



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**T E S I S**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DIFERENTES FUENTES DE  
ESTIÉRCOLES Y SU EFECTO COMBINADO EN LA  
ELABORACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ**

**(*Eisenia foetida*)**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER SIXTO AYMA ROQUE**

**ASESOR**

**ING. URBANO FERMÍN VÁSQUEZ ESPINO**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2020**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Página de jurado .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Contenido .....	iv
CONTENIDO DE TABLAS .....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS .....	ix
CONTENIDO DE APÉNDICES .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xvi

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema .....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Objetivo de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	4

1.4.1. Económica.....	4
1.4.2. Social.....	5
1.4.3. Ambiental.....	5
1.5. Alcances y limitaciones.....	5
1.5.1. Alcances.....	5
1.5.2. Limitaciones.....	5
1.6. Variables.....	6
1.6.1. Variables independientes.....	6
1.6.2. Variables dependientes.....	6
1.6.3. Variables intervinientes.....	6
1.6.4. Operacionalización de las variables.....	7
1.6.5. Definición conceptual de las variables.....	7
1.7. Hipótesis de la investigación.....	10
1.7.1. Hipótesis general.....	10
1.7.2. Hipótesis específicas.....	10

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. Lombricultura.....	14
2.2.2. Lombriz roja californiana.....	14
2.2.3. Alimentación de las lombrices o base alimenticia.....	17

2.2.4. Humus de lombriz .....	10
2.3. Definición de términos .....	20

### **CAPÍTULO III**

#### **MÉTODO**

3.1. Tipo de investigación .....	24
3.2. Diseño de la investigación.....	24
3.3. Población y muestra .....	24
3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos.....	26
3.4.1. Técnicas de recolección de datos .....	26
3.4.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	27

### **CAPÍTULO IV**

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Presentación de resultados.....	32
4.2. Contratación de hipótesis.....	42
4.3. Discusión de resultados .....	44

### **CAPÍTULO V**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	48
5.2. Recomendaciones .....	48

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÉNDICES.....	55
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	62
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	63

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Operacionalización de variables .....	7
Tabla 2. Condiciones ideales para el compostaje.....	17
Tabla 3. Valores medios analíticos del humus de lombriz.....	22
Tabla 4. Tratamientos en estudio .....	25
Tabla 5. Aleatorización de tratamientos.....	25
Tabla 6. Análisis de varianza .....	30
Tabla 7. Análisis de varianza de pH de humus de lombriz .....	32
Tabla 8. Prueba de significación de Tukey de pH de humus de lombriz .....	33
Tabla 9. Análisis de varianza de conductividad eléctrica (mS/cm) .....	34
Tabla 10. Análisis de varianza de CIC (meq/100 g) de humus de lombriz.....	34
Tabla 11. Prueba de significación de Tukey CIC (meq/100 g) de humus .....	35
Tabla 12. Análisis de varianza para nitrógeno total (%) a los 120 día .....	36
Tabla 13. Análisis de varianza del contenido de fósforo (mg/kg) de humus .....	36
Tabla 14. Prueba de significación de Tukey para fósforo (mg/kg) de humus.....	37
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable potasio total (mg/kg) .....	38
Tabla 16. Análisis de varianza para la variable magnesio total (mg/Kg).....	39
Tabla 17. Prueba de significación de Tukey para la variable magnesio total .....	39
Tabla 18. Análisis de varianza calcio total (mg/kg) a los 120 días .....	40
Tabla 19. Análisis de varianza para variable producción de humus de lombriz....	41
Tabla 20. Prueba de significación de Tukey producción de humus de lombriz.....	41

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Plano geo referenciado del distrito Cerro Colorado (Coordenadas UTM) .....	26
Figura 2. Media de pH (unidad) de humus de lombriz .....	33
Figura 3. Capacidad de intercambio de cationes (mg/kg) de humus de lombriz...	35
Figura 4. Media de fósforo total (mg/kg) de humus de lombriz a los 120 días....	38
Figura 5. Media de magnesio toral (mg/kg) a los 120 días .....	40
Figura 6. Media producción de humus de lombriz (Kg) a los 120 días .....	42

## CONTENIDO DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Tablas	
Tabla A1 Resultado de análisis de laboratorio.....	55
Tabla A2 Características físico-químicas del humus (datos laboratorio).....	56
Tabla A3 Rendimiento de humus por Unidad experimental (kg/UE).....	57
Apéndice B. Fotografías	
Fotografía B1 Instalación de trabo de investigación .....	58
Fotografía B2 Visita Mg. Rodolfo Huacán, inicio de trabajo .....	58
Fotografía B3 Evaluación de humus en cada de los tratamientos .....	59
Fotografía B4 Manejo adecuado de los tratamientos y proceso de transformación por lombrices .....	59
Fotografía B5 Retiro de las lombrices por tratamiento de las jabas.....	60
Fotografía B6 Embolsado para el análisis de humus de lombriz .....	60
Fotografía B7 Producto final humus .....	61



## RESUMEN

El presente trabajo evalúa el comportamiento de tres tipos de estiércol para el compost y su combinación en las características físico- químicas del humus de lombriz resultante con los siguientes tratamientos; T1: Estiércol vacuno (50 % testigo), T2: E. de ave, T3: E. de cuy; T4: E. vacuno (25 %) + E. de ave (25 %); T5: E. vacuno (25 %) + E. de cuy (25 %) T6: E. de cuy (25 %) + E. de ave (25 %) y T7: E. vacuno (16,6 %) + E. de ave (16,7 %) + E. de cuy (16,7 %). El estudio se estableció utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Los resultados obtenidos permite concluir que: el pH del humus más alto lo alcanzó el T3 con 8,04 pero la mayoría logra valores dentro del rango ideal (6,5 a 7,5); la CE varía entre 2,6 y 3,3 dS/m; en la CIC encontramos valores de 59,61 a 101,22 meq/100 g de humus y pareciera que la combinación de los estiércoles (Cuy y ave) en su combinación con el de gallina mejoran la CIC; El contenido de nitrógeno oscila entre 1,19 y 1,49 %; el contenido de fósforo con niveles de 2 160 a 3 800 mg.kg<sup>-1</sup>, destacando la combinación de estiércol de vacuno más el de ave; el contenido de potasio oscila entre 40 500 a 66 667 mg.kg<sup>-1</sup>; el magnesio presenta niveles de 9 830 y 14 840 mg.kg<sup>-1</sup> destacando la combinación de estiércoles de Cuy y ave; el contenido de calcio varía de 14 044 a 32 612 mg.kg<sup>-1</sup>; respecto a rendimiento de humus destaca el T7 (Estiércol vacuno + cuy + ave) Con 6,25 kg.UE<sup>-1</sup>) conversión de 62,5 % siendo el de menor rendimiento el T1 (Estiércol de vacuno) con 5,93 kg.UE<sup>-1</sup> con una conversión de 59,3 %.

*Palabras clave: Eisenia foetida, compost, humus de lombriz.*

## ABSTRACT

The present work evaluates the behavior of three types of manure for compost and their combination in the physicochemical characteristics of the resulting worm humus with the following treatments; T1: Bovine manure (50% control), T2: E. de ave, T3: E. de guinea pig; T4: E. cattle (25%) + E. poultry (25%); T5: E. bovine (25%) + E. guinea pig (25%) T6: E. guinea pig (25%) + E. bird (25%) and T7: E. bovine (16.6%) + E. of bird (16.7%) + E. of guinea pig (16.7%). The study was established using a completely randomized design (DCA) with three replications. The results obtained allow us to conclude that: the highest humus pH was reached by T3 with 8.04, but the majority achieved values within the ideal range (6.5 to 7.5); the EC varies between 2.6 and 3.3 dS / m; In the CIC we find values of 59.61 to 101.22 meq / 100 g of humus and it seems that the combination of manures (Guinea pig and fowl) in their combination with that of hen improves the CEC; The nitrogen content ranges between 1.19 and 1.49%; the phosphorus content with levels of 2 160 to 3 800 mg.kg-1, highlighting the combination of beef manure plus poultry manure; the potassium content ranges from 40 500 to 66 667 mg.kg-1; magnesium presents levels of 9 830 and 14 840 mg.kg-1 highlighting the combination of guinea pig and bird manure; the calcium content varies from 14 044 to 32 612 mg.kg- 1; Regarding humus yield, the T7 stands out (Bovine manure + guinea pig + bird) With 6.25 kg.UE-1) conversion of 62.5%, the lowest yield being T1 (Cattle manure) with 5.93 kg.UE-1 with a conversion of 59.3%.

Keywords: *Eisenia foetida*, compost, worm castings.

## INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento poblacional de aproximadamente del 30% según FAO en los últimos años. generará mayor demanda por alimentos que obliga los medios de producción, agrícola en nuestro escenario, a buscar procedimientos y tecnología moderna que incremente la productividad de los cultivos; este incremento, sin embargo no necesariamente ha ido acompañado con tecnología ambientalmente favorable, ya que las nuevas tecnologías (monocultivo, pesticidas, fertilizantes sintéticos, etc.) ha provocado afecciones medioambientales negativas como: contaminación de las aguas subterráneas, empobrecimiento de los suelos y otros.

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de los fundos de producción, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, minimizando el uso de los recursos no renovables para proteger el medio ambiente, donde el manejo del suelo se constituye en un factor importante para lograr este objetivo, por ello el humus de lombriz es un elemento del suelo de suma importancia por sus cualidades, basada en que las lombrices y particularmente la especie *Eisenia foetida*, tienen el hábito de alimentarse de restos orgánicos semi descompuestos (compost) excretando hasta un 60 % de humus, mejorando la fertilidad de los suelos y su mejor asimilación por las raíces de las plantas (Geler, 2019), reduciendo el uso de fertilizantes sintéticos.

El alimento base de las lombrices es netamente, materia orgánica en estado de descomposición y no de materiales frescos, que se encuentre humedecida con

más del 30 % de humedad, que le permitirá o ingerir (Soto, 2003). El origen de esa materia orgánica puede ser de origen vegetal, de origen animal o combinado que luego de pre descomponerse se denomina compost.

Dependiendo de la fuente de materia orgánica, el compost puede variar en su composición y resultado final, así Duran y Henríquez (2009) afirman que las características del sustrato o material de crecimiento, afectan directamente el estado y multiplicación de la lombriz roja californiana; y ende en sus características físico químicas.

La finalidad del presente trabajo es la identificar la influencia de diferentes fuentes de alimento en las características físico químicas del humus resultante en condiciones del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

La materia orgánica en los terrenos de cultivo marca valores muy bajos, que por lo general no superan del 2%. Por ello se constituye en un serio problema en la agricultura moderna. Su función en el suelo es de mejorar la estructura del suelo, balance de pH, mejora de la capacidad de intercambio catiónico, aporte de nutrientes, entre otras.

La agricultura moderna en su afán de incrementar la producción ha recurrido a productos sintéticos que, si bien logra grandes incrementos productivos, ha generado problemas de empobrecimiento de suelos y otros. Así Pino (2010, p. 9) manifiesta que “La intensificación y especialización de la producción agrícola, junto a las exigencias de competitividad planteadas por la globalización de la economía, han originado grandes riesgos ecológicos, económicos y sociales, los cuales, han mostrado que el desarrollo basado en la agricultura convencional no siempre es sostenible.

Uno de los indicadores más relevantes sobre la fertilidad es el contenido de materia orgánica ya que: Incrementa la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de nutrientes, reduce las pérdidas de nutrientes, activa los procesos de formación de suelo, incrementa la estabilidad del suelo, mejora la estructura del suelo, reduciendo la erosión, mejora la infiltración y retención de agua, intensifica la aireación del suelo e incrementa la actividad biológica del suelo.

El humus de lombriz es una fuente importante de materia orgánica que facilita la fertilidad del suelo de forma rápida, ya que al ser un producto proveniente de la digestión de las lombrices está en un avanzado estado de descomposición y es fácilmente humificable y aprovechable por los cultivos. Sin embargo su utilización se restringe por la poca disponibilidad, producto del desconocimiento del proceso productivo y otros aspectos técnicos que favorezcan su producción.

Para el lombricompostaje, la materia orgánica debe estar precompostada o parcialmente degradada, este proceso de predegradación es variable según el origen de la materia orgánica (García y Félix, 2014, p. 31) siendo necesario identificar las características físico químicas del producto según fuente para su utilización racional.

## **1.2. Definición del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Qué influencia tienen diferentes fuentes de estiércol y efecto combinado en las características del humus de lombriz en condiciones de Cerro Colorado en Arequipa?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

¿Cómo influyen diferentes tipos de estiércol y su efecto combinado, en las características físicas químicas del humus de lombriz en condiciones del distrito Cerro Colorado, Arequipa?

¿Cuál es el rendimiento de la producción de humus de lombriz, utilizando tres tipos de estiércol y su efecto combinado en condiciones del distrito Cerro Colorado, Arequipa?

### **1.3. Objetivo de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Identificar la influencia de diferentes tipos de estiércol y su efecto combinado en las características del humus de lombriz en condiciones del distrito Cerro Colorado, Arequipa.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

Identificar la influencia de diferentes tipos de estiércol y su efecto combinado en las características físico químicas del humus de lombriz en condiciones del distrito Cerro Colorado, Arequipa.

Determinar el rendimiento de la producción de humus de lombriz, utilizando diferentes fuentes de estiércol y su efecto combinado en los en condiciones del distrito Cerro Colorado, Arequipa.

## **1.4. Justificación**

La necesidad de contar con fuentes de materia orgánica que satisfagan, cada vez más exigente, demanda de la agricultura que busca satisfacer los crecientes mercados nos lleva a desarrollar tecnologías diversas para su producción de forma económica y sostenida.

Dentro de los productos orgánicos que satisfacen la demanda con muchas ventajas está el humus de lombriz, que en ciertos procesos productivos resulta de indispensable utilización. Esta demanda insatisfecha, mayormente ocurre por desconocimiento de las ventajas, de técnica de la producción y otros.

Una de esas limitantes de la utilización del humus de lombriz es el desconocimiento de las características físico químicas resultantes según la fuente de compostaje utilizado como alimentación de las lombrices; desconociendo que efecto tienen los tipos de estiércol utilizado en el proceso productivo en las propiedades físico químicas del producto tales como: pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de nutrientes; que resulta muy necesarias a la hora de formular las aplicaciones.

### **1.4.1. Económico.**

La identificación de los indicadores de producción (rendimiento) del proceso productivo de humus de lombriz permitirá incrementar la producción, porque se mejorará las propiedades físicas químicas del suelo, por consiguiente la planta logrará un mejor desarrollo, al tener mejor asimilación radicular.



### **1.4.2. Social.**

Mejorar la tecnología de la producción de abonos orgánicos y en particular el humus de lombriz, favorecen las relaciones sociales ya que fortalece la práctica de una agricultura sana que reduciendo la contaminación, integra la sociedad al ofertar alimentos libres o bajos en residuos dañinos para la salud.

### **1.4.3. Ambiental.**

La lombricultura, siendo una técnica orgánica de producción de biofertilizante aporta al medio ambiente, ya que directamente reduce la necesidad de fertilizantes químicos y su efecto contaminante; además de favorecer el equilibrio biológico del suelo.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcances.**

Los resultados obtenidos al desarrollar el trabajo estimulará la creación de pequeñas empresas productoras de humus de lombriz, que favorecerá a productores agrícolas, ornamentales y la jardinería de la ciudad del distrito Cerro Colorado en la región Arequipa.

### **1.5.2. Limitaciones.**

La promoción de fertilizantes químicos de respuesta mediática, sumado a la práctica defectuosa de la lombricultura y la mala utilización del humus de lombriz en los procesos productivos, pueden afectar la tendencia hacia la utilización y demanda del producto.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variables independientes.**

Estiércol de vacuno,

Estiércol de ave

Estiércol de cuy.

### **1.6.2. Variables dependientes.**

#### **Características físico químicas:**

Reacción de suelo (pH)

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Conductividad eléctrica

Contenido de nitrógeno

Contenido de fósforo

Contenido de potasio

Contenido de calcio

Contenido de magnesio

#### **Aspecto productivo:**

Rendimiento

### **1.6.3. Variables intervinientes.**

Humedad del sustrato.

Temperatura del sustrato.

#### 1.6.4. Operacionalización de las variables.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad medida</b>	<b>Instrumento Medición</b>
<b>Independiente</b>				
Estiércol vacuno		Kg/UE	Kg	Peso
Estiércol de ave		Kg/UE	Kg	Peso
Estiércol de cuy		Kg/UE	kg	Peso
<b>Dependientes:</b>				
Reacción de suelo (pH)	Propiedad química	pH	Unidad	Medición
Capac. intercambio catiónico	Propiedad química	Concentración	meq/100g	Medición
Conductividad eléctrica	Propiedad química	Concentración	dS/m	Medición
Contenido de nitrógeno	Propiedad química	Concentración	%	Análisis
Contenido de fósforo	Propiedad química	Concentración	mg/kg	Análisis
Contenido de potasio	Propiedad química	Concentración	mg/kg	Análisis
Contenido de calcio	Propiedad química	Concentración	mg/kg	Análisis
Contenido de magnesio	Propiedad química	Concentración	mg/kg	Análisis
Rendimiento	Producción	Peso/UE	kg/UE	Análisis

#### 1.6.5. Definición conceptual de las variables.

##### - Variables independientes:

**Estiércol animal:** El estiércol de ganado es el producto más utilizado por su relativamente mayor abundancia, en cualquier caso, debe ser compostado previamente a su uso para evitar la presencia de gérmenes patógenos y hacer inviables a las semillas de hierbas que contiene (Alonso y arcos, 2008, p. 9) además de estiércol de granja y gallinaza (Álvarez y Rimski-Korsakov, 2015, p. 134). Que conjuntamente con el estiércol de cuy, se compostará para alimentar las lombrices.

**- Variables dependientes:**

**Características físico químicas:**

**Reacción de suelo** (pH): La reacción del suelo hace referencia a su grado de acidez o basicidad, y generalmente se expresa por medio del pH. La reacción del suelo es un concepto que se usa frecuentemente en lugar de pH, indicando que el suelo es un sistema que depende de varios subsistemas que interaccionan entre sí, y no depende sólo del valor de la acidez (Jordán, 2006). El pH que soportan las lombrices es de 5,5 a 7,5 (Restrepo, Gómez y Escobar, 2014, p. 23).

**Capacidad de intercambio catiónico** (CIC): La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) puede definirse como la capacidad total de los coloides del suelo (arcilla y materia orgánica) para intercambiar cationes con la solución del suelo y la materia orgánica posee una elevada capacidad de intercambio catiónico (aproximadamente de 200 cmol (+)/Kg de materia orgánica), debido al carácter coloidal de las moléculas húmicas, lo que incrementa su papel como reserva de nutrientes del suelo (Jordán, 2006, p. 129).

**Conductividad eléctrica:** La medida de la composición del suelo en sales solubles es complicada, de modo que se suele realizar una prueba previa de salinidad. Esta es una medida cualitativa, que consiste en medir la conductividad eléctrica (CE); esta CE se mide mediante un conductímetro, cuyo fundamento es un puente de Wheatstone y es proporcional a la concentración de sales (Jordán, 2006, p. 142).

**Contenido de nitrógeno:** Álvarez y Rimski-Korsakov (2015, p. 137) reportan niveles de nitrógeno en el humus de lombriz de entre 0,46 a 1,6 % dependiente del

origen del material de alimentación (Compost) sin embargo Delgado (s.f, p. 4) reporta niveles de 1,42 a 3,07 %.

**Contenido de fósforo:** Los contenidos de fósforo de 0,24 a 0,97 %, según fuente de alimentación son reportado (Álvarez y Rimski-Korsakov, 2015, p. 137) y Delgado (s.F., p. 4) afirma que puede oscilar entre 1,23 a 1,75 % de P total (0,09 a 0,79 % de P disponible).

**Contenido de potasio:** El contenido de potasio reportado por Delgado (s.f., p. 4) es de 1,12 a 1,45 % (0,05 a 0,83 del disponible).

**Contenido de calcio:** El calcio es un elemento indispensable en la nutrición vegetal y su concentración en el humus de lombriz fue reportado por Delgado (s.f., p. 4) entre 2,61 y 10,20 %.

**Contenido de magnesio:** El magnesio es un elemento nutritivo presente en el humus de lombriz y puede tener una concentración promedio de 0,48 % (Ruesta, 2013, p. 41).

#### **Aspectos económicos:**

**Rendimiento:** Expresado en kilogramos por unidad experimental, como Díaz (2002, p. 14) manifiesta que el rendimiento promedio de humus (propriadamente vermicompost) es del 60 % de su consumo, utilizando el 40 % para su proceso metabólico; y que cada lombriz puede comer una cantidad similar a su peso diaria.

**- Variables intervinientes:**

***Humedad del sustrato:*** Es el contenido de humedad que debe mantener el sustrato, para favorecer la vida de las lombrices y debe estar entre 70 a 80 %, que según Durán y Henríquez (2007, p. 23). Se evalúa en la práctica comprimiendo un puñado compost en la mano y observar que no suelte agua: podemos afirmar que las condiciones apropiadas de humedad del sustrato.

***Temperatura del sustrato:*** La temperatura adecuada, del sustrato, para la lombricultura es de 20 °C a 25 °C, sin bajar de 12 ni subir de 25°C (Díaz, 2002, p. 14) para ello se evaluará la temperatura de forma permanente.

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.1. Hipótesis general.**

El tipo de estiércol y su efecto combinado influyen en las características del humus de lombriz, en condiciones del distrito Cerro Colorado en Arequipa

### **1.7.2. Hipótesis específicas.**

El tipo de estiércol y su efecto combinado influye en las características físico-químicas del humus de lombriz en condiciones del distrito Cerro Colorado en Arequipa.

El tipo de estiércol y su efecto combinado influyen en el rendimiento de la producción de humus de lombriz, en las condiciones de Cerro colorado en Arequipa.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Durán y Henríquez (2007) en su trabajo denominado “Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos” realizado en las instalaciones del módulo lechero de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, ubicadas en Turrialba a 700 msnm., utilizando volúmenes de 0,03 m<sup>3</sup>: T1: desechos domésticos, T2: estiércol de vacuno, T3: Residuo de banano, T4: Follaje de ornamentales y broza de café. Para ello colocaron el compost en cajas individuales e inocularon con 600 lombrices del tipo “roja californiana” (*Eisenia foetida*). Los resultados les permitieron concluir que: tanto el tratamiento con residuo de banano como el doméstico presentaron los mayores contenidos de K (7 y 3 %, respectivamente); el compost doméstico tuvo mayor contenido de nitrógeno con 3,1 %; presentaron ambos los valores mas elevados de pH y contenido de sales; la mayor concentración de fósforo se encontró en el tratamiento T2 (estiércol vacuno) con un 2 %; el tratamiento T1 (desechos domésticos) mostró el mayor porcentaje de espacio aéreo y el menor porcentaje de retención de agua; todos los materiales tuvieron densidades diferentes entre sí, la

mayor abundancia de microorganismos se encontró en los vermicompostes provenientes de residuos de banano (T3) y doméstico (T1), con las poblaciones mayores de actinomicetes y hongos. En conclusión, las características finales de los vermicompostes pueden ser muy diferentes y están determinadas en buena parte por la naturaleza de las fuentes orgánicas utilizadas para su elaboración.

Salinas, Sepúlveda y Sepúlveda (2014) en su trabajo de investigación denominado “Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica”. Teniendo como objetivo la evaluación de la calidad química del humus producido por la lombriz roja californiana elaborado a partir de cuatro compost preparados con diferentes desechos orgánicos con los siguientes tratamientos T<sub>0</sub> (suelo 100 %); T1 (compost tomate: pimentón, proporción 1:1 p/p); T2 (restos frescos de tomate-pimentón: suelo, proporción 1:1 p/p); T3 (compost plantas ornamentales Ficus: Hibiscus: Cynodon, proporción 1:1:3 p/p)., y T4 compost olivo: tomate (Proporción 1:1 p/p). Los resultados se analizaron estadísticamente y se compararon las medias con la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p > 0,05$ ) El humus obtenido en T4 (mezcla de herbáceas y leñosas) presentó los mejores indicadores químicos, como reducción del 51,32 % de la CE, reducción del 50 % de la acidez, relación C/N de 16, entre otros.

López, Raudel, Armenta, y Félix (2013) realizaron el trabajo de investigación titulado “Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)” El trabajo se realizó en “El Fuerte” en Sinaloa, donde evaluaron tres fuentes de compost; T1: Rastrojo de frijol + estiércol de



bovino; T2: Aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche; y T3: Aserrín + estiércol de bovino. Luego de la evaluación estadística, utilizando el diseño de Bloques completos al azar (DBCA) concluyen que el tratamiento T2 (Aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche) obtuvo mejores características para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana, así como la mejor calidad del humus en función del contenido de nutrimentos.

Valenzuela (2011) en su trabajo de investigación, “Elaboración de humus de lombriz utilizando cuatro fuentes de materia orgánica” realizado en Imbabura Ecuador con el objetivo de identificar las diferencias de los cuatro sustratos como fuente de compost para alimentar las lombrices o compost propuestos; los tratamientos ensayados fueron los siguientes: T1 estiércol de bovino, T2 estiércol de cuy, T3 estiércol de gallina y T4 sin estiércol; en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Luego de la evaluación encontró que el tratamiento T1 (Estiércol de bovino) tuvo un mejor comportamiento con mayor rendimiento que fue de 1 52,56 kg/UE; no observando variación en cuanto a pH.

Macz (2013) realizó su trabajo de tesis denominado “Comparación de lombrihumus elaborado con estiércol bovino, equino y caprino”. Tuvo como objetivos lo siguiente: Generar información sobre el rendimiento de lombriz, lombrihumus, contenido de N, P y K al utilizar diferentes tipos de estiércol animal y comparar la producción de humus en base a estiércol bovino, equino y caprino. Utilizó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos le permitieron concluir lo siguiente: El estiércol de caprino como base de

compost, para la alimentación de las lombrices presentó mayor contenido de Nitrógeno, fósforo y potasio respecto al estiércol de bovino y equino que también presentaron una buena opción como sustrato para la producción de humus de lombriz.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Lombricultura.**

La lombricultura consiste en la crianza técnica de las lombrices de tierra, cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz o denominado también estiércol de las lombrices y la producción de lombrices que constituye una importante fuente de proteínas (Ruesta, 2013, p. 12). Es una práctica sencilla y fácil de integrar a los sistemas agrícolas, proporciona un abono de alta calidad y rico en nutrientes. Sánchez (2008) denominado también vermicompost y su relación carbono/nitrógeno, deberá estar entre 20 a 25 (Romero et al., 2015, p. 53).

El humus o llamado también lombricompost es un producto granulado, de coloración oscura, liviano sin olor, es bastante rico en enzimas y sustancias hormonales, tiene un gran contenido de fauna microbiana que se encarga de descomponer el material muerto animal o vegetal, es un buen fertilizante orgánico que va a corregir y mejorar el suelo al ser incorporado en sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Mosquera, 2010, p. 16).

### **2.2.2. Lombriz roja californiana.**

*Eisenia fetida* es la lombriz roja más utilizada en lombricultivos. Es hermafrodita, copula entre 1 y 5 veces por semana, produciendo cada animal una puesta o cocón

conteniendo 2-4 embriones o lombricitas (máximo: 9). Lo abandonan al cabo de 23 días, adquiriendo la madurez sexual (que se aprecia por el desarrollo de un anillo mucoso en el tercio anterior del cuerpo –el clitelo- que provee la cubierta del cocón y el alimento líquido de su interior) antes de los 60 días (a 25 °C) con un peso de 0,25 g y una longitud de 2,5 a 3,0 cm. Crece hasta 6 - 7 cm (excepcionalmente: 12 cm). Consume diariamente su peso en alimento, vive poco más de un año (4,5 años en laboratorio) (Schuldt, Christiansen, Scatturice y Mayo; 2007, p. 2).

Es un animal omnívoro, digiriendo como por ejemplo: animales, vegetales y minerales. Las lombrices deben tener algunas características de rusticidad, que soporten bajos contenidos de oxígeno y niveles altos de anhídrido carbónico, pH, temperaturas y humedad. La lombriz tiene una particularidad de que cuando se moviliza por el suelo agrícola cava túneles blandos succionado o chupando tierra y de ella digiere las partículas animales y vegetales, que después expulsa los alimentos no digeribles que vienen a ser el humus (Geler, 2019, citado por Cruz, 2019, p. 15). Las lombrices rojas se alimentan más cerca de la superficie depositando sus excrementos sobre el suelo o en profundidad y las grisáceas hacen ambas cosas, tanto en superficie como en el interior del suelo (WordPres.com, 2011).

Arbitrariamente se puede clasificar a las lombrices más comunes en dos grupos: *Pigmentado de rojo*, donde se encuentran la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), y la lombriz del compost (*Eisenia foetida*); lombrices grises que incluye entre otras a la lombriz pálida (*Octolasion lacteum*), una de las removedoras de tierra más activas. Taxonómicamente, la lombriz roja californiana se ubica en:

reino: Animal; división: Anélidos; clase: Clitelados; orden: Oligoquetos; familia: Lombrícidos, género: Eisenia; especie: foetida (WordPres.com, 2011).

Geler (2019) citado por Cruz (2019) manifiesta que las temperaturas adecuadas para su crecimiento y desarrollo son de 19 a 20 °C, humedad del 80 %, necesitan un pH de 6,5 a 7,5, no requieren de luz debido a que los rayos ultravioletas las matan.

### **2.2.3. Alimentación de las lombrices.**

INDICAP (1990) citado por Sánchez (2012) manifiesta que las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y les encanta los azúcares, consumen residuos orgánicos de mercado que contienen altos contenidos de sacarosa, las sales y la celulosa. Como las lombrices son muy voraces y les encanta la celulosa, aceptan el papel y el cartón, siempre que estén bien humedecidos, el estiércol de bovino puede ser usado sin necesidad de mezclarlo, debido a su alto contenido de celulosa. El estiércol de ovino debe ser regado debido a su consistencia y compactación.

En el proceso de producción de humus se consideran dos etapas bien definidas: *el compostaje*, que está referido a descomponer la materia orgánica para preparar el compost o alimento para la lombriz; y *la crianza* de la lombriz en sí, en la cual se utiliza la especie *Eisenia foetida* (roja californiana), cuya excreta es el humus, que nos brinda todas las ventajas relacionadas con el mejoramiento de los suelos y su efecto en el incremento de las cosechas (Ruesta 2013, p. 11).

Respecto a la fuente alimenticia Duran y Henríquez (2006, p. 50) manifiestan que los resultados de sus trabajos, sugieren que el tipo de materia prima utilizada para la elaboración del vermicompost determinará en mucho las características finales del material. Los datos mostraron una alta variabilidad en las propiedades entre los diversos vermicompostes evaluados.

#### **2.2.4. Elaboración de sustratos o base alimenticia.**

Las lombrices se alimentan de materia orgánica en descomposición y sólo necesita que este alimento se encuentre húmedo y blando. Traga diariamente 1 gramo de materia orgánica descompuesta y excreta el 60 % de lo consumido en forma de humus (Ruesta, 2013, p 12).

Tabla 2

*Condiciones ideales para el compostaje*

Condición	Rango aceptable	Condición óptima
Relación C/N	20:1 - 30:1	25:1 - 30:1
Humedad	40 - 65 %	50 - 60 %
Oxígeno	5%	0.08
pH	5,5 - 9,0	6,5 - 8,0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70
Tamaño de partícula	0,5 - 1,0	Variable

Fuente: Meléndez y Soto (2003, p. 38)

El compost es el producto resultante del proceso de compostaje, que es un proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus. Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de los organismos: presencia de oxígeno, temperatura,

agua y nutrición balanceada. Otros factores también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples, y superficie de contacto o tamaño de partícula (Meléndez y Soto, 2003, p. 38)

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost (Roman et al., 2013, p. 21).

#### ***2.2.4.1. Limitantes de los sustratos.***

Geler (2019) identifica como limitantes de los sustratos para el desarrollo de las lombrices a: presencia de fitotoxinas (fenoles, ácidos grasos volátiles, óxido de etileno) que afecta el crecimiento y reproducción de las lombrices; compostaje incompleto (el sustrato no ha liberado la energía o calor correspondiente) y este puede ocasionar serios problemas a las raíces de las plantas cultivadas como presencia de patógenos; y la presencia de restos hospitalarios que pueden generar una epidemia generalizada a la población.

Echegoyen y Linares (2008) citados por Cruz (2019) expresan que la poca cantidad de nitrógeno en la materia vegetal provoca una relación C/N muy alta, lo que hace que el nitrógeno sea capturado de la solución suelo conllevando al desabastecimiento de este macro nutriente muy importante, las sales pueden tener altas concentraciones principalmente por los purines de los animales que al ser

aplicados al cultivo produce efectos negativos y por último la presencia de elementos como el Cd, Pb, Hg, Zn, conducen a una contaminación del suelo ocasionando problemas en la población.

### **2.2.5. Humus de lombriz.**

La vermicomposta es la excreta de la lombriz que se alimenta de desechos en descomposición, asimilando una parte (40 %) para cubrir sus necesidades fisiológicas y la otra parte (60 %) es la excreta. Este material es conocido también como lombriabono y humus de lombriz (Sánchez, 2018, p. 28).

Duran y Henriquez (2006) citando a varios autores definen que el Vermicompost (lombricompost o humus de lombriz) es un producto que ha pasado por un proceso de bio-oxidación y estabilización de los sustratos orgánicos a través de la acción descomponedora conjunta de lombrices y microorganismos, que lo convierten en un material humificado y mineralizado.

El humus tiene en su composición carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno. Hallándose una gran cantidad de microorganismos. También se encontrarán nutrientes como el NPK, los ácidos húmicos y fúlvicos. Las cantidades de estos elementos dependerán al tipo de sustrato que se da de comer a las lombrices, por ejemplo variaran de acuerdo al tipo de estiércol, al tipo de material vegetal (Sanzo, 2007).

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Compost.**

El compost es un tipo de abono orgánico que se prepara con diferentes materiales orgánicos y sufren un proceso de descomposición o de mineralización, mejorando la textura del suelo (Romero et al., 2015). Es el producto estabilizado y saneado de compostaje. Ha experimentado descomposición y está en proceso de humificación (estabilización), se caracteriza por contener nutrientes en formas fácilmente disponibles para las plantas y sirve de alimento a las lombrices (Ruesta, 2013. P. 56).

La gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. Restos de cosecha, plantas del huerto (Ramas trituradas o troceadas, hojas caídas heno y hierba segada; césped o pasto); estiércoles (porcino, vacuno, caprino y ovino y sus camas de corral); restos orgánicos de cocina en general; alimentos estropeados o caducados, cáscaras de huevo; restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos; aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad); virutas de serrín (en capas finas); servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico); cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales; entre otros (Roman et al. 2013, p. 34).

El estiércol es material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos (Roman et al. 2013, p. 11).



**Estiércol de cuy:** Se puede utilizar como insumo con un tratamiento para realizar un alimento balanceado para ovinos, vacunos, camélidos. Como ingrediente para la realización de abonos orgánicos. Es un producto de desecho del cuy y se caracteriza por su gran contenido de nutrientes como NPK (Montes, 2012, p. 22).

**Estiércol de ave:** Aporta al suelo nutriente como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro y esto depende de su origen ya que puede aportar mayor o menor cantidad de nutrientes. El mejor estiércol de gallina es de ponedoras, el estiércol de pollo de engorde puede presentar coccidiostáticos y antibióticos que interfieren el proceso de fermentación (Mosquera 2010, p. 16) la relación C/N promedio es 18:1 (Román et al., 2013, p. 53).

**Estiércol de bovino:** Según es el nombre que se le da a la materia fecal de los vacunos proveniente de la excreción como parte de su digestión y metabolismo. Por lo general se encuentran en gran cantidad en los corrales y/o establos de los hatos de ganado vacuno, y se encuentra en estado, fresco, maduro y viejo Ulloa (2003) su relación C/N: 25:1 (Román et al., 2013, p. 53). Su contenido promedio es: 83 % materia orgánica ( $170 \text{ kg.t}^{-1}$ ), nitrógeno:  $50 \text{ kg.t}^{-1}$ , fósforo:  $20 \text{ kg.t}^{-1}$ , y  $30 \text{ kg.t}^{-1}$ , de potasio (Valenzuela, 2011, p.23).

### **2.3.2. Humus de lombriz o vermicompost.**

Schuldt (2006, p. 14) define la humus de lombriz o vermicompost como el resultado de un proceso digestivo de las lombrices utilizando como fuente de alimento el

compost semi elaborado, para obtener un producto más rico en nutrientes y con una riqueza microbiana superior a otros tipos de compost; y que generalmente las lombrices que se utilizan para estas técnicas de tratamiento de residuos son las del género *Eisenia*, sobre todo la llamada lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*), que la razón de usar este tipo de lombriz es su gran apetito (puede llegar a comer hasta el 90 % de su propio peso por día), su gran adaptación a diversos climas y su rápida tasa de reproducción.

**Tabla 3**

*Valores medios analíticos del humus de lombriz*

Característica	Valor
pH	7,3
Carbonato de calcio	10,0 %
Cenizas	54,0 %
Nitrógeno total	2,8 %
Fósforo total	1,2 %
Potasio total	1,0 %
Materia orgánica	53,6 %
Humedad	36,8 %
Ácidos húmicos	5,6 %
Ácidos fúlvicos	2,8 %
Magnesio total	0,48 %
Calcio total	5,69 %
Manganeso total	380 ppm
Cobre total	92,3 ppm
Zinc total	350 ppm
Relación C/N	11,3 %
C.I.C.	77,20 meq/100 g
C.E.	3,5 mMhos/cm
Retención de humedad	1 800 a 2 000 cc/kg seco
Superficie específica	700 a 800 m <sup>2</sup> /g
Microorganismos aerobios	9,5 x 10 <sup>12</sup> u.f.c.
Carga microbiana	7,8 x 10 <sup>6</sup> u.f.c.
Detección de salmonellas	Negativo
Detección de hongos patógenos	Negativo

Fuente: Ruesta (2013, p. 41)

#### **2.3.4. Lombriz roja californiana.**

La lombriz roja *Eisenia foetida* posee un cuerpo alargado cilíndrico achatado ventralmente y puntiagudo en los extremos, con una longitud de 6 cm. a 8 cm., presenta una respiración a través de la piel, son hermafroditas requieren una temperatura ideal de 16 °C a 25 °C, requieren una humedad ideal de 70 % a 85 % y un pH ideal entre 6,8 a 7,2; sin embargo pueden tolerar rangos que pueden fluctuar entre 5,5 a 8,0 (Sánchez, 2018, p. 17).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Se trata de una investigación de tipo experimental ya que se manipulan las variables (Bisquerra, 2016); donde manipularemos las variables independientes (estiércoles básicos para el compost) y mediremos los efectos sobre las variables dependientes.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño completamente aleatorio (DCA) con 7 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 21 unidades experimentales.

#### **3.3. Población y muestra.**

La población se ha considerado 127.9 kg de humus de lombriz, y la muestra representa 100 g de humus/UE, para análisis de laboratorio y todo el contenido de la UE para el caso de rendimiento de humus, haciendo un total de 2,1 kg de humus de lombriz de los siete tratamientos.

### 3.3.1. Tratamientos.

Los tratamientos serán las fuentes de estiércol que se utilizarán para la preparación del compost.

**Tabla 4**

*Tratamientos en estudio*

N°	Tratamiento
T1	Estiércol de vacuno (50 % testigo)
T2	Estiércol de ave
T3	Estiércol de cuy
T4	Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de ave (25 %) T5 Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de cuy (25 %)
T6	Estiércol de cuy (25 %) + Estiércol de ave (25 %)
T7	Estiércol de vacuno (16,6 %) + E. de ave (16,7 %) + E. de cuy (16,7 %)

### 3.3.2. Aleatorización de tratamientos.

**Tabla 5**

*Aleatorización de tratamientos*

T <sub>1</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>
T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>7</sub>
T <sub>7</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>

### 3.3.3. Características del campo experimental.

#### 3.3.2.1. Lugar de la ejecución.

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Cerro Colorado de la provincia de Arequipa siendo su ubicación geográfica la siguiente:

Latitud sur : 16° 22' 24''

Longitud oeste : 71° 33' 37''

Altitud : 2406 msnm

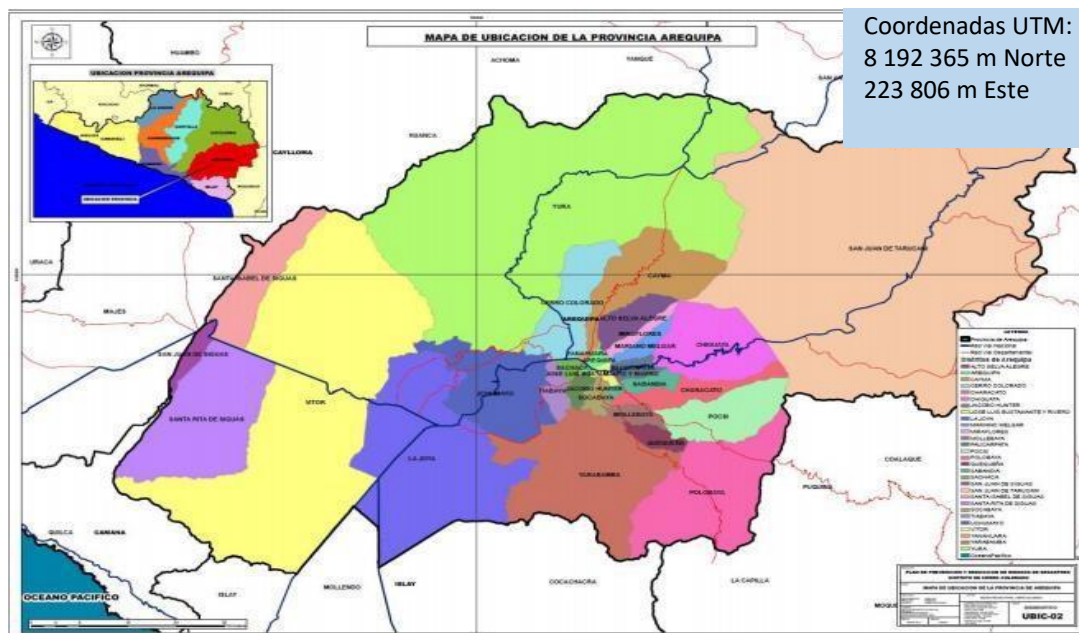


Figura 1. Plano georreferenciado con coordenadas UTM.  
Fuente: Municipalidad distrital de Cerro Colorado (s.f.,p. 8)

### 3.3.2.2. *Campo experimental.*

El campo experimental estuvo constituido por 21 lechos (unidad experimental) con 0,14 m<sup>2</sup> c.u, haciendo un área neta total de 2,94 m<sup>2</sup>.

### 3.3.2.3. *Unidad experimental.*

La unidad experimental representaba un lecho de madera con dimensiones de 0,40 m de largo; 0,35 m de ancho y 0,20 m de altura; con capacidad de 0,028 m<sup>3</sup> (28 L), equivalente en peso de sustrato (compost) de 10 kg por cada lecho.

## 3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos.

#### 3.4.1.1. *Observación directa.*

La técnica consistió en realizar observaciones en campo, de los del comportamiento de las lombrices, durante todo el desarrollo del presente trabajo de investigación.

#### ***3.4.1.2. Observación indirecta.***

Usada para la realización de observaciones en el laboratorio como por ejemplo análisis químico de humus de lombriz con los respectivos instrumentos que se requiere analizar para cada elemento (N, P, K, Ca, Mg, CIC, CE).

### **3.4.2. Técnicas de procesamiento de análisis de datos.**

#### ***3.4.2.1. Preparación de lecho.***

Dentro de los lechos de crianza, mediante tabiques de madera se formaron las sub pozas (correspondiente a cada unidad experimental); esto con el objeto de replicar las condiciones reales de crianza.

#### ***3.4.2.2. Preparación de compost.***

Para el compostaje se utilizaron los estiércoles de vacuno, ave y cuy con una proporción del 50 % mezclado con rastrojos en la misma proporción en peso buscando equilibrar una relación de carbono nitrógeno apropiado.

Se consideró que la relación C:N varía en función del material que se va a utilizar y se obtiene la relación de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1. (Román, et.al. 2013).

Para la preparación del compost, para cada tratamiento se procedió del siguiente modo:

**Tratamiento 1 (T: 1)** Estiércol de bovino (50 % testigo): - Se colocó en la superficie del suelo la primera capa con fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas (12 kg) hasta una altura de 8 cm, luego se agregó una segunda capa con estiércol de bobino (12 kg) hasta una altura de 8 cm; se espolvoreó ceniza de panadería y regó (humedad 50 a 60 %). Este procedimiento se repitió hasta alcanzar una altura de 70 cm aproximadamente.

**Tratamiento 2 (T: 2).** Estiércol de ave: al igual que el anterior 12 kg fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas + 12 kg de estiércol de ave.

**Tratamiento 3 (T: 3).** Estiércol de cuy: Se utilizó 12 kg de fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas +12 kg de estiércol de cuy.

**Tratamiento 4 (T: 4)** Estiércol de bovino (25 %) + Estiércol de ave (25 %): Se utilizó 12 kg fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas +6 kg de estiércol de ave + 6 kg de estiércol de bovino.

**Tratamiento 5 (T: 5)** Estiércol de bovino (25 %) + Estiércol de cuy (25 %): Se utilizó 12 kg fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas + 6 kg de estiércol de bovino + 6 kg de estiércol de cuy.

**Tratamiento 6 (T: 6)** Estiércol de cuy (25 %) + Estiércol de ave (25 %): Se utilizó 12 kg fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas + 6 kg de estiércol de ave + 6+ kg de estiércol de cuy.



**Tratamiento 7 (T: 7)** Estiércol de bovino (16,6 %) + Estiércol de ave (16,7 %) + Estiércol de cuy (16,7 %): Se agregó 12 kg de fibra vegetal desechos de plantas, hojarascas + 4 kg de estiércol de ave + 4 kg de estiércol de bovino + 4 kg de estiércol de cuy. Se cubrió con fibra vegetal y plástico negro por 60 días.

### **3.5.3. Inoculación de las lombrices.**

Colocando previamente el compost a razón de 10 kg por lecho se inocula las lombrices cuidando que se encuentren cliteladas en una proporción de 270 g de lombrices por unidad experimental.

### **3.4.2.3. Control sanitario.**

Para el control de plagas o enfermedades se actuará de forma preventiva, para ello ejecutaremos lo siguiente:

- Buen compostado que permita eliminar microorganismos que amenacen la sanidad de las lombrices.
- Cercar la instalación para evitar ingreso de depredadores (aves, zorrino, zorro, ratas, lagartijas).

### **3.4.2.4. Control y manejo de humedad y temperatura.**

Para asegurar la humedad del sustrato procedimos a riegos ligeros pero frecuentes, previa evaluación de la humedad por la prueba de puño. En el caso de la temperatura utilizamos un termómetro de máximas y mínimas, tomando acciones conforme a los resultados.

### 3.4.2.5. Evaluación y cosecha.

A los 120 días de instalado el experimento se procederá a cosechar el humus o vermicompost tomando las muestras respectivas para las evaluaciones correspondientes.

## 3.5 Análisis estadístico

### 3.5.1. Análisis de varianza y prueba de significancia.

Para la evaluación estadística del experimento utilizamos el análisis de varianza (ANVA) con la prueba de “F” (Nivel de significación de 0,05 y 0,01) luego se utilizó, cuando correspondía, la prueba de significación de Tukey, a una probabilidad  $\alpha = 0,05$ .

**Tabla 6**

*Modelo del análisis de varianza*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	SC(t)	SC(t)/(t-1)	CM(t)/CM e			
Error exp	14	SC (e)	SC (e)/GL(e)				
Total	20	SC (total)					

Fuente: Calzada, (1982)

### 3.5.2. Hipótesis estadísticas.

#### 3.5.2.1. Para repeticiones.

H<sub>0</sub>: Existen repeticiones homogéneas entre sí

H<sub>1</sub>: No existen repeticiones homogéneas entre sí

**3.5.2.3. Para tratamientos.**

$H_0$ : No existe diferencia entre tratamientos

$H_1$ : Si existe diferencia entre tratamientos

Nivel de significación:  $\alpha = 0,05$  y  $0,01$

**3.5.2.4. Regla de decisión.**

Si  $F_c \leq F_{0,05}$  no se rechaza la  $H_0$

Si  $F_{0,05} < F_c < F_{0,01}$  se rechaza la  $H_0$

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

**4.1. Presentación de resultados**

**4.1.1. Características físico químicas.**

**4.1.1.1. Reacción de humus pH de lombriz.**

**Tabla 7**

*Análisis de varianza de pH de humus de lombriz*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	8,457	1,410	4,184	2,85	4,46	*
Error	14	4,716	0,337				
Total	20	13,173					

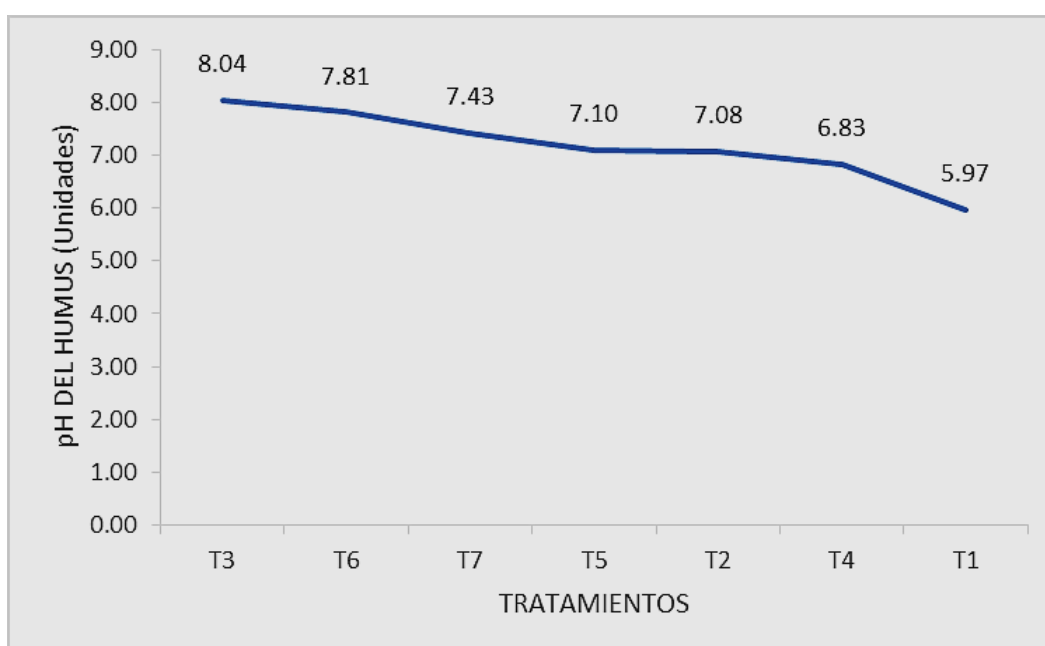
Nota: CV = 8.08 %; \* = Significativo

En la tabla 7 observamos que hay diferencias significativas entre los tratamientos con un coeficiente de variabilidad de 8,08 %; que Rustom (2012) considera confiable para el experimento desarrollado, lo que significa que por lo menos uno de los tratamientos tiene pH diferente a los demás. Basado en ello y con el objeto de diferenciar los tratamientos se somete a la prueba de significación de Tukey.

**Tabla 8***Prueba de significación de Tukey de pH (unidad) de humus de lombriz*

N°	Tratamiento	Promedio (unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	OM
1	T3: Estiércol de cuy	8,04	a	1 <sup>er</sup>
2	T6: Estiércol de cuy (25 %) + E. de ave (25 %)	7,81	abc	1 <sup>er</sup>
3	T7: Vacuno (16,7 %) + ave (16,7 %) + Cuy (16,7%)	7,43	abc	1 <sup>er</sup>
4	T5: Estiércol de vacuno (25%) + E. de cuy (25%)	7,10	abc	1 <sup>er</sup>
5	T2: Estiércol de ave	7,08	abc	1 <sup>er</sup>
6	T4: E. de vacuno (25 %) + E. de ave (25 %)	6,83	bc	2 <sup>do</sup>
7	T1: Estiércol de vacuno (50 % testigo)	5,97	c	3 <sup>er</sup>

En la tabla 8 en la prueba de significación de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) podemos ver que el T3 tiene una reacción alcalina (pH de 8:04) superior a las demás; muy cerca de los tratamientos T6, T7; T5, T2 que manifiestan una reacción de ligeramente alcalina a neutra por encima de los T4 que tiene una reacción casi neutra y T1 cuya reacción es ácida (T4 mezcla de estiércol vacuno y T1 estiércol vacuno puro).

*Figura 1. Media de pH (unidad) de humus de lombriz*

En la figura 2 apreciamos que la mayoría de los tratamientos tiende a la neutralidad y ligera acidez, lo que es favorable para el cultivo.

#### 4.1.1.2. Conductividad eléctrica del humus (mS/cm) a los 120 días.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza de conductividad eléctrica (mS/cm) a los 120 días*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	1,919	0,320	0,725	2,85	4,46	ns
Error	14	6,173	0,441				
Total	20	8,092					

Nota: C.V. = 21,29 %; ns = No significativo

La tabla 9 del ANVA de la variable conductividad eléctrica del humus producido por los diferentes tratamientos, demuestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos y que las fuentes de compost no influyen en el resultado de esta variable.

#### 4.1.1.3. Capacidad de intercambio catiónico de humus de lombriz.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza de capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) de humus de lombriz*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	4536,616	756,103	4,052	2,85	4,46	*
Error	14	2612,247	186,589				
Total	20	7148,862					

Nota: C.V. = 18,34 %; \* = Significativo

En la tabla 10 de análisis de varianza para la variable CIC (meq/100 g de humus), encontramos que existen diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 18,34 %, lo que evidencia que por lo menos uno

de los tratamientos es diferente de los otros, por lo cual se hace necesario hacer la prueba de significación.

**Tabla 11**

*Prueba de significación de Tukey capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) de humus*

N°	Tratamiento	Prom	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )	OM
1	T6: Estiércol de cuy (25 %) + Estiércol de ave (25%)	101,22	a	1 <sup>er</sup>
2	T4: Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de ave (25 %)	92,62	ab	1 <sup>er</sup>
3	T5: Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de cuy (25 %)	70,03	bc	2 <sup>do</sup>
4	T7: E vacuno (16,7 %) + E ave (16,7 %) + E de cuy (16,7 %)	68,21	bc	2 <sup>do</sup>
5	T3: Estiércol de cuy	66,39	c	3 <sup>ro</sup>
6	T2: Estiércol de ave	63,42	c	3 <sup>ro</sup>
7	T1: Estiércol de vacuno (50 % testigo)	59,61	c	3 <sup>ro</sup>

En la tabla 11, al llevar a la prueba de significación de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) encontramos que sobresale el tratamiento T6 con el más alto índice de Capacidad de intercambio Catiónico (101,22 meq/100 g de humus), con similar resultado resulta el T4 (92,62 meq/100 g), de igual modo T5 y T7 manifiestan resultados similares a T4; estando todos por encima de los tratamientos T3, T2 y T1 (59,61 meq/100 en este último caso).

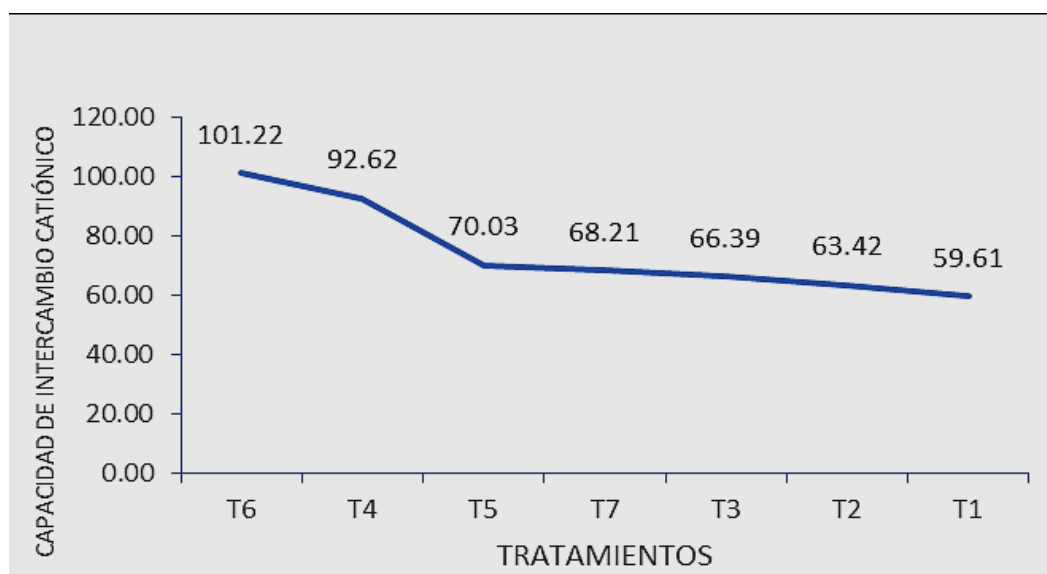


Figura 3. Capacidad de intercambio de cationes (mg/kg) de humus de lombriz a los 120 días

En la figura 3 se aprecia la superioridad en su capacidad de intercambio catiónico de los tratamientos T6 y T4, favorable para el cultivo, respecto a los demás.

#### 4.1.1.4. Contenido de nitrógeno total (%) a los 120 días.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para nitrógeno total (%) a los 120 días*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	0,261	0,043	1,522	2,85	4,46	ns
Error	14	0,400	0,029				
Total	20	0,660					

Nota: C.V. = 2,02 %; ns: No significativo

En la tabla 12 en el análisis de varianza se encuentra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, para la variable concentración de nitrógeno; lo que evidencia con un coeficiente de variabilidad de 2,02 %, que no hubo influencia de la fuente de alimentación de las lombrices en el contenido de nitrógeno del humus resultante y que todos los sustratos proveen el mismo nivel de nitrógeno total.

#### 4.1.1.5. Contenido de fósforo total (mg/kg) a los 120 días.

**Tabla 13**

*Análisis de varianza del contenido de fósforo (mg/kg) de humus a los 120 días*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	6756114,286	1126019,048	2,889	2,85	4,46	*
Error	14	5457066,667	389790,476				
Total	20	12213180,952					

Nota: CV = 22,56 %; \*: Significativo



En la tabla 13 encontramos que el análisis de varianza se nota diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 22,56 % (Aceptable para el experimento, según Calzada, 1979) por lo cual se concluye que al menos uno de los tratamientos es diferente de los demás y será preciso llevar a cabo la prueba de significación de Tukey ( $\alpha$ : 0,05) para categorizar los resultados

**Tabla 14**

*Prueba de significación de Tukey para fósforo (mg/kg) de humus a los 120 días*

Nº	Tratamiento	Promedio (mg/kg)	Sig ( $\alpha = 0,05$ )	OM
1	T4: Estiércol de vacuno (25 %) + ave (25 %)	3 800,0	a	1 <sup>er</sup>
2	T3: Estiércol de cuy	3 333,3	ab	1 <sup>er</sup>
3	T2: Estiércol de ave	2 866,7	ab	1 <sup>er</sup>
4	T6: Estiércol de cuy (25 %) + ave (25 %)	2 626,7	ab	1 <sup>er</sup>
5	T5: Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de cuy (25 %)	2 386,7	b	2 <sup>do</sup>
6	T7: E vacuno (16,7 %) + ave (16,7 %) + E de cuy (16,7 %)	2 200,0	b	2 <sup>do</sup>
7	T1: Estiércol de vacuno (50 % testigo)	2 160,0	b	2 <sup>do</sup>

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 14) encontramos que el tratamiento T4 (Estiércol de vacuno (25 %) + ave (25 %)) contiene el mayor contenido de fósforo (3 800 mg/kg de humus) con similar contenido de los tratamientos T3, T2 y T6 que resultaron superiores a T5, T7 y T1.

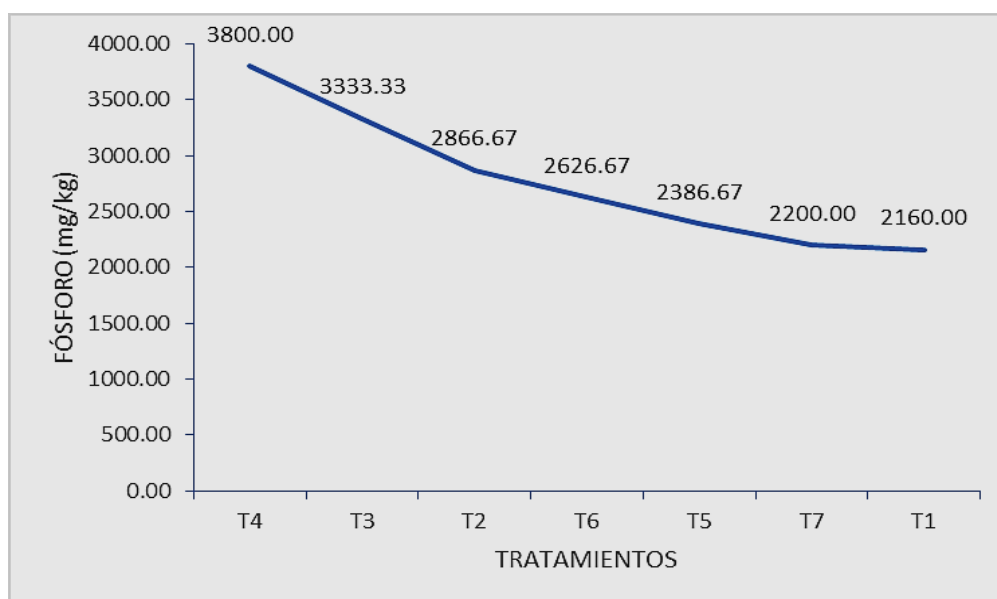


Figura 4. Media de fósforo total (mg/kg) de humus de lombriz a los 120 días

En la figura 4 apreciamos la superioridad de los tratamientos del tratamiento T4 seguido del T3 respecto a los demás tratamientos.

#### 4.1.1.6. Contenido de potasio total (mg/kg) a los 120 días.

Tabla 15

Análisis de varianza para la variable potasio total (mg/kg) a los 120 días

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	2412017857,143	402002976,190	2,294	2,85	4,46	ns
Error	14	2453291666,667	175235119,048				
Total	20	4865309523,810					

CV: 28,77 % y ns: No significativo

En la tabla 15 de análisis de varianza de la variable de contenido de potasio se aprecia que no existen diferencias significativas entre tratamientos, los que contienen niveles de fósforo (mg/kg de humus) estadísticamente iguales y ninguno de los tratamientos fue diferente.

#### 4.1.1.7. Contenido de magnesio total (mg/kg) a los 120 días.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para la variable magnesio total (mg/Kg) a los 120 días*

<i>F de V</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>FT</i>		<i>Sig.</i>
					<i>0,05</i>	<i>0,01</i>	
<i>Tratamientos</i>	6	91,708	15,285	8,835	2,85	4,46	**
<i>Error</i>	14	24,220	1,730				
<i>Total</i>	20	115,929					

*CV: 10,31 % y \*\*: Altamente significativo*

La tabla 16 de análisis de varianza para la variable de contenido de magnesio obtenemos el resultado de altamente significativo (CV: 10,31), considerando que existe por lo menos un tratamiento con niveles diferentes respecto a los demás; por lo que será preciso someter los resultados a una prueba de significación.

**Tabla 17**

*Prueba de significación de Tukey para la variable magnesio total (mg/Kg) a los 120 días*

<i>N°</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Promedio</i> (mg/kg)	<i>Sig.</i> ( $\alpha$ : 0,05)	<i>OM</i>
1	T6: Estiércol de cuy (25 %) + Estiércol de ave (25 %)	14,84	a	1 <sup>er</sup>
2	T3: Estiércol de cuy	14,68	a	1 <sup>er</sup>
3	T7: E vacuno (16,7 %) + E ave (16,7 %) + E cuy (16,7 %) %)	14,46	a	1 <sup>er</sup>
4	T5: Estiércol de vacuno (25%) + Estiércol de cuy (25	14,01	a	1 <sup>er</sup>
5	T1: Estiércol de vacuno (50 % testigo)	11,58	b	2 <sup>do</sup>
6	T4: Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de ave (25 %)	9,91	b	2 <sup>do</sup>
7	T2: Estiércol de ave	9,83	b	2 <sup>do</sup>

En la prueba de significación (Tabla 17) del contenido de magnesio total (mg/Kg) muestra una superioridad de los tratamientos T6, T3, T7 y T5 con niveles estadísticamente iguales (14,84; 14,68; 14,46 y 14,01 kg/kg de humus,

respectivamente) y con niveles de 11,58; 9,91 y 9,83 mg/kg como los más bajos que corresponden a los tratamientos T1; T4 y T2.

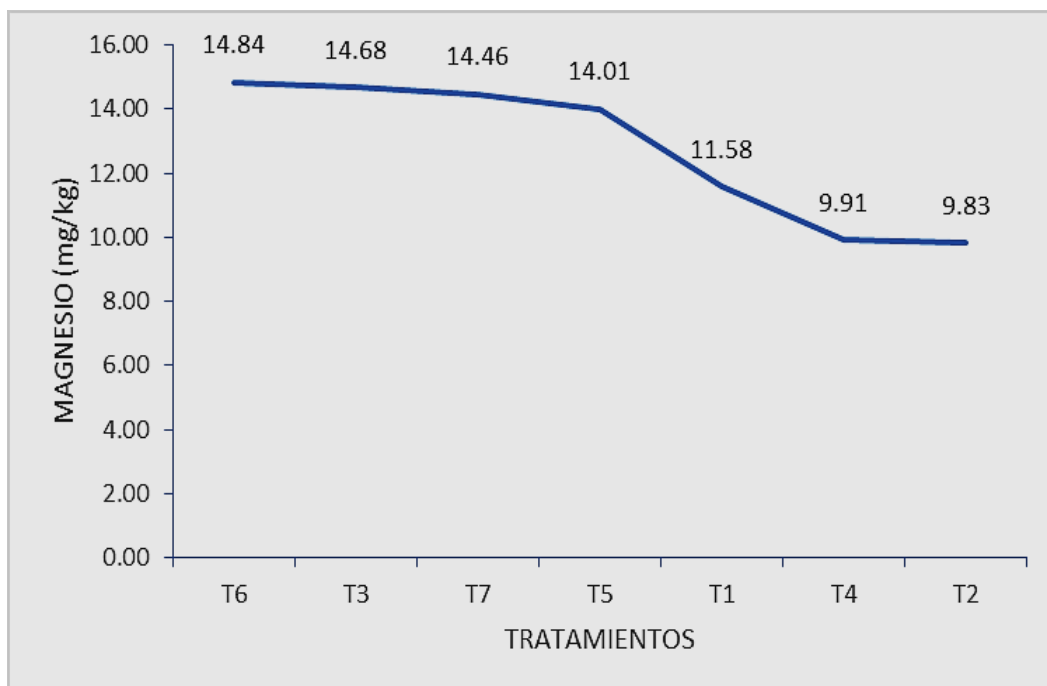


Figura 5. Media de magnesio total (mg/kg) a los 120 días

En la figura 5 apreciamos la superioridad en contenido de magnesio de los tratamientos T6, T3, T7 y T5, respecto a los tratamientos T1, T4 y T2.

#### 4.1.1.8. Contenido de Calcio total (mg/kg) a los 120 días

**Tabla 18**

*Análisis de varianza de calcio total (mg/kg) a los 120 días*

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	762,18	127,031	0,815	2,85	4,46	ns
Error	14	2 182,695	155,907				
Total	20	2 944,880					

Nota: CV = 59,45 %; ns: No significativo

En la tabla 18 encontramos resultados de contenido de calcio que no presentan diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos, lo que significa que evidencia que son estadísticamente iguales y todos los tratamientos lograron los mismos niveles de calcio.

#### 4.1.1.9. Producción de humus de lombriz a 120 días.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza para la variable producción de humus de lombriz a 120 días*

F de V	GL	SC	CM	FC	F		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	6	0,220	0,037	4,594	2,85	4,46	**
Error	14	0,112	0,008				
Total	20	0,332					

Nota: C.V. = 1,47 %; \*\*: Altamente significativo

En la tabla 19 respecto a rendimiento de humos en por unidad experimental a los 120 días, podemos apreciar que existen diferencias altamente significativas con un coeficiente de variabilidad de 1,47 %, aceptable para las condiciones, ello significa que por lo menos un tratamiento presenta un rendimiento diferente de humus.

**Tabla 20**

*Prueba de significación de Tukey de producción de humus de lombriz (Kg) a los 120 días*

N°	Tratamiento	Promedio (Kg)	Sig. ( $\alpha$ : 0,05)	OM
1	T7: Estiércol vacuno (16,7 %) + Ave (16,7 %) + Cuy (16,7 %)	6,25	a	1 <sup>er</sup>
2	T4: Estiércol de vacuno (25 %) + Estiércol de ave (25 %)	6,17	ab	2 <sup>er</sup>
3	T2: Estiércol de ave	6,17	ab	2 <sup>er</sup>
4	T6: Estiércol de cuy (25 %) + Estiércol de ave (25 %)	6,10	ab	2 <sup>er</sup>
5	T5: Estiércol de vacuno (25%) + Estiércol de cuy (25%)	6,04	ab	2 <sup>er</sup>
6	T3: Estiércol de cuy	6,00	b	3 <sup>do</sup>
7	T1: Estiércol de vacuno (50 % testigo)	5,93	b	3 <sup>do</sup>

Al someter a la prueba de significación de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) encontramos que el mayor rendimiento se logra en el T7 (Mezcla de estiércol de vacuno más estiércol de ave más estiércol de cuy) con 6,25 kg/UE, con resultados similares a los tratamientos T4, T2, T6 y T5 superiores a los tratamientos T3 y T1 que ocupa el último lugar con 5,93 kg.

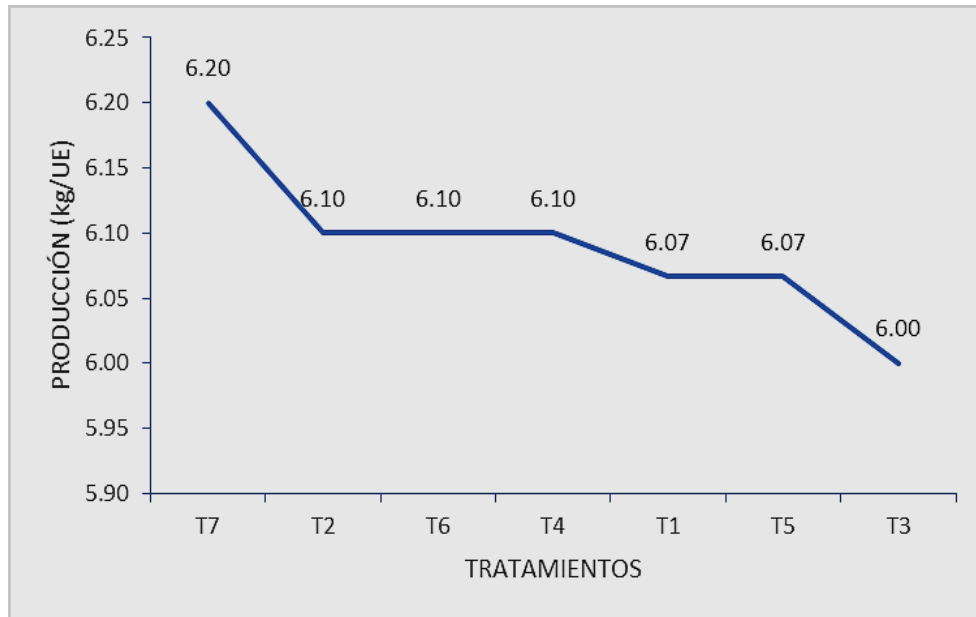


Figura 6. Media producción de humus de lombriz (Kg) a los 120 días

En la figura 6 apreciamos que, si bien existe superioridad de los primeros cuatro tratamientos, todos los tratamientos logran rendimientos cercanos al 60 %.

#### 4.2. Contrastación de hipótesis

Considerando los estadísticos de prueba (Si  $F_c \leq F(0,05)$ ): no se rechaza la  $H_0$ . Si  $F(0,05) < F_c < F(0,01)$ : se rechaza la  $H_0$ . Si  $F_c > F(0,01)$ : se rechaza la  $H_0$ ) concluimos que:

Reacción de humus pH de lombriz la FC 4,184 es mayor que  $FT_{0,05}$ : 2,76 por tanto corresponde rechazar la hipótesis nula ya que se encontraron diferencias estadística en los tratamientos.

En la variable conductividad eléctrica se aprecia que FC es menor que  $FT_{0,05}$  y  $0,01$ , por tanto se acepta la hipótesis ya que no existirían diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Respecto a la variable de Capacidad de intercambio catiónico de humus (CIC) se rechaza la  $H_0$ , ya que FC 4,052 es mayor que  $FT_{0,05}$  lo demuestra que si hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

En la variable contenido de nitrógeno total (%) se aprecia que FC 4,052 es mayor que  $FT_{0,05}$ : 2,76 por tanto corresponde a aceptar la hipótesis nula ya que no existen diferencias entre los tratamientos.

En el contenido de fósforo total (mg/kg) dado que FC es mayor que  $FT_{(0,05}$  y  $0,01)$  lo que se demuestra estadísticamente que existen diferencias entre tratamientos, correspondiendo rechazar la hipótesis nula.

Respecto a contenido de potasio total (mg/kg) encontramos que FC es menor que  $FT_{0,05}$  por lo cual corresponde aceptar la hipótesis nula, entendiendo que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Respecto a contenido de magnesio total (mg/kg) se rechaza la hipótesis nula ya que encontramos diferencias altamente significativas dado que  $FC: 8,835$  es mayor que  $FT_{0,01}: 4,28$ .

En la variable de contenido de calcio total encontramos que  $FC: 0,815$  es menor que  $FT_{0,05}: 4,28$ . Correspondiendo por tanto aceptar la hipótesis nula ya que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

La variable producción de humus de lombriz se rechaza la hipótesis nula ( $h_0$ ) ya que  $FC: 4,594$  es mayor que  $FT_{0,01}: 4,28$  lo cual demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

### **4.3. Discusión de resultados**

La reacción (pH) del humus de lombriz, presenta resultados variables, que si bien, el T3 es superior con 8,04 esto no es un buen indicador ya que como menciona Geler (2019) citado por Cruz (2019, p. 17) el pH ideal es tendiente a la neutralidad (6,5 a 7,5) donde se insertan la mayoría de los tratamientos; pero coincide con Salinas et al. (2014, p. 97) que reportaron 8,67 y 7,86. En tal sentido los tratamientos T7, T5, T2 y T4, se acercan a las condiciones ideales de neutralidad.

En la variable conductividad eléctrica se aprecia que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo encontramos que la conductividad eléctrica (CE) varía entre 2,6 y 3,3 dS/m. distante del obtenido por Duran y



Henríquez (2006, p. 45) que varía de 0,3 a 1,5 dS/m pero por debajo de lo reportado por Ruesta (2013, p.41) con un valor de 3.5 dS/m.

Respecto a la variable de Capacidad de intercambio catiónico de humus (CIC) se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos con valores de 59,61 a 101,22 meq/100 g de humus., valores extremos si vemos los reportes de Ruesta (2013, p. 41) que son 77,20 meq/100 g, considerados normales; sin embargo la mayoría de tratamientos (T5, T7, T3, T2 y T1) están por debajo de ese valor, estando por encima los tratamientos T4 y T6 donde pareciera que la combinación de los estiércoles (Cuy y ave) y su combinación mejoran la CIC.

El nitrógeno total en los tratamientos no manifiesta diferencias significativas, sin embargo las concentraciones oscilan entre 1,19 y 1,49 % menores a los obtenidos en el caso de estiércoles por Duran y Henríquez (2006, p. 45) de 1,8 % y muy por debajo del reportado por Ruesta (2013, p.41) de 2,8 % pero se asemejan a los obtenidos por Mendoza (2019, p. 52). Que obtienen 1,1 % pero aclara que los resultados pueden ser muy variables ya que dependen del material de inicio.

En el contenido de fósforo total (mg/kg) se identifican diferencias entre tratamientos, con niveles de 2 160 a 3 800 mg.kg<sup>-1</sup>, destacando la combinación de estiércol de vacuno más el de ave, seguido de estiércol de cuy y de ave puro y combinación de cuy con ave, estos resultados están por debajo de los reportados por Martínez (1996) citados por Mendoza (2019, p. 52) que es 0,3% (3

000 mg.kg<sup>-1</sup>) a 1,8% (18 000 mg.kg<sup>-1</sup>), por Ruesta (2013, p. 41) que es de 1,2 % (12 000 mg.kg<sup>-1</sup>).

Respecto a contenido de potasio total (mg/kg) encontramos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y presentan resultados que oscilan entre 40 500 a 66 667 mg.kg<sup>-1</sup>, concentración que es superior a lo obtenido por Martínez (1996) citados por Mendoza (2019, p. 52) que reporta 0,78 % (7 800 mg/kg<sup>-1</sup>) a 1,39 % (13 900 mg.kg<sup>-1</sup>) y del reportado por Ruesta (2013, p. 41) de 1 % (10 000 mg.kg<sup>-1</sup>).

La variable magnesio manifiesta diferencias altamente significativas con niveles de 9 830 y 14 840 mg.kg<sup>-1</sup> destacando la combinación de estiércoles de Cuy y ave (14 840 mg.kg<sup>-1</sup>), estiércol de cuy solo (14 680 mg.kg<sup>-1</sup>), combinación de estiércoles de vacuno, ave y cuy (14 460 mg. Kg<sup>-1</sup>) y combinación de vacuno y cuy (14 010 mg.kg<sup>-1</sup>) 28,7 % mayor que el tratamiento sub siguiente (T4: 9 910 mg.kg<sup>-1</sup>) resultados que están muy por encima de los 0,48 % (4 800 mg/kg<sup>-1</sup>) reportado por Ruesta (2013, p. 41) y cercano de lo reportado por Chávez, Velásquez y Casalla (2017, p. 128) que es de 1,1 % (11 000 mg.kg<sup>-1</sup>).

En la variable de contenido de calcio total encontramos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero encontramos contenidos de 14 044 a 32 612 mg.kg<sup>-1</sup> este último caso del humus proveniente de estiércol de cuy, que está por debajo de lo reportado por Ruesta (2013, p.41) 5,69 % (56 000mg.kg<sup>-1</sup>) y 6 % (60 000 mg.kg<sup>-1</sup>) por Chávez et. al (2017, p. 128).

En la variable producción de humus de lombriz encontramos que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos destacando T7 (Estiércol vacuno + cuy + ave) con 6,25 kg. UE<sup>-1</sup> conversión de 62,5 %) respecto al menor rendimiento que es T1 (Estiércol de vacuno) con 5,93 kg. UE<sup>-1</sup> con una conversión de 59,3 % Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Cruz (2019, p. 67) de entre 38 a 59,76 % y lo afirmado por Somarriba y Guzmán (2004) citado por Mendoza (2017, p. 60) que consideran óptimos que entre 50% y 60% de lo consumido por las lombrices, es excretado como abono orgánico (humus).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** Los diferentes tipos de estiércoles y su efecto combinado, permiten obtener humus de lombriz cuya composición química, varía según el material utilizado para el compost, sin embargo presenta promedios que coinciden con el resultado de otras investigaciones.

**Segunda.** Los rendimientos obtenidos con los diferentes tipos de estiércoles ensayados y su efecto combinado, si bien existen diferencias significativas entre los tratamientos (62,5 a 59,3 %), estos están dentro del rango obtenido por otros trabajos de investigación.

#### 5.2. Recomendaciones

**Primera.** Identificar las características físico-químicas del compost base y los materiales utilizados, para la alimentación de las lombrices; que permita

prever desequilibrios físico-químicos, haciendo las correcciones que sean necesarias de forma anticipada.

**Segunda.** Mantener las condiciones ambientales del módulo de producción de compost (temperatura, humedad, sombrado, protección entre otros) para aprovechar el potencial productivo de las lombrices que es aproximadamente el 60 % del alimento ofrecido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, A y Arcos, J. (2008). *Buenas prácticas en producción ecológica: Cultivo de Frutales*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: España.
- Álvarez, K y Rimski-Korsakov, E. (2015). Abonos orgánicos. En Álvarez, K y Rimski-Korsakov, E (Eds). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. Buenos Aires: Universidad de Buenos de Aires.
- Bisquerra, R. (2016). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Calzada, J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. (3º edición). Lima, Perú: Editorial Jurídica SA.
- Chávez, A; Velásquez, Y y Casallas, N. (2017). *Características físico-químicas de humus obtenido de biosólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales*. Informador Técnico (Colombia) 81(2) 122-130 [En línea] disponible en file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Dialnet- CaracteristicasFisicoquimicasDeHumusObtenidoDeBios-6238043.pdf.
- Cruz, M. (2019). *Efecto de la fuente alimenticia y densidad de inoculación en la biología y producción de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) en el distrito de San Jerónimo–Cusco*. (Tesis de pregrado) Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua.
- Delgado, M. (s.f). *Humus de lombriz: Caracterización y valor fertilizante*. Chile: lombricultura Pachamama S.A. recuperado de <http://www.lombricultur>

a.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/humus/CARAC%20Y%20VALOR%20FERTILIZANTE.pdf.

Díaz, E. (2002). *Lombricultura, una alternativa de producción*. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior, Municipio Capital La Rioja. Argentina.

Durán, L y Henríquez, C. (2007). *Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos*. Revista Agronomía Costarricense 31 (1) 41-51.

García, C y Félix, J. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales*. México: Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Geler, A. (2019). *La lombricultura*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html>.

Jordán, A. (2006). *Manual de edafología*. Sevilla-España: Universidad de Sevilla.

López, C.; Raudel, R., Armenta, C. y Félix, A. (2013). *Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. Trabajo de investigación. Universidad Autónoma Indígena de México.

Macz, J. (2013). *Comparación de lombrihumus elaborado con estiércol bovino, equino y caprino en términos de rendimiento y contenido de N P K* (Tesis de pre grado) Universidad San Carlos de Guatemala. Recuperado el 10 de Marzo de 2018, de <https://core.ac.uk/download/pdf/35292912.pdf>

- Meléndez, G y Soto, G. (2003). *Taller de abonos orgánicos*. Costa Rica: Centro de investigaciones agronómicas (CIA).
- Mendoza, J. (2019). *Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, Eisenia foetida y Lumbricus sp., en la provincia de Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Montes, T. (2012). *Crianza tecnificada de cuyes. Guía técnica*. Cajamarca: OAEPA. Universidad Agraria la Molina. Recuperado el 9 de Marzo de 2018, de [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/015-a-cuyes\\_crianza-tecnificada.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/015-a-cuyes_crianza-tecnificada.pdf).
- Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. Ecuador: FONAG.
- Municipalidad distrital de Cerro Colorado (s.f.). *Caracterización del distrito de Cerro colorado*. Autor
- Pino, C. (2010). *Fruticultura orgánica y su potencial para la región del Maule*. CORFO – CODESSER, Universidad Católica del Maule: Chile.
- Restrepo, J; Gómez, J y Escobar, R. (2014). *Utilización de residuos orgánicos en la agricultura*. Cali-Colombia: Centro internacional de agricultura tropical (CIAT).
- Román, P., Martínez, R y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor experiencias en América latina*. Santiago-Chile: FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.



- Romero, J.; Sánchez, J.; Rodríguez, M. y Gutiérrez, M. (2015). *Producción de vermicompost a base de rastrojo de maíz (Zea mays l.) y estiércol de bovino lechero*. Bibliografía Latinoamericana - Agro productividad [Revista en línea] 8 (3).
- Ruesta, N. (2013). *Manual Técnico: Lombricultura “techo a dos aguas*. Lima: INIA.
- Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia*. Una visión conceptual y aplicada. Santiago: Universidad de Chile.
- Sánchez, V. (2012). *Crianza de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) para la producción de carne usando cuatro tipos de sustratos en la EEAs*. (Tesis de grado) Universidad Nacional del Centro del Perú: Satipo.
- Sánchez, J. (2018). *Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, Eisenia foetida y Lumbricus sp., en la provincia de Arequipa*. (Tesis de grado) Universidad de San Agustín de Arequipa
- Sánchez, R. (2008). *Agricultura orgánica*. Recuperado de [http://www.agriculturaorganicaramirosanchez.blogspot.com/2008\\_01\\_01\\_archive.html](http://www.agriculturaorganicaramirosanchez.blogspot.com/2008_01_01_archive.html).
- Salinas, F; Sepúlveda, L y Sepúlveda, G. (2014). *Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica*. Revista IDESIA 32 (2) 95-99 recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n2/art13.pdf>.

Sanzo, C. A. (2007). *Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales*.

Recuperado el 11 de Marzo de 2018, de <http://ar.dir.grou ps.yahoo.com/group/lombricultur>.

Schuldt, M; Christiansen, R; Scatturice, L y Mayo, J. (2007). *Lombricultura, desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie*. Revista Electrónica de veterinaria VIII (8) 1-10. Málaga, España.

Schuldt, M. (2006). "*Lombricultura: teoría y práctica*". España. Editorial: Mundi-Prensa.

Soto, 2003; "*El uso de y aplicación de materia orgánica en agricultura milenaria*. 3 y 4 de Marzo sabanillas, Costa Rica.

Valenzuela, M. (2011). *Elaboración de humus de lombriz utilizando cuatro fuentes de materia orgánica, para mejorar el contenido nutricional del suelo*. (Tesis de grado) Universidad técnica de Babahoyo. Disponible en [http://dspace.utb.edu.ec/bitstream /49000/112/8/T-UTB-FACIAG-AGR-000026.02.pdf](http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/112/8/T-UTB-FACIAG-AGR-000026.02.pdf).

WordPres.com (2011). *Guía de lombricultura: Una alternativa de producción*.

Mensaje de blog] disponible en <https://guiadelombricultura.wordpress.com/2011/10/03/taxonomia/>.