paso, es añadir 1kg/m<sup>2</sup> de lombrices al lecho. Este procedimiento se lo debe realizar cada 20 días hasta llegar a los 50 cm de altura.





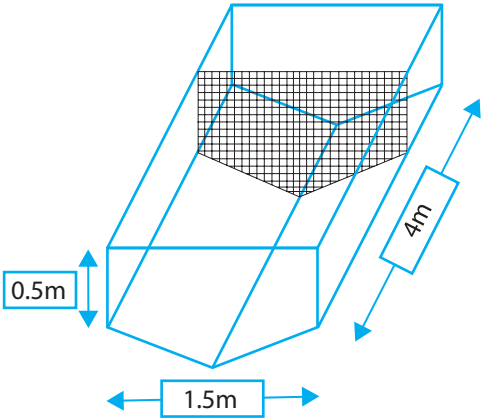
## Parámetros de control

Los parámetros óptimos de control son los siguientes

<i>Condiciones para Lombricultura</i>	
<i>Temperatura</i>	20-28 °C
<i>Humedad</i>	70-75 %
<i>pH</i>	7-8,5
<i>Aireación</i>	> 8% de oxígeno

**Las camas o lechos deben reunir las siguientes características:**

El diseño más efectivo para la producción de humus de lombriz debe estar elaborado de hormigón, madera u otro material resistente con una profundidad de 50 centímetros, un ancho de 1.50 metros y 4 metros de largo. Debe estar situado en un lugar ventilado y que contenga sombra. Los lechos deben tener una pendiente de 2 a 3%, con una tubería ubicada en el centro del lecho para la recolección de lixiviados que se generen.



## Método para la cosecha de humus

La cosecha de humus se lo realiza de la siguiente manera:

### - División de lechos:

Este método consiste en dividir el lecho a la mitad con una malla o tela metálica, para proceder a alimentar a las lombrices, una vez que el humus llegue a la altura máxima del lecho se procederá a colocar un nuevo compost o alimento en el otro extremo de la división, para que la lombriz emigre hacia el alimento proporcionado y así proceder a la cosecha del humus, este método es el más efectivo en cuanto a la cosecha de humus de lombriz.

### - Secado y tamizado

El secado del humus de lombriz se realiza luego de haber transcurrido los tres meses y estar expuesto en lo lechos. La humedad debe estar descendida al menos al 50% para evitar el empastamiento en la malla, posteriormente se realiza el tamizado con una malla de 4 a 6.4 mm.



## Comparación de especies de lombrices



Características	<i>Eisenia foetida</i>	<i>Eisenia andrei</i>	<i>Lumbricus terrestris</i>
Color	Roja parda	Roja fresa	Café obscuro
Tamaño (cm)	8 a 10	7 a 9	30 a 35
Peso adulto (g)	1.5 – 2.3	1.5 – 2.7	4 – 4.5
Reproducción	Alta	Alta	Baja
Cápsulas, copullos o cocones	1 cada 7 días	1 cada 5 días	Hasta 12 por año
Número de lombrices/cápsula	De 6 a 8	De 6 a 11	De 1 a 2
Ciclo de vida	De 90 a 100 días	De 80 a 90 días	180 días
Adaptabilidad (msnm)	De 0 a 3000	De 0 a 3000	Zonas tropicales
Voracidad	Alta	Alta	Baja

**Fuente.** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), (2008). Diferencias entre lombrices composteras y nativas.



# BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, B. (2009). Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Cuba: Editorial Universitaria.
- Boulter, J., Boland, G. y Trevors, J. (2000). Compost: a study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(2), 115-134.
- Cabildo, M., Escolastico, L. y Santos, E. (2018). Reciclado y tratamiento de residuos. Madrid: UNED.
- Castañeda, S. y Rodríguez, M. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. *Universidad y Salud*, 19 (1), 116-125.
- Castillo, A., Iglesias, M. y Quarín, S. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura técnica*, 60 (1), 74-79.
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte. Montreal, Canadá: CEC.
- Del Pozo, G., Manresa, L. y González, R. (2009). Gestión de residuos sólidos: un tema de vital importancia para la gestión ambiental empresarial. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Fernández, A. (2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, 17 (3), 35-39.
- Flavel, T. y Murphy, D. (2006). Carbon and nitrogen mineralization rates after application of organic amendments to soil. *Journal of environmental quality*, 35 (1), 183-193.
- Fondo para la Protección del Agua. (2010). Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan alimentación sana. *Agua a Fondo*, 3 (2), 10-12.
- Himanen, M. (2011). Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges - effect of feedstock on the process and quality of compost. *Bioresearch*, 102 (3), 2842-2852.
- Jaramillo, H. y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (Tesis de posgrado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- López, G., Pereira, M. y Rodríguez, J. (1980). Eliminación de los residuos sólidos urbanos. Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados.
- Quispe, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6 (1), 83-95.
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bokashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35 (4), 52-59.
- Sánchez, A., Artola, A., Barrera, R., Dios, M., García, J. y López, R. (2015). De Residuo a Recurso. El camino hacia la sustentabilidad. I Residuos Orgánicos. Madrid, España: Ediciones Mundi-Empresa.
- Sánchez, M. y Granero, J. (2011). Gestión y Minimización de Residuos. 2da Edición. Madrid, España: Fundación CONFEMETAL.

