



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

T E S I S

**EFFECTO 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**

PRESENTADO POR

BACHILLER MIGUEL CRUZ OVIEDO

ASESOR

ING. URBANO FERMÍN VÁSQUEZ ESPINO

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

MOQUEGUA – PERÚ

2019

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Contenido	iv
CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	xii
CONTENIDO DE APÉNDICES	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xvii

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.....	3
1.4.1. Económica.....	4

1.4.2. Social.....	4
1.4.3. Ambiental.....	4
1.5. Alcances y limitaciones.....	5
1.5.1. Alcances.....	5
1.5.2. Limitaciones.....	5
1.6. Variables.....	5
1.6.1. Variables independientes.....	5
1.6.2. Variables dependientes.....	5
1.6.3. Variables intervinientes.....	5
1.6.4. Operacionalización de las variables.....	6
1.6.5. Definición conceptual de las variables.....	8
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.....	12
2.2. Marco teórico.....	14
2.2.1. Lombricultura.....	14
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	15
2.2.3. Alimentación de las lombrices.....	17
2.2.4. Elaboración de sustratos.....	20
2.2.5. Humus de lombriz.....	22

2.3.	Definición de términos.....	23
2.3.1.	Compost	23
2.3.2.	Humus de lombriz. o vernicompost	23
2.3.3.	Humus.	23
2.3.4.	Lombriz. roja californiana.....	23

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.	Tipo de investigación	25
3.2.	Diseño de la investigación	25
3.3.	Población y muestra.	25
3.3.1.	Factores de estudio.	25
3.3.2.	Características del campo experimental	25
3.4.	Descripción de instrumentos para recolección de datos.....	28
3.4.1.	Observación directa.	28
3.4.2.	Observación indirecta.....	29
3.5.	Manejo del experimento	29
3.5.1.	Preparación de lecho.	29
3.5.2.	Preparación de compost.	29
3.5.3.	Inoculación de las lombrices.....	30
3.5.4.	Alimentación complementaria.	31
3.5.5.	Control de plagas.....	31
3.5.6.	Control y manejo de humedad y temperatura.	31
3.5.7.	Evaluación y cosecha.	31

3.6.	Análisis estadístico.....	32
3.6.1.	Análisis de varianza y prueba de significancia.	32
3.6.2.	Hipótesis estadísticas	32

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación de resultados.....	34
4.1.1.	Dinámica biológica	34
4.1.2.	Producción.....	53
4.2.	Contrastación de hipótesis	61
4.3.	Discusión de resultados.....	63
4.3.1.	Número de cocones.....	63
4.3.2.	Número de juveniles.....	64
4.3.3.	Número de adultos.	65
4.3.4.	Longitud de lombrices... ..	66
4.3.5.	Peso de lombrices.	66
4.3.6.	Producción.	66

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	69
5.2.	Recomendaciones.....	70
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
	APÉNDICES.....	77

MATRIZ DE CONSISTENCIA	91
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	92

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	9
Tabla 2. Tratamientos en estudios.....	27
Tabla 3. Distribución de los tratamientos en campo	29
Tabla 4. Insumos utilizados en la preparación de compost.....	30
Tabla 5. Modelo del análisis de varianza de factorial 4 x 3.....	33
Tabla 6. Análisis de varianza N° de cocones 45 días.....	35
Tabla 7. Análisis de efectos simples,variable N° de cocones 45 días despues de la inoculación	36
Tabla 8. Prueba significación Tukey, efecto simple, factor alimento/densidad, variable N° cocones 45 días.....	37
Tabla 9. Prueba sigficación Tukey, efecto simple, factor densidad/alimento, N° cocones 45 días.....	38
Tabla 10. Análisis de varianza, N° cocones 90 días	40
Tabla 11. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor alimento, variable N° cocones 90 días	40
Tabla 12.Prueba significación Tukey, efectos principales, factor densidad, variable N° cocones 90 días	41
Tabla 13. Análisis varianza N° juveniles 90 días después de inoculación	42
Tabla 14. Análisis de efectos simples,variable N° de juveniles 90 días después de la inoculación.....	43
Tabla 15.Prueba significación Tukey, efecto simple, factor alimento/densidad, variable N° juveniles a los 90 días.....	44

Tabla 16. Prueba significación Tukey, efecto simple, factor densidad/alimento variable N° juveniles 90 días	45
Tabla 17. Análisis de varianza N° adultos a los 45 días	47
Tabla 18. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor alimento, variable N° adultos 45 días.....	47
Tabla 19. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor densidad, variable N° adultos 45 días.....	48
Tabla 20. Análisis varianza, N° adultos 90 días después de inoculación	49
Tabla 21. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor alimento, variable N° adultos 90 días.....	50
Tabla 22. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor densidad, variable N° adultos a los 90 días	51
Tabla 23. Análisis varianza, variable longitud de lombriz 45 días	52
Tabla 24. Análisis varianza, variable longitud de lombriz 90 días	52
Tabla 25. Análisis varianza, variable peso de lombriz 45 días	53
Tabla 26. Análisis varianza, variable peso de lombriz 90 día.....	54
Tabla 27. Análisis varianza, variable rendimiento lombriz 45 días.....	54
Tabla 28. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor alimento, variable rendimiento 45 días.....	55
Tabla 29. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor densidad, variable rendimiento 45 día	56
Tabla 30. Análisis varianza, variable rendimiento 90 días	57
Tabla 31. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor alimento, variable rendimiento 90 días.....	58

Tabla 32. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor densidad, variable rendimiento 90 días.....	59
Tabla 33. Análisis varianza, variable rendimiento humus 90 días.....	60
Tabla 34. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor alimento, variable rendimiento humus 90 días.....	60
Tabla 35. Prueba significación Tukey, efectos principales, factor densidad, variable rendimiento humus 90 días.....	61

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano geo referenciado de ubicación con coordenadas UTM	28
Figura 2. Flujograma de la preparación de compost.....	31
Figura 3. Promedios efecto simple, factor alimento variable N° cocones 45 días.....	38
Figura 4. Promedios efecto simple, factor inoculación variable N° cocones 45 días.....	39
Figura 5. Promedios efectos principales, factor alimento, variable N° cocones 90 días.....	41
Figura 6. Promedios efectos principales, factor inoculación, variable N° cocones 90 días.....	42
Figura 7. Promedios efecto simple, factor alimento/densidad, variable N° juveniles 90 días	45
Figura 8. Promedios efecto simple, factor inoculación/alimento, variable N° juveniles 90 días.....	46
Figura 9. Promedios efectos principales, factor alimento, variable N° adultos 45 días.....	48
Figura 10. Promedios efectos principales, factor inoculación, variable N° adultos 45 días.....	49
Figura 11. Promedios efectos principales, factor alimento, variable N° adultos 90 días.....	50
Figura 12. Promedios efectos principales, factor densidad, variable N° adultos 90 días.....	51

Figura 13. Promedios efectos principales, factor alimento, variable	
rendimiento lombrices 45 días.....	56
Figura 14. Promedios efectos principales, factor inoculación, variable	
rendimiento lombrices 45 días	57
Figura 15. Promedios efectos principales, factor alimento, variable rendimiento	
lombrices 90 días.....	58
Figura 16. Promedios efectos principales, factor inoculación, variable	
rendimiento lombrices 90 días	59
Figura 17. Promedios efectos principales, factor alimento, variable rendimiento	
humus 90 días.....	61
Figura 18. Promedios efectos principales, factor inoculación, variable	
rendimiento humus 90 días	62

CONTENIDO DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. Tablas	78
Apéndice B. Fotografías.....	79
Apéndice C. Figuras.....	79

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de ensayar la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) utilizando como fuente de compostaje rastrojos de quinua y estiércoles de alpaca, ovino, vacuno y cuy, materiales fácilmente accesibles el distrito de San Jerónimo–Cusco; que permita a la vez, demostrar las posibilidades de esta fuente de abono como complemento de la actividad productiva de los agricultores locales. Para el ensayo se procedió siguiendo la técnica convencional conocida para dicha actividad productiva que fue la preparación de compost, para después proceder a colocarlo en los contenedores, previamente preparados (30 L de capacidad con 25 kg de peso) e inocular las lombrices cliteladas (maduras sexualmente). Los factores en estudio fueron la fuente alimenticia (factor A, con niveles de compost de estiércol de alpaca, ovino, vacuno y cuy) y densidad de inoculación (factor B: teniendo como niveles a 200, 400 y 600 lombrices/UE de 25 kg de compost). Los resultados obtenidos nos permitieron concluir que el compost proveniente de alpaca y de ovino demostraron mayor capacidad de desarrollo biológico (cantidad de cocones, juveniles y lombrices adultas) y capacidad productiva (peso de lombrices y conversión de humus). Similar conclusión se tuvo en el caso de la densidad de inoculación donde sobresale el nivel 3 (600 lombrices/UE) en la dinámica biológica de la lombriz, sin embargo en la producción de humus, si bien hay diferencias estadísticas entre niveles esta no es superior al 3 %.

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

ABSTRACT

The present research work has the objective of testing the production of California red worm humus (*Eisenia foetida*) using quinoa stubble and manure of alpaca, sheep, cattle and guinea pigs, easily accessible materials in the San Jerónimo district– Cusco; that allows, at the same time, to demonstrate the possibilities of this fertilizer source as a complement to the productive activity of local farmers. For the test, we proceeded following the conventional technique known for said productive activity that was the preparation of compost, then proceed to place it in the containers, previously prepared (30 L capacity with 25 kg weight) and inoculate the cliterated (sexually mature). The factors under study were the food source (factor A, with compost levels of alpaca, sheep, cattle and guinea pig manure) and inoculation density (factor B: having as levels at 200, 400 and 600 worms / EU of 25 kg of compost). The results obtained allowed us to conclude that compost from alpaca and sheep showed greater capacity for biological development (number of heels, juveniles and adult worms) and productive capacity (weight of worms and conversion of humus). A similar conclusion was made in the case of inoculation density where level 3 (600 worms / EU) exceeds in the earthworm's biological dynamics, however in the production of humus, although there are statistical differences between levels this is not higher at 3 %.

Keywords: *Eisenia foetida*, compost, earthworm humus.

INTRODUCCIÓN

Las deficiencias de materia orgánica en los suelos, es una de las principales limitaciones de la agricultura pequeña tanto también de la gran agricultura; la materia orgánica es el ingrediente indispensables para fortalecer la fertilidad del suelo brindándole competitividad agrícola ya que su relación es directamente proporcional con la producción.

Las lombrices y particularmente *Eisenia foetida*, tienen el hábito de alimentarse de restos orgánicos semi descompuestos (compost) excretando hasta un 60 % de humus como una fuente fácilmente utilizable por el suelo para mejorar sus fertilidad y por las plantas para nutrirse (Geler, 2019).

La producción de humus de lombriz (llamado también vermicompost o lombricompost) es una actividad fácilmente replicable y que permite que los agricultores, particularmente los pequeños tengan una fuente importante de materia orgánica para el manejo de sus cultivos (Geler, 2019).

En el ámbito nacional la lombricultura aporta significativamente al establecimiento de la agricultura sostenible urbana en el Perú existiendo una relación entre los agricultores y el empleo del humus en el ámbito rural, que permite afirmar que es de fácil producción, mejora desarrollo de plantones para los viveristas, mejor desarrollo de plantas, buen resultado en las flores (Vásquez e Iannacone, 2014).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

La materia orgánica es la proporción del suelo que afecta a las propiedades químicas y físicas y a la salud general de los suelos, siendo sus principales aportes la mejora de la estructura y textura, favoreciendo la retención de humedad, además del aporte nutricional. La mayoría de los suelos del Perú presentan serias deficiencias de materia orgánica, representando esto uno de los principales limitantes de la producción después del agua, y el compost de lombrices representaría una fuente recomendable de materia orgánica (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO], 2015).

El humus de lombriz es una fuente de materia orgánica de excelente calidad ya que tiene la ventaja de haber sido pre digerido por ellas, haciéndolo un compost (vermicompost) rápidamente humificable; por ello su utilización es muy recomendada, sin embargo tiene un alto costo para obtenerlo.

Las lombrices se alimentan de materia orgánica, cuyo origen es la descomposición de diversas fuentes de materia orgánica que luego de digerir parcialmente son excretadas con un avanzado nivel de descomposición, facilitando

la humificación y formación de humus, e intervienen en mejorar la calidad física, química y biológica del suelo, incrementando la producción de cultivos, aportando nutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio (Fondo de Cooperación de las Naciones Unidas [FONCODES], 2014).

Los resultados de rendimiento de vermicompost son erráticos, debido a que las características del sustrato, afectan directamente el estado y multiplicación de este organismo ya que dependen en gran medida del tipo y calidad de alimento proveído. Por ello se tiene que conocer el efecto de las fuentes de alimento, en la dinámica poblacional y su capacidad productiva (Durán y Henríquez, 2009).

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿Qué efecto tienen diferentes fuentes de alimentación y densidades de inoculación, en la dinámica biológica y de producción de la lombriz roja californiana en el distrito de San Jerónimo - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cuál será el efecto, en la dinámica biológica de la lombriz roja californiana, alimentadas con compost obtenido de cuatro fuentes y tres densidades de inoculación en el distrito de San Jerónimo - Cusco?

¿Qué efecto tiene, la utilización de cuatro fuentes diferentes de alimentación y tres densidades de inoculación en la producción de la lombriz roja californiana, en el distrito de San Jerónimo - Cusco?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar el efecto de la fuente alimenticia y densidad de inoculación en la dinámica biológica y productiva de la lombriz roja californiana en el distrito de San Jerónimo - Cusco.

1.3.2. Objetivos específicos.

Determinar el efecto de la fuente de alimentación y tres densidades de inoculación, en su dinámica biológica de la lombriz roja californiana, en el distrito de San Jerónimo - Cusco.

Evaluar el efecto de la fuente de alimentación y densidad de inoculación en la capacidad productiva de la lombriz roja californiana, en el distrito de San Jerónimo - Cusco.

1.4. Justificación

La lombricultura ofrece a la agricultura una alternativa de mejora de la fertilidad del suelo, ya que el humus de lombriz es un biorregulador, fertilizante y corrector orgánico del suelo, de la tierra, además de proteger de enfermedades y plagas así como cambios bruscos de temperatura y humedad. Es un mejorador y corrector de suelos por excelencia dado que mejora la estructura y aireación del suelo, incrementa la asimilación de nutrientes e incrementa la capacidad de retención del agua (Enríquez y Soto, 2017).

La práctica de lombricultura en el Perú, y en particular en el departamento del Cusco, es incipiente, a pesar de conocer sus enormes beneficios que representa en la agricultura especialmente la orgánica, ello ocurre por desconocimiento de las técnicas y proceso de producción, realizadas en la actualidad en algunos sectores de manera deficiente, pero también existe la necesidad de evaluar algunos factores del proceso productivo como las fuentes de alimento y densidades de inoculación que garanticen producción eficientes y oportunas; que favorezcan una agricultura sostenible.

1.4.1. Económico.

En lo económico se justifica por ofrecer, al productor andino una fuente de ingresos adicional en sus actividades, ocurrido por la venta de humus de lombriz o por la reducción del gasto en abonos que mejoran su producción y generan mejores ingresos.

1.4.2. Social.

La disposición sostenible y ordenada de residuos de cosecha, sin quemar ni abandono, además de generar orden social genera intercambio de conocimientos y compartir de experiencias en estrategias que se alinean con el pensar campesino, favoreciendo buenas relaciones.

1.4.3. Ambiental.

Justifica su ejecución, porque siendo una técnica de reciclaje ambientalmente limpia, reduce los efectos que ocasionan el quemado de rastrojos, contaminación por efecto del estiércol al aire libre y además de aportar a la producción orgánica; aportando a la alimentación sana de la comunidad.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances.

Los resultados obtenidos al evaluar la utilización de diversas fuentes alimenticias con tres intensidades de inoculación, en la crianza de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en San Jerónimo- Cusco; permite entender los probables resultados a obtener en la práctica de la lombricultura de los productores locales.

1.5.2. Limitaciones.

Factores adversos en el proceso productivo como: contaminación genética de la especie, clima, plagas u otros, que podrían alterar resultados.

1.6. Variables

1.6.1. Variables independientes.

Fuente de alimentación de lombrices.

Densidad de inoculación de lombrices.

1.6.2. Variables dependientes.

Dinámica biológica.

Aptitud productiva.

1.6.3. Variables intervinientes.

Humedad del sustrato.

Temperatura del sustrato.

1.6.4. Operacionalización de las variables.

1.6.4.1. Variables independientes.

- **Fuente de alimento de lombrices:** Se preparó a una fuente base de residuos orgánicos a base de rastrojo de quinua y estiércol de: Vacuno, ovino, alpaca, cuy: los que entraron en un proceso de descomposición para producir compost.

- **Densidad de inoculación:** Considerando, que una lombriz consume diariamente el equivalente a su peso en alimento y sabiendo que el peso promedio de cada lombriz es de 0,5 g y el peso de compost de 25 kg/UE, que será consumido en un máximo de 90 días por el tratamiento con mayor población, se inocularon tres densidades: 200, 400, 600 lombrices por tratamiento.

1.6.4.2. Variables dependientes.

a. Dinámica biológica.

- **Número de cocones:** Para la determinación de esta variable se contaron el número de cocones presentes en 500 g de vermicompost.

- **Número de juveniles:** Para la determinación de esta variable se contó el número de individuos juveniles de categoría A (menores a 2 cm) y juveniles de categoría B (mayores a 2 cm) en 500 g de vermicompost.

- **Número de adultos:** Para la determinación de esta variable se contó el número de individuos adultos cliteliados o no, presentes en 500 g de vermicompost.

- **Tamaño de lombrices adultas:** Para la determinación de esta variable se midió las dimensiones de longitud de 20 lombrices adultas por unidad experimental.
- **Peso de lombrices:** Se tomó 20 lombrices de la UE y se consideró el peso promedio, para determinar el peso individual de cada lombriz adulta.

b. Producción.

- **Rendimiento en peso de lombrices:** Para la determinación de esta variable se procedió a pesar todas las lombrices encontradas adultas de cada unidad experimental.
- **Rendimiento de vermicompost:** Para determinar esta variable se procedió a separar las lombrices y luego se determinó el peso de vermicompost obtenido por cada unidad experimental.

1.6.4.3. Variables intervinientes.

- **Humedad del sustrato:** Se realizaban constantemente verificaciones de humedad del sustrato para que permanezca con valores de 70 – 80 % por considerarlo muy importante en el desarrollo del presente trabajo.
- **Temperatura del sustrato:** Semanalmente se comprobó la temperatura del sustrato tanto de día como de noche para asegurar la temperatura adecuada de 20 a 25 °C sin bajar de 12° ni por encima de 25 °C (Díaz, 2002).

Tabla 1*Operacionalización de variables*

Variable	Sub variable	Indicador	Unidad de medida	Instrumentos
Independiente:				
Fuente de alimento (base de compost)	Estiércol vacuno	25 kg/UE	kg	Peso
	Estiércol ovino	25 kg/UE	kg	Peso
	Estiércol de alpaca	25 kg/UE	kg	Peso
	Estiércol de cuy	25 kg/UE	kg	Peso
Densidad de inoculación	Densidad I	Lombrices/UE	Número	Conteo
	Densidad II	Lombrices/UE	Número	Conteo
	Densidad III	Lombrices/UE	Número	Conteo
Dependiente:				
Dinámica biológica	Número de huevos	Unidades	Número	Conteo
	Número de juveniles	Unidades	Número	Conteo
	Número de adultos	Unidades	Número	Conteo
	Tamaño de lombrices	Longitud	cm	Medición
	Peso de lombrices	Masa	g	Pesado
Producción	Rendimiento humus	Peso/UE	kg	Peso
	Rendimiento de lombrices	Peso/UE	g	Peso
Intervinientes	Humedad del sustrato	Humedad	%	Prueba campo
	Temperatura de sustrato	Temperatura	°C	Medición

Nota: UE = Unidad Experimental**1.6.5. Definición conceptual de las variables.**

- **Fuente de alimento de lombrices:** Las sustancias orgánicas como celulosa, pectina y otros se degradan, producto de la actividad de los microorganismos, a otras más simples (compost) las mismas que son ingeridas por las lombrices (Díaz, 2002).
- **Densidad de inoculación:** Ndegwa, Thompson y Das (1999) concluyen que una densidad de carga de 1,25 kg de alimento/kg de lombrices/día, aunque también dicen que 0,75 kg resulta en mejor compostado, donde consideran que 1 kg de

lombrices requiere consumir 1 kg de alimento/día citados por Romero, Sánchez y Gutiérrez (2015).

La lombriz roja pesa aproximadamente 1 g, y alcanza su tamaño definitivo en siete meses, unos 8-10 cm y un peso de 1 g, según Cabrera (2006), Sin embargo Duran y Henríquez (2009) indican que las lombrices alcanzaron un mínimo de 0,34 g y un máximo de 0,66 g.

- **Número de cocones:** Las lombrices fecundadas depositan tres capsulas de paredes resistentes (llamadas cocones), contienen de tres a 10 lombrices (Díaz, 2002).
- **Número de juveniles:** A los 21 días emergerán de dos a 10 individuos juveniles de cada cocón, que sólo pueden reproducirse a los tres a cuatro meses (Cabrera, 2006).
- **Número de adultos:** La población de las lombrices puede alcanzar en buenas condiciones de crianza a 50 000 lombrices por m² de cama, citado por Garavito, Morales y Chávez (2010).
- **Tamaño de lombrices adultas:** Las lombrices adultas alcanzan entre ocho - 10 cm de longitud, y unos tres - cinco mm de diámetro (Cabrera, 2006).
- **Peso de lombrices:** Cada tres meses en condiciones óptimas, una lombriz puede llegar a dar 100 lombrices, el peso de lombrices por volumen de vermicompost nos permite calcular el rendimiento promedio en lombrices (Tenecela, 2012).
- **Rendimiento en peso de lombrices:** Duran y Henríquez (2009) manifiestan que

Eisenia foetida puede reproducirse a una tasa de 1500 crías por año, llevado a peso representaría 750 g por lombriz.

- **Rendimiento de vermicompost:** Las lombrices consumen en compost el equivalente aproximado de su peso de ello el 40 % lo usa para proceso metabólico y el 60 % lo excreta como vermicompost (Díaz, 2002).
- **Humedad del sustrato:** Recurriendo al método descrito por Ferruzi (1986) citado por Durán y Henríquez (2009) donde nos indica que una manera práctica de comprobar el estado de humedad ideal del sustrato es, comprimiendo un puñado del material en la mano y se debe observar que no suelte agua; entonces podemos afirmar que las condiciones la humedad del sustrato se encuentran entre 70 – 80 % (ambiente adecuado para el desarrollo de las lombrices).
- **Temperatura del sustrato:** Semanalmente se comprobó la temperatura del sustrato tanto de día como de noche para asegurar la temperatura adecuada de 20 a 25 °C sin bajar de 12 °C ni por encima de 25 °C (Díaz, 2002).

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

La fuente alimenticia y la densidad de inoculación influyen en la dinámica biológica y producción de la lombriz roja californiana en el distrito de Jerónimo - Cusco.

1.7.2. Hipótesis específicas.

La fuente de alimentación y la densidad de inoculación, influyen en los procesos

biológicos (número de cocones, número de juveniles, longitud de lombrices, peso de lombrices) de la lombriz roja californiana en el distrito de San Jerónimo - Cusco.

La fuente de alimentación y la densidad de inoculación, influye en la capacidad productiva (lombrices y humus) de la lombriz roja californiana en el distrito de San Jerónimo - Cusco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Loza, Choque, Pillco, Huayta y Cutili, Chambi (2010) en su trabajo titulado “Comportamiento de la lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina como sustrato”, realizado en el módulo de microbiología ambiental, en instalaciones de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa (UACCP), Campus Leahy, ubicado en Coroico Nor Yungas del departamento de La Paz-Bolivia, tuvieron como estudiar el comportamiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia* spp.) y la lombriz silvestre (*Lumbricus* spp.) en dos sustratos a fin mejorar la calidad del vermicompost producido por estos anélidos, estudiando el comportamiento de sustratos: bosta bobina (estiércol) y rumia bovina (rumia) en 40 unidades experimentales de 0,2 m de ancho x 0,25 m de largo x 0,4 m de profundidad, cada unidad presentaba una densidad de: 5, 10, 15, 20 y 25 individuos con dos repeticiones de cada una en 1000 g de sustrato. Se determinó el número de cocones, número de individuos a las ocho semanas, porcentaje de degradación del sustrato. Los resultados indican que los sustratos estiércol son mejores en la dinámica poblacional de *Eisenia* spp en comparación con *Lumbricus* spp.

Posiblemente las características físicas y químicas del estiércol y la rumia influyeron en este tipo de comportamiento de *Eisenia* spp.

López, Raudel, Armenta, y Félix (2013) en su trabajo titulado “Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)” realizado en El Fuerte, Sinaloa, México, compararon tres mezclas: rastrojo de frijol, estiércol de bovino; aserrín, estiércol de bovino e inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche; y aserrín y estiércol de bovino. La conclusión a la que llegaron fue que: T2: Aserrín, estiércol de bovino e inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche; presentó las mejores características para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana, así como la mejor calidad del humus en función del contenido de nutrimentos.

Tejada (2010) menciona en las conclusiones de su trabajo titulado “Producción de lombriz roja californiana y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo” en Honduras; donde los resultados muestran que el estiércol de cerdo es el mejor debido a que hay mayor cantidad de materia orgánica y mayor población de lombrices en comparación con el de vaca y cabra que tuvieron similar resultado y el caballo quedó en último lugar.

Schuldt, Rumi y Gutierrez (2004) en su trabajo denominado “Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas; realizado en México, tuvieron como objetivos: analizar los datos relativos a densidades de *Eisenia foetida*, resultantes del muestreo de distintas materias orgánicas (MO) (estiércoles vacunos, equinos, ovinos, aves y la fracción biodegradable de los residuos sólidos urbanos –RSOB-)

de uso habitual en lombricultura, y establecer relaciones con la estructura de la población, que permitan inferir si el tamaño de la población tiende o no a la capacidad de porte del alimento que se utiliza en el marco de determinada modalidad de conducción del cultivo. Los resultados indican que las insemnaciones con baja densidad de lombrices permiten un rápido crecimiento de la población. La densidad creciente de lombrices tras la siembra incide negativamente sobre la producción de nuevos individuos. Cuando la población del vermicultivo tiende a la capacidad de porte (apiñamiento que permite el sustrato / alimento) la reproducción se reduce al mínimo, se puede optimizar el crecimiento de la población subdividiendo a otros sectores.

Ccasani y Poma (2012) en su tesis cuyo título es de “Evaluación de la población, peso y longitud de la lombriz roja californiana alimentadas en compost y estiércol de bovino y ovino en la ciudad de Huancavelica”, indico que el diseño empleado fue, diseño completamente al azar (DCA) con arreglo en factorial de 2 x 2 donde los resultado muestran que el mejor estiércol es de bovino con 202 149,38 lombrices/m³ y el de ovino con 87 836,22 lombrices/m³; en cuanto a peso y longitud no hubo diferencia.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Lombricultura.

Garavito et al. (2010) definen a la lombricultura como una técnica biotecnológica que empleando un agente biológico como la lombriz, transforma residuos

orgánicos, biodegradables a escala industrial, en humus; así como generar proteína no convencional y lombrices para fines curativos.

Romero et al. (2015) afirman que la lombricultura es una práctica sencilla y fácil de integrar a los sistemas agrícolas, proporciona un abono de alta calidad y rico en nutrientes. Sánchez (2008) lo denomina vermicompost indicando que su relación carbono/nitrógeno, deberá estar entre 20 a 25. La producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de no presentar enfermedades y fácil manejo (Acosta y Brand, 1992).

La lombriz roja 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).

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y deyectan el 60 % aproximadamente transformado en humus de lombriz (Cabrera, 2006).

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Schuldt (2004) propone la siguiente clasificación de la lombriz roja californiana:

Reino: Animal

Filo: Annelida

Clase: Clitellata

Sub clase: Oligochaeta

Orden: Haplotaxida

Familia: Lumbricidae

Género: *Eisenia*

Especie: *E. foetida*.

La lombriz tiene algunas características particulares como por ejemplo no muestra preferencia por el tipo de suelo, su metabolismo es muy elevado, tiene gran capacidad para vivir en pequeñas áreas, haciendo que su número sea elevado por área de terreno, con alta tasa de fecundidad, la lombriz *Eiseinia foetida* ha sido investigado en laboratorio como en campo a diferentes altitudes (Schuldt, 2004).

Los investigadores reportan que la lombriz roja come en forma diaria el mismo peso de su organismo, por lo que requieren de altas cantidades de materia orgánica para su supervivencia, no vive mucho tiempo en suelos en donde no hay materia orgánica. Las lombrices tiene dos sexos por individuo, su propagación sexual es cruzada, donde poseen un capullo (cocón) cada 10 a 30 días. Cada capullo contiene de dos a 10 lombrices, naciendo a los 21 días posteriores, siendo juveniles, y no se reproducen hasta después de 90 a 120 días donde ya son adultas (Geler, 2019).

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

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; concluyendo entonces, que la fuente de alimento podría influir en la dinámica poblacional y capacidad productiva de la lombriz roja californiana.

2.2.3. Alimentación de las lombrices.

Las lombrices se alimentan netamente de 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. Además ellas se alimentan de materiales en descomposición y no de materiales frescos (Soto, 2003).

Para comer, la lombriz, chupa la comida a través de su boca, denominada probóscide, en estómago unas glándulas especiales segrega carbonato cálcico, que neutraliza los ácidos presentes en la comida ingerida (Cabrera, 2006).

El alimento a proporcionar a las lombrices debe venir una materia orgánica de producción nueva, la descomposición debe ser aeróbico, con humedad ideal, sin la incorporación de cenizas o materiales incinerados durante la fase de elevación térmica. No procedan de lugares riesgosos para la salud humana como hospitales, clínicas, laboratorio y otros lugares, que no tengan riesgo biológico como virus, bacterias patógenas, material resistente a protozoos, nematodos, ni restos de

material que se ha correado insumos químicos como insecticidas, herbicidas que contengan materiales proveniente de extracciones mineras que contengan metales pesados como plomo, cadmio cromo zinc, níquel mercurio etc. (Schuldt, 2004).

Según Sánchez (2008) los procesos de descomposición o tratamiento de los estiércoles crean desgaste de masa y de energía, los procesos que involucran biomasa generan residuos de materia orgánica y se pueden agrupar de cuatro formas que son: desperdicios urbanos, los materiales que proceden del corte de áreas verdes (pastos, malezas, restos vegetales de árboles y arbustos), los agroindustriales que viene a ser restos de la industria (bagazo, la cachaza y el bagacillo).

Los materiales o residuos agropecuarios que producen en las chacras o parcelas de los agricultores como los estiércoles de los animales que crían y son los bovinos, ovinos, cuyes, conejos, gallinas y porcinos etc, se utilizan para el vermicompostaje (Gómez, 2000).

Las principales fuentes de alimento son:

- De origen vegetal: Constituido por cáscaras de frutas, verduras, hojas, tallos, semillas, frutos, forrajes, gramíneas, leguminosas otros agrícolas como forestales, - en alimento para las lombrices (Fernández y Hernández, 2006).
- De origen animal: Son todos los estiércoles de los animales domésticos, orines, huesos de animales previamente pulverizados o hechos polvo, plumas de aves, cama en el lecho de los animales etc. No se incluye a la gallinaza, debido a su alto contenido en metano que es letal para las lombrices (Acosta y Brand, 1992).

- Estiércoles: Es un residuo orgánico importantísimo en la agricultura porque interactúa con el suelo proporcionando macro y micro nutrientes que generan un aumento en los rendimientos de los cultivos y también mejoran de porosidad, humedad, disminuye la dureza o compactación del suelo además de las características físicas y químicas de los suelos (Parra, 2008).

El estiércol está compuesto de dos componentes originarios, el sólido y el líquido, en una relación aproximada de tres a uno (3:1). Para el caso del nitrógeno orgánico es más de la mitad del nitrógeno total que contiene el estiércol, el fósforo se encuentra en forma de ácido fosfórico, para el caso del potasio casi alrededor de dos quintos se halla en el estiércol sólido, además contiene calcio, magnesio, azufre y gran parte de los micro elementos (Schuldt, 2004).

Los estiércoles de los animales domésticos tiene ventajas innatas frente a los fertilizantes convencionales y son que tienen humedad, variabilidad de los elementos nutritivos y los nutrientes están en equilibrio (Schuldt, 2004).

- Humedad y variabilidad: La humedad de los estiércoles pueden variar de 50 a 80 % dependiendo de su estado, fresco, seco o un poco fermentado (Tito, 2014).

Los elementos nutritivos del estiércol para el caso de los macro elementos como es el caso del nitrógeno en promedio es de 0,5 %, fósforo 0,25 % y potasio 0,5 % por ello que una tonelada de estiércol proporciona solo 5,0; 2,5 y 5,0 kg de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente (Parra, 2008).

2.2.4. Elaboración de sustratos.

La literatura menciona que a pesar de la adaptabilidad que presentan las diferentes especies de lombriz, las características del sustrato o material de crecimiento, afectan directamente el estado y multiplicación de este organismo (Duran y Henríquez, 2009).

El sustrato es la primera capa que se coloca en la cama de producción y sobre la cual se incorporan las lombrices. El sustrato es su alimento (desechos orgánicos previamente compostados). Es posible el empleo de diversos desechos orgánicos. La preparación del sustrato alimentario debe ser muy cuidadosa para no perder nutrientes (Echegoyen y Linares, 2008).

Las principales características de los sustratos son:

2.2.4.1. Humedad.

Es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción. Debe estar entre el 70 y 80 %. Una humedad superior al 85 % hace que las lombrices entren en un período de latencia y se afecta la producción de vermicompost y reproducción. Debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable y debajo del 55 % son mortales para las lombrices (Geler, 2019).

La prueba para medir el porcentaje de humedad en el sustrato se conoce como prueba de puño, la cual consiste en agarrar una cantidad del sustrato con el puño de una mano, posteriormente se le aplica fuerza normal, y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80 % aproximadamente. En cualquier caso es mejor utilizar un medidor de humedad (Geler, 2019).

2.2.4.2. *Temperatura.*

Es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción (vermicompost) y fecundidad de las cápsulas. Una temperatura entre 18 a 25 °C es considerada óptima, que conlleva el máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende por debajo de 15 °C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad. Van dejando de reproducirse, crecer y producir vermicompost; los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones (Echegoyen y Linares, 2008).

2.2.4.3. *pH.*

Según Geler (2019) el pH tiene por finalidad medir lo alcalino o ácido que se encuentra el compost, estiércol o agua. Las lombrices se desenvuelven muy bien en pH de 5,0 a 8,4, esto se puede medir con un papel indicador o un pH-metro, fuera de este valor la lombriz entra en latencia, la fermentación se hace de forma anaeróbica donde entran en actividad una serie de microorganismos que degradan el material de estiércol, el objetivo de muchas personas es que el sustrato esté en pH de 7,5 a 8,0 y tenga una temperatura de 18 a 25 °C.

2.2.4.4. *Limitantes de los sustratos.*

La presencia de fitotoxinas, como fenoles, ácidos grasos volátiles, óxido de etileno, afecta el crecimiento y reproducción de las lombrices. En la etapa de calor latente: si el residuo no ha pasado por la fase de descomposición inicial y no ha liberado la energía o calor correspondiente, este puede ocasionar serios problemas a las raíces

de las plantas cultivadas como presencia de patógenos o la presencia de restos de hospital pueden generar una epidemia generalizada a la población (Geler, 2019).

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 (Echegoyen y Linares, 2008).

2.2.5. Humus de lombriz.

El humus de lombriz es la digestión de materia orgánica (compost de estiércol descompuesto, vegetales, etc.) por lombrices, dando como resultado un abono completo y de calidad, se puede producir desde el nivel del mar hasta los 3800 msnm (Ocampo, 1990).

El humus de lombriz, es llamado también como vermicompost es un tipo de compost en la que algunas lombrices de tierra como *Eisenia foétida*, *Eisenia andrei* y *Lumbricus rubellus*, transforman los residuos orgánicos en un subproducto estable denominado humus; que es producido por la ingesta de alimento que pasa por el tubo digestivo de la lombriz (Tito, 2014).

El humus de lombriz puede ser incorporado antes o después de la siembra de cultivos y puede ser aplicado en forma esparcido o en hoyado en donde se

desarrolla la raíz de las plantas, al estar descompuesto sus nutrientes son fácilmente disponibles o asimilados por las plantas (Mosquera, 2010).

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).

2.3.2. Humus de lombriz o vermicompost.

El vermicompost es 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. 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*). 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 (Schuldt, 2006).

2.3.3. Humus.

El humus es la sustancia que proviene de la descomposición de restos orgánicos producida por organismos y microorganismos beneficiosos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes superiores de suelos con actividad orgánica (Barreira, 1978).

2.3.4. Lombriz roja californiana.

Aunque, en principio, puede utilizarse cualquier lombriz terrestre, el animal recomendado para la producción del humus es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Las razones en que se basa la elección de esta especie son: Longevidad (aproximadamente 16 años), es hermafrodita pero muy prolífica, es muy voraz (cada individuo ingiere diariamente una cantidad de materia orgánica equivalente a su propio peso) (García, 2008).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Debido a que hay manipulación de variables, nos encontramos en una investigación de tipo experimental (Bisquerra, 2016).

3.2. Diseño de la investigación

La investigación presenta un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 4 x 3, con dos repeticiones, haciendo un total de 24 tratamientos.

3.3. Población y muestra.

La población estuvo constituida por 24 unidades experimentales denominados lechos de crianza, de 25 kg de compost cada una las que fueron inoculadas con lombrices para realizar la conversión a vermicompost. Schuldt (2004) citado por Duran y Henríquez (2009) recomiendan hacer muestreos con un cilindro de una capacidad de 500 cm³. En este caso por estar trabajando con unidades de peso, se consideró muestras de 500 g, de vermicompost de cada unidad experimental, para determinar las variables en estudio y relacionarlo con el peso total de la unidad.

3.3.1. Factores en estudio.

Tabla 2

Tratamientos en estudio

Factor A Fuente de alimento Niveles	Factor B Densidad de inoculación Niveles	Tratamientos
A ₁ : Compost de vacuno	B ₁ : 200 unidades/UE	T ₁
	B ₂ : 400 unidades/UE	T ₂
	B ₃ : 600 unidades/UE	T ₃
A ₂ : Compost de ovino	B ₁ : 200 unidades/UE	T ₄
	B ₂ : 400 unidades/UE	T ₅
	B ₃ : 600 unidades/UE	T ₆
A ₃ : Compost de alpaca	B ₁ : 200 unidades/UE	T ₇
	B ₂ : 400 unidades/UE	T ₈
	B ₃ : 600 unidades/UE	T ₉
A ₄ : Compost de cuy	B ₁ : 200 unidades/UE	T ₁₀
	B ₂ : 400 unidades/UE	T ₁₁
	B ₃ : 600 unidades/UE	T ₁₂

Nota: UE= Unidad Experimental

3.3.1.1. Factor A.

Fuente de estiércol para el compostaje

Con niveles de:

- A₁: Estiércol de vacuno
- A₂: Estiércol de ovino
- A₃: Estiércol de alpaca
- A₄: Estiércol de cuy

3.3.1.2. Factor B.

Densidad de inoculación

Con niveles de:

- B₁: 200 lombrices por UE
- B₂: 400 lombrices por UE
- B₃: 600 lombrices por UE

3.3.2. Características del campo experimental.

3.3.2.1. Lugar de la ejecución.

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito San Jerónimo, provincia Cusco y departamento del Cusco, siendo su ubicación geográfica la siguiente:

Latitud sur : 13° 33' 11.10"

Longitud oeste : 71° 52' 29.33"

Altitud : 3225 msnm



Figura 1. Plano georreferenciado con coordenadas UTM.

3.3.2.2. *Campo experimental.*

El campo experimental estuvo constituido por 24 lechos (unidad experimental), con 0,032 m²/ cada una, haciendo un área neta total de 3,84 m².

3.3.2.3. *Unidad experimental.*

La unidad experimental representaba un lecho de madera con dimensiones de 0,4 m de largo; 0,4 m de ancho y 0,2 m de altura; con capacidad de 0,032 m³ (32 L), equivalente en peso de sustrato (compost) de 25 kg por cada lecho.

3.3.2.4. *Distribución de tratamientos.*

Tabla 3

Distribución de los tratamientos en campo

Repetición	Tratamientos											
I	T10	T4	T9	T1	T8	T3	T12	T11	T6	T2	T5	T7
II	T6	T9	T5	T4	T12	T2	T8	T10	T3	T7	T11	T1

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1. *Observación directa.*

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

3.4.2. Observación indirecta.

Esta técnica la utilizamos para obtener datos de medición que necesitan de un laboratorio y mediante sus equipos se logró determinar resultados de análisis de suelo, humus y compost.

3.5. Manejo del experimento

3.5.1. 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.

3.5.2. Preparación de compost.

Para la preparación de la materia orgánica (compost) se utilizó una parte de estiércol (vacuno, ovino, alpaca y cuy) otra parte de rastrojos del cultivo de quinua, tierra agrícola, ceniza y agua.

Tabla 4

Insumos utilizados en la preparación de compost

Insumos	kg/tratamiento	kg/cuatro tratamientos
Rastrojo de quinua	75	300
Estiércol	75	300
Tierra agrícola	15	60
Ceniza	1	4
Sub total sin agua	166	664
Agua de manante	240	960
Total	406	1624
Total conversión compost	150	600

El procedimiento consistió en incorporar una capa de rastrojos de quinua, sobre la cual agregamos otra capa de estiércol y sobre ello esparciremos tierra de chacra y ceniza a modo de espolvoreo; para luego humedecerlo, cubrirlo con plástico y se dejarlo reposar.

Luego de 15 días se procedió con el volteo y se volvió a cubrir con plástico, a partir de ese momento se repitió esta labor semanalmente, hasta lograr una mezcla uniforme libre de malos olores y bajo temperatura ambiente, esto se pudo observar aproximadamente pasado los a los 60 días de iniciado el proceso.

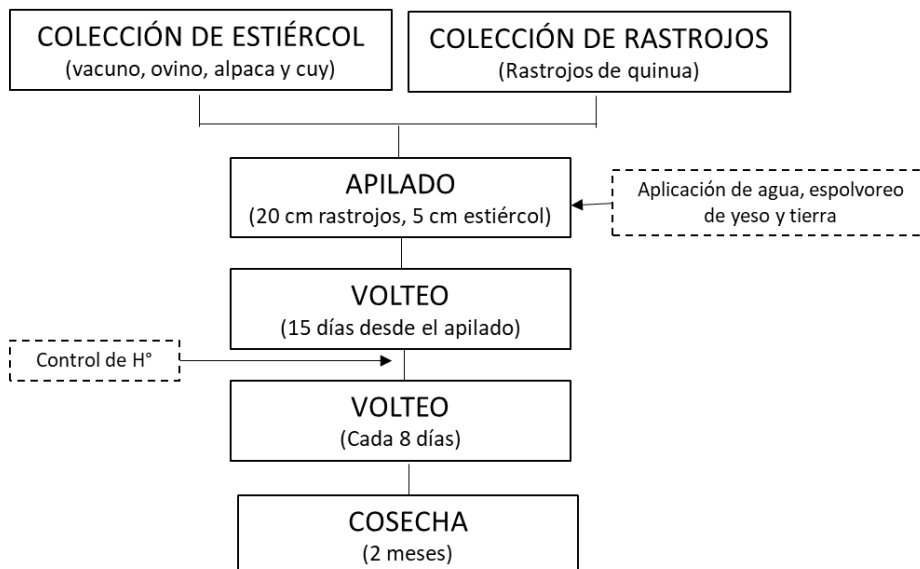


Figura 2. Flujograma de la preparación del compost.

3.5.3. Inoculación de las lombrices.

Con el compost logrado, se incorporó 25 kg en cada lecho de acuerdo al tipo de fuente de compostaje (vacuno, ovino, alpaca y cuy) orientándonos con el croquis del diseño experimental. Sobre ello se inoculó las lombrices en la densidad correspondiente a cada tratamiento; las lombrices que se incorporaron fueron

aquellas que tenían desarrollado y visible el anillo clitelar (Durand y Henríquez, 2009) señal de su madurez sexual.

La humedad adecuada del compost debería fluctuar entre 70 a 80 %, y para asegurarnos de ello utilizamos la técnica de la prueba del puño, que consistió en tomar un puñado de compost y apretar con la mano: Si emiten apenas unas gotas, estamos en lo óptimo (aproximadamente 80 %) si se aprecia un chorro esta, demasiado húmedo si se siente seca, entonces tiene poca humedad (Cabrera, 2006).

3.5.4. Alimentación complementaria.

Además del compost inicial a la inoculación de lombrices se incorporó una porción de papaya, para que ayude con la buena adaptación y aclimatación.

3.5.5. Control de plagas.

Como prevención, todas las unidades experimentales fueron cubiertas con malla raschel, para evitar la acción de depredadores como, aves, zorrino, entre otros.

3.5.6. Control y manejo de humedad y temperatura.

Para garantizar condiciones biológicas adecuadas se realizó el control semanal de la humedad y temperatura del sustrato (compost) de cada unidad experimental.

3.5.7. Evaluación y cosecha.

Las evaluaciones se realizaron en dos momentos; a los 45 días y a los 90 días desde la inoculación de lombrices. La cosecha final ocurrió a los 90 días aproximadamente, cuando ya no tenían el volumen de alimento estimado.

3.6. Análisis estadístico

3.6.1. Análisis de varianza y prueba de significancia.

Para el análisis de datos utilizamos la técnica de análisis de varianza (ANVA), haciendo uso de la prueba de “F” a nivel de significación de 0,05 y 0,01 para comprobar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, también se utilizó la prueba de significación de Tukey, a una probabilidad $\alpha = 0,05$.

Tabla 5

Modelo del análisis de varianza de factorial 4 x 3

FV	GL	SC	CM	FC
Factor A	3	Sc(A)	Sc(A)/(a-1)	CM (A)/CM _E
Factor B	2	Sc(B)	Sc(B)/(b-1)	CM (B)/CM _E
Interacción AB	6	Sc(AB)	Sc(AB)/(b-1)	CM (AB)/CM _E
Error experimental.	12	Sc Error	ScE/ab(n-1)	
Total	23			

Fuente: Calzada, 1982

3.6.2. Hipótesis estadísticas.

3.6.2.1. Para repeticiones.

H₀: existen repeticiones homogéneas entre sí

H₁: no existen repeticiones homogéneas entre sí

3.6.2.2. Para los factores.

H₀: No existen diferencias significativas entre los promedios de los factores en la variable respuesta

H₁: Si existen diferencias significativas entre los promedios de los factores en la variable respuesta

3.6.2.3. Para la interacción.

H₀: No existe interacción entre factores

H₁: Si existe interacción entre factores

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

3.6.2.4. Regla de decisión.

Si $F_c \leq F_{0,05}$ no se rechaza la H₀

Si $F_{0,05} < F_c < F_{0,01}$ se rechaza la H₀

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Dinámica biológica.

4.1.1.1. Número de cocones.

Tabla 6

Análisis de varianza para la variable número de cocones a los 45 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	55295,458	18431,819	157,257	3,490	5,950	**
Factor B	2	8789,250	4394,625	37,494	3,890	6,930	**
A x B	6	5105,417	850,903	7,260	3,000	4,820	**
E.E.	12	1406,500	117,208				
Total	23	70596,625					

Nota: CV = 14,222 %; ** = Altamente significativo

En la tabla 6, observamos que hay diferencias altamente significativas en interacción entre los factores A (fuente de alimento) y el factor B (densidad de inoculación). De la misma manera, podemos observar diferencias altamente

significativas para los efectos principales del factor A y para los efectos principales del factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 14,2 %, según este resultado se considera confiable para el experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 7

Análisis de efectos simples en la variable número de cocones a los 45 días después de la inoculación.

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A en B ₁	3	9937,375	3312,458	28,261	3,490	5,950	**
A en B ₂	3	16636,500	5545,500	47,313	3,490	5,950	**
A en B ₃	3	33827,000	11275,667	96,202	3,490	5,950	**
B en A ₁	2	13,000	6,500	0,055	3,890	6,930	ns
B en A ₂	2	3033,333	1516,667	12,940	3,890	6,930	**
B en A ₃	2	2564,333	1282,167	10,939	3,890	6,930	**
B en A ₄	2	8284,000	4142,000	35,339	3,890	6,930	**
E.E.	12	1406,500	117,208				

Nota: ns = No significativo; ** = Altamente significativo

En la tabla 7 según el análisis de efectos simples, en la variable número de cocones a los 45 días después de la inoculación, nos muestra que existen diferencias altamente significativas para el factor A con respecto a los tres niveles del factor B (B₁, B₂ y B₃). En el caso del factor B para cada de nivel del factor A podemos observar que existen diferencias altamente significativas en los niveles A₂, A₃ y A₄. Sin embargo, para el nivel A₁ no se hallaron diferencias significativas.

Tabla 8

Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor fuente de alimento con respecto al factor densidad de inoculación en la variable número de cocones a los 45 días.

N°	Fuente de alimento	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A ₄ : Compost de alpaca	B ₁ : 200	104	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	B ₁ : 200	67	b	2°
3	A ₃ : Compost de cuy	B ₁ : 200	22	c	3°
4	A ₁ : Compost de vacuno	B ₁ : 200	18	c	3°
1	A ₄ : Compost de alpaca	B ₂ : 400	148	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	B ₂ : 400	72	b	2°
3	A ₃ : Compost de cuy	B ₂ : 400	64	b	2°
4	A ₁ : Compost de vacuno	B ₂ : 400	22	c	3°
1	A ₄ : Compost de alpaca	B ₃ : 600	195	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	B ₃ : 600	117	b	2°
3	A ₃ : Compost de cuy	B ₃ : 600	68	c	3°
4	A ₁ : Compost de vacuno	B ₃ : 600	19	d	4°

Nota: UE= Unidad Experimental

En la tabla 8, observamos que para el nivel B₁ (200 lombrices/UE) del factor densidad de inoculación, la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca con un promedio de 104 cocones, seguido del compost de ovino con un promedio de 67 cocones y en último lugar el compost de cuy y vacuno, con un promedio de 22 y 18 cocones respectivamente.

Para el nivel B₂ (400 lombrices/UE) el estiércol de alpaca fue la mejor fuente de alimento, alcanzando un promedio de 148 cocones, seguido del compost de ovino y cuy, con promedios de 72 y 64 cocones respectivamente y en último lugar encontramos al compost de vacuno con un promedio de 22 cocones.

Finalmente, para el nivel B₃ (600 lombrices/UE), la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca con un promedio de 195 cocones, seguido del compost de ovino con un promedio de 117 cocones. En tercer lugar, se ubicó el compost de cuy con un promedio de 68 cocones y en último lugar encontramos al compost de vacuno con un promedio de 19 cocones.

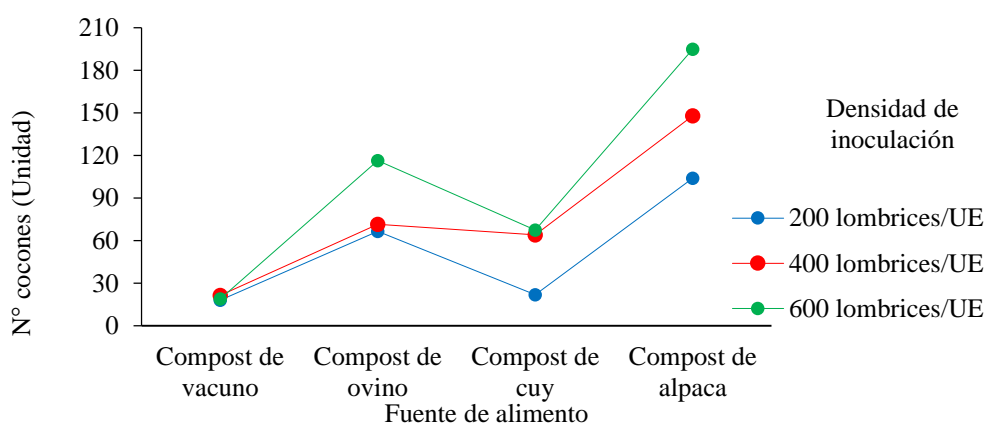


Figura 3. Promedios de los efectos simples del factor fuente de alimento con respecto a los niveles del factor densidad de inoculación en la variable número de cocones a los 45 días

Tabla 9

Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor densidad de inoculación con respecto al factor fuente de alimento en la variable número de cocones a los 45 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Fuente de alimento	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	A ₂ : Compost de ovino	117	a	1°
2	B ₂ : 400	A ₂ : Compost de ovino	72	b	2°
3	B ₁ : 200	A ₂ : Compost de ovino	67	b	2°
1	B ₃ : 600	A ₃ : Compost de cuy	68	a	1°
2	B ₂ : 400	A ₃ : Compost de cuy	64	a	1°
3	B ₁ : 200	A ₃ : Compost de cuy	22	b	2°
1	B ₃ : 600	A ₄ : Compost de alpaca	195	a	1°
2	B ₂ : 400	A ₄ : Compost de alpaca	148	b	2°
3	B ₁ : 200	A ₄ : Compost de alpaca	104	c	3°

En la tabla 9, podemos observar que para el nivel A₂ (compost de ovino) del factor fuente de alimento, la mejor densidad de inoculación fue la de 600 lombrices/UE con un promedio de 117 cocones, superando a las densidades de 400 y 200 lombrices/UE, que alcanzaron promedios de 72 y 67 cocones respectivamente.

Para el nivel A₃ (compost de cuy) las mejores densidades de inoculación fueron las de 600 y 400 lombrices/UE, con promedios de 68 y 64 cocones respectivamente, superando ambas a la densidad de 200 lombrices/UE, que alcanzó un promedio de 22 cocones.

Finalmente, para el nivel A₄ (compost de alpaca), la mejor densidad de inoculación fue la de 600 lombrices/UE con un promedio de 195 cocones, seguido de la densidad de 400 lombrices/UE, con un promedio de 148 cocones y en último lugar fue la densidad de 200 lombrices/UE, con un promedio de 104 cocones.

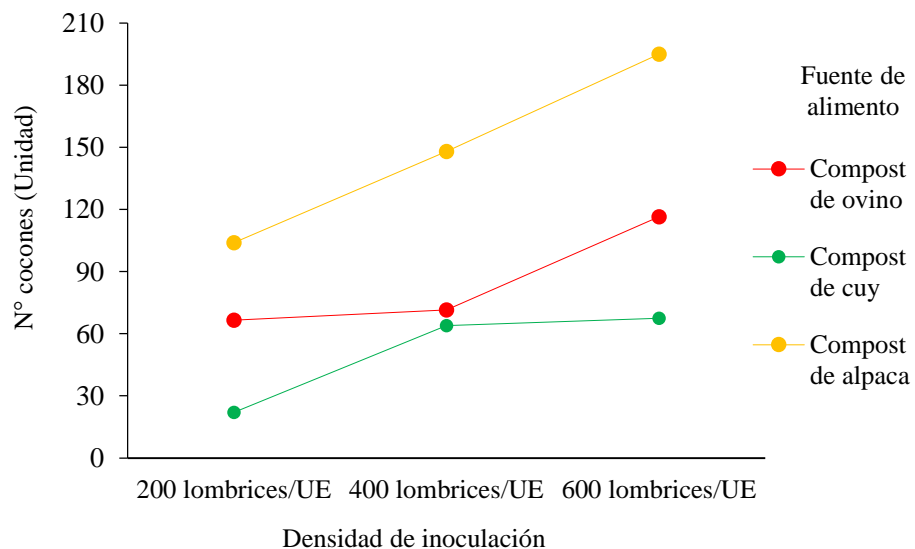


Figura 4. Promedios de los efectos simples del factor densidad de inoculación con respecto a los niveles del factor fuente de alimento en la variable número de cocones a los 45 días

Tabla 10

Análisis de varianza para la variable número de cocones a los 90 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	18157,667	6052,556	33,750	3,490	5,950	**
Factor B	2	1531,083	765,542	4,269	3,890	6,930	*
A x B	6	1066,583	177,764	0,991	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	2152,000	179,333				
Total	23	22907,333					

Nota: C.V. = 15,911 %; ns = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

La tabla 10, nos muestra que no existe interacción entre los factores A (fuente de alimento) y B (densidad de inoculación). Sin embargo, para el factor A encontramos diferencias altamente significativas y diferencias significativas para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 15,9 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 11

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable número de cocones a los 90 días.

N°	Fuente de alimento	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A ₄ : Compost de alpaca	119	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	104	a	1°
3	A ₃ : Compost de cuy	58	b	2°
4	A ₁ : Compost de vacuno	56	b	2°

En la tabla 11, podemos observar que las mejores fuentes de alimento fueron los compost de alpaca y ovino que alcanzaron promedios de 119 y 104 cocones respectivamente, superando a los compost de cuy y vacuno, que lograron promedios de 58 y 56 cocones respectivamente.

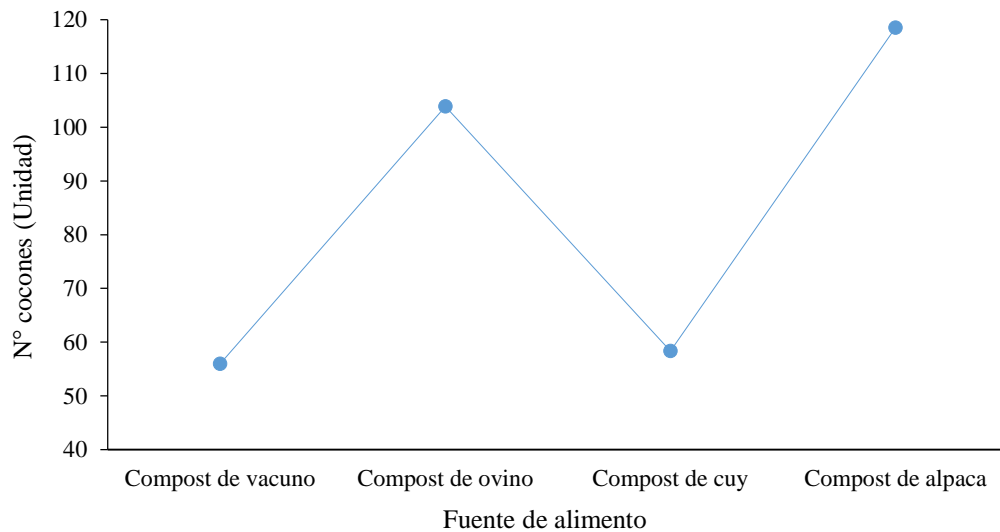


Figura 5. Promedios de los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable número de cocones a los 90 días

Tabla 12

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable número de cocones a los 90 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	94	a	1°
2	B ₂ : 400	83	a b	1°
3	B ₁ : 200	75	b	2°

En la tabla 12, podemos observar que la mejor densidad de inoculación se encontró en la densidad de 600 lombrices/UE que alcanzó un promedio de 94

cocones, superando a la densidad de 200 lombrices/UE que logró un promedio de 75 cocones.

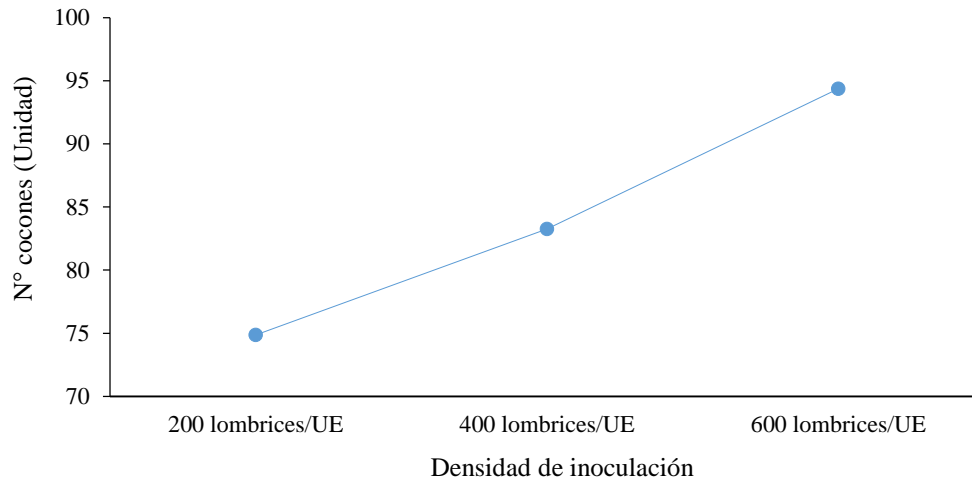


Figura 6. Promedios de los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable número de cocones a los 90 días

4.1.1.2. Número de juveniles.

En la variable número de juveniles a los 45 días después de la inoculación, no se encontró ninguna lombriz en estadio juvenil en todos los tratamientos, motivo por el cual no se realizó el análisis de varianza correspondiente.

Tabla 13

Análisis de varianza para la variable número de juveniles a los 90 días después de la inoculación.

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	51092,833	17030,944	91,770	3,490	5,950	**
Factor B	2	17105,333	8552,667	46,085	3,890	6,930	**
A x B	6	5622,667	937,111	5,050	3,000	4,820	**
E.E.	12	2227,000	185,583				
Total	23	76047,833					

Nota: C.V. = 17,046 %; ** = Altamente significativo

En la tabla 13, observamos que hay interacción entre los factores A (fuente de alimento) y el factor B (densidad de inoculación). Así también, apreciamos diferencias altamente significativas para los efectos principales del factor A y para los efectos principales del factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 17,0 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 14

Análisis de efectos simples para la variable número de juveniles a los 90 días después de la inoculación.

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A en B ₁	3	7906,500	2635,500	14,201	3,490	5,950	**
A en B ₂	3	27312,500	9104,167	49,057	3,490	5,950	**
A en B ₃	3	21496,500	7165,500	38,611	3,490	5,950	**
B en A ₁	2	324,333	162,167	0,874	3,890	6,930	Ns
B en A ₂	2	4069,333	2034,667	10,964	3,890	6,930	**
B en A ₃	2	8121,333	4060,667	21,881	3,890	6,930	**
B en A ₄	2	10213,000	5106,500	27,516	3,890	6,930	**
E.E.	12	2227,000	185,583				

Nota: ns = No Significativo; ** = Altamente significativo

En la tabla 14 podemos observar que se encuentran diferencias altamente significativas en el factor A con respecto a los tres niveles del factor B (B₁, B₂ y B₃). En el caso del factor B para cada de nivel del factor A podemos observar que hay diferencias altamente significativas los niveles A₂, A₃ y A₄. Sin embargo, para el nivel A₁ no se hallaron diferencias significativas.

Tabla 15

Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor fuente de alimento con respecto al factor densidad de inoculación en la variable número de juveniles a los 90 días.

N°	Fuente de alimento	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A4: Compost de alpaca	B ₁ : 200	83	a	1°
2	A2: Compost de ovino	B ₁ : 200	64	a	1°
3	A3: Compost de cuy	B ₁ : 200	20	b	2°
4	A1: Compost de vacuno	B ₁ : 200	5	b	2°
1	A4: Compost de alpaca	B ₂ : 400	175	a	1°
2	A2: Compost de ovino	B ₂ : 400	116	b	2°
3	A3: Compost de cuy	B ₂ : 400	61	c	3°
4	A1: Compost de vacuno	B ₂ : 400	20	c	3°
1	A4: Compost de alpaca	B ₃ : 600	164	a	1°
2	A2: Compost de ovino	B ₃ : 600	122	b	2°
3	A3: Compost de cuy	B ₃ : 600	110	b	2°
4	A1: Compost de vacuno	B ₃ : 600	22	c	3°

Nota: UE=Unidad Experimental

La tabla 15 nos indica que para el nivel B₁ (200 lombrices/UE) del factor densidad de inoculación, las mejores fuentes de alimento fueron el compost de alpaca y ovino con promedios de 83 y 64 juveniles respectivamente, superando al compost de cuy y vacuno con promedios de 20 y 5 juveniles respectivamente.

Para el nivel B₂ (400 lombrices/UE), la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca con un promedio de 175 juveniles, le sigue el compost de ovino con promedio de 116 juveniles y en último lugar se encontraron los compost de cuy y vacuno que alcanzaron promedios de 61 y 20 juveniles respectivamente. En el nivel B₃ (600 lombrices/UE), la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca con un promedio de 164 juveniles, seguido del compost de vacuno y cuy, con

promedios de 122 y 110 juveniles respectivamente, quedando en último lugar el compost de vacuno con un promedio de 22 juveniles.

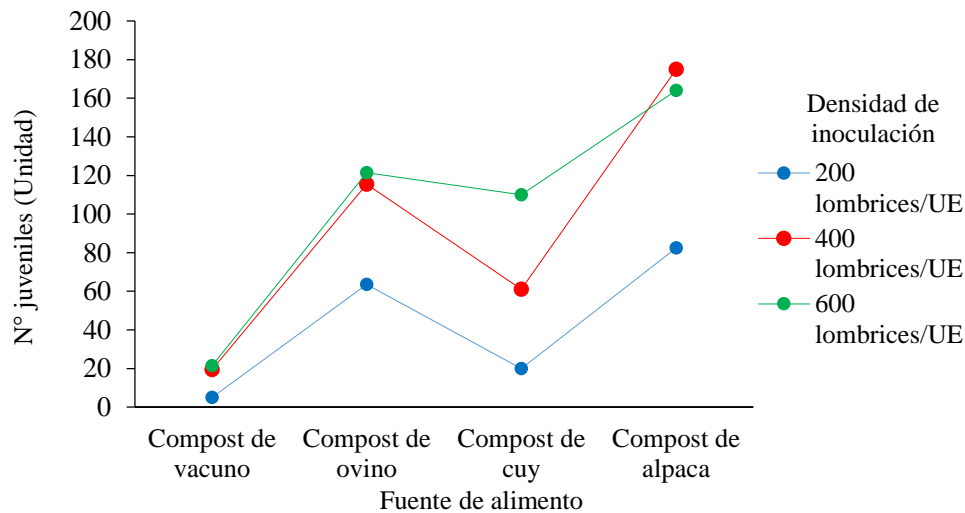


Figura 7. Promedios de los efectos simples del factor fuente de alimento con respecto a los niveles del factor densidad de inoculación en la variable número de juveniles a los 90 días

Tabla 16

Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor densidad de inoculación con respecto al factor fuente de alimento en la variable número de juveniles a los 90 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Fuente de alimento	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	A ₂ : Compost de ovino	122	a	1°
2	B ₂ : 400	A ₂ : Compost de ovino	116	a	1°
3	B ₁ : 200	A ₂ : Compost de ovino	64	b	2°
1	B ₃ : 600	A ₃ : Compost de cuy	110	a	1°
2	B ₂ : 400	A ₃ : Compost de cuy	61	b	2°
3	B ₁ : 200	A ₃ : Compost de cuy	20	c	3°
1	B ₂ : 400	A ₄ : Compost de alpaca	175	a	1°
2	B ₃ : 600	A ₄ : Compost de alpaca	164	a	1°
3	B ₁ : 200	A ₄ : Compost de alpaca	83	b	2°

En la tabla 16, podemos apreciar que para el nivel A₂ (compost de ovino) del factor fuente de alimento, las mejores densidades de inoculación fueron las de 600 y 400 lombrices/UE, con promedios de 122 y 116 juveniles respectivamente, superando ambas a la densidad de 200 lombrices/UE que alcanzo un promedio 64 juveniles.

Con respecto al nivel A₃ (compost de cuy), se observa que la mejor densidad de inoculación fue la de 600 lombrices/UE, con un promedio de 110 juveniles, seguido de la densidad de 400 lombrices/UE, que obtuvo un promedio de 61 juveniles, quedando en último lugar la densidad de 200 lombrices/UE, con un promedio de 20 juveniles.

Finalmente, para el nivel A₃ (compost de alpaca), las mejores densidades de inoculación fueron las de 400 y 600 lombrices/UE, con promedios de 175 y 164 juveniles respectivamente, superando ambas a la densidad de 200 lombrices/UE, que obtuvo un promedio de 83 juveniles.

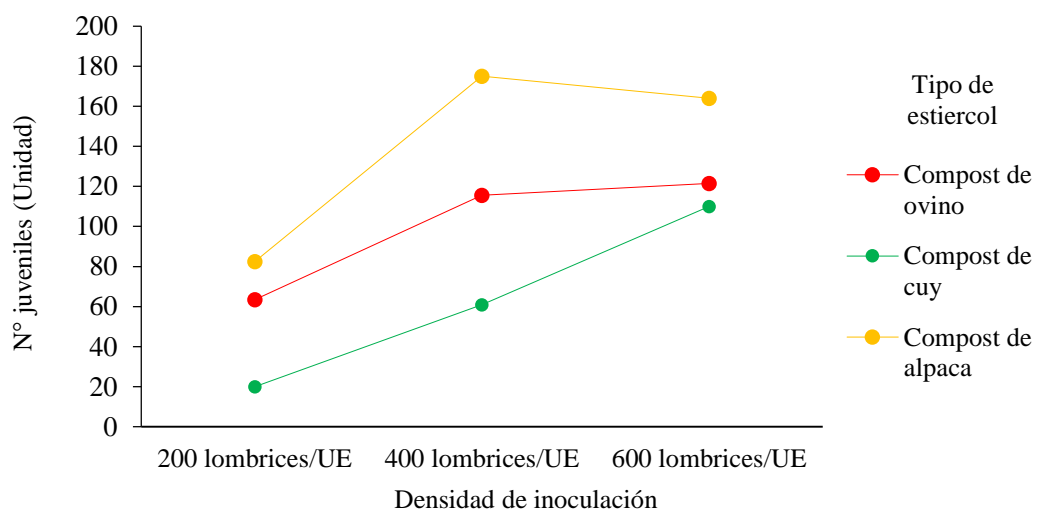


Figura 8. Promedios de los efectos simples del factor densidad de inoculación con respecto a los niveles del factor fuente de alimento en la variable número de juveniles a los 90 días

4.1.1.3. Número de adultos.

Tabla 17

Análisis de varianza para la variable número de adultos a los 45 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	149,458	49,819	5,088	3,490	5,950	*
Factor B	2	264,250	132,125	13,494	3,890	6,930	**
A x B	6	157,417	26,236	2,679	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	117,500	9,792				
Total	23	688,625					

Nota: C.V. = 17,506 %; ns = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

La tabla 17, nos muestra que no existe interacción entre los factores A (fuente de alimento) y B (densidad de inoculación). Sin embargo, para el factor A encontramos diferencias significativas y diferencias altamente significativas para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 17,5 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 18

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable número de adultos a los 45 días.

N°	Fuente de alimento	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A ₄ : Compost de alpaca	21	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	19	a b	1°
4	A ₃ : Compost de cuy	16	b	2°
3	A ₁ : Compost de vacuno	16	b	2°

En la tabla 18, podemos observar que la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca que alcanzó un promedio de 21 adultos, superando a los compost de cuy y vacuno, logrando ambos un promedio de 16 adultos.

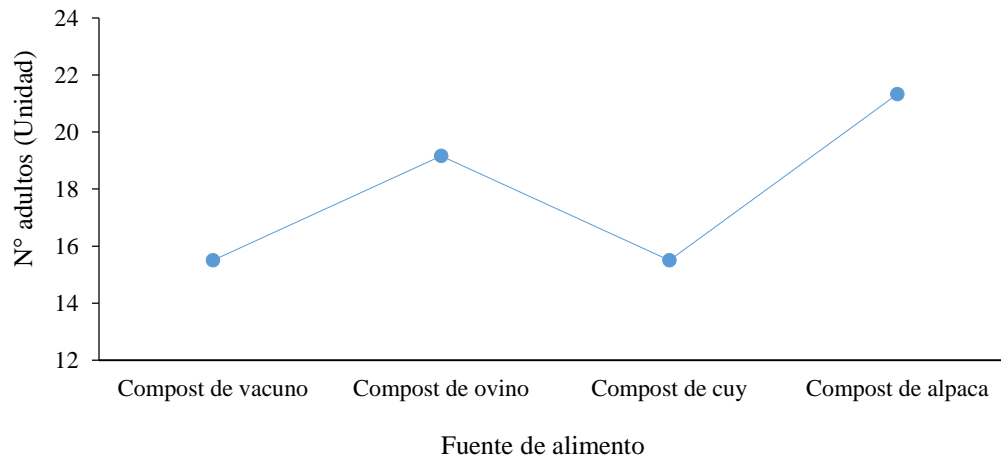


Figura 9. Promedios de los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable número de adultos a los 45 días

Tabla 19

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable número de adultos a los 45 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	22	a	1°
2	B ₂ : 400	18	b	2°
3	B ₁ : 200	14	b	2°

En la tabla 19, podemos observar que la mejor densidad de inoculación se encontró en la densidad de 600 lombrices/UE que alcanzó un promedio de 22 adultos, superando a las densidades de 400 y 200 lombrices/UE que lograron promedios de 18 y 14 adultos respectivamente.

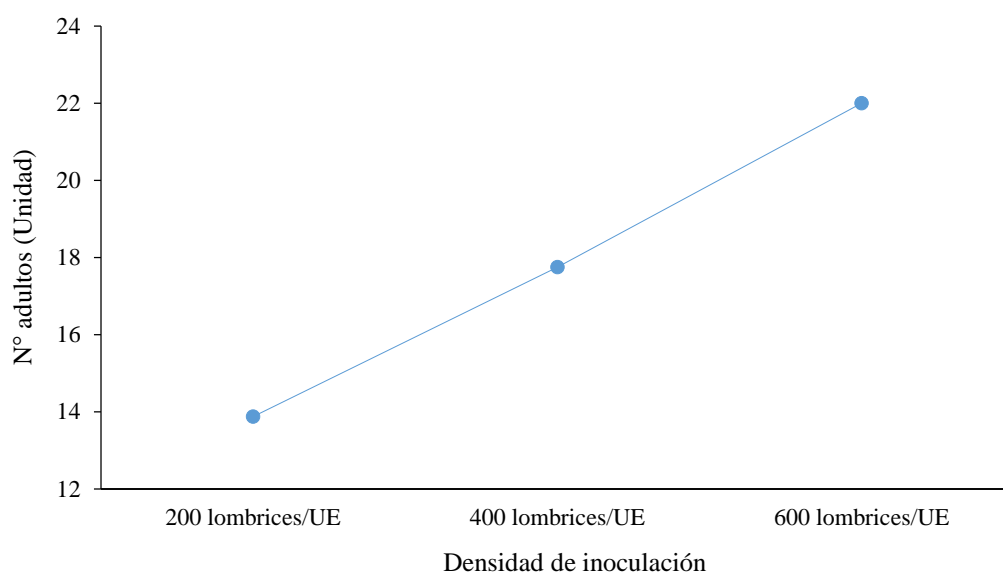


Figura 10. Promedios de los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable número de adultos a los 45 días

Tabla 20

Análisis de varianza para la variable número de adultos a los 90 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	422,333	140,778	9,231	3,490	5,950	**
Factor B	2	849,333	424,667	27,847	3,890	6,930	**
A x B	6	262,667	43,778	2,871	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	183,000	15,250				
Total	23	1717,333					

Nota: C.V. = 17,886 %; ns = No significativo; ** = Altamente significativo

La tabla 20, nos señala que no hay interacción entre los factores A (fuente de alimento) y B (densidad de inoculación). Sin embargo, para el factor A y factor B encontramos diferencias altamente significativas.

El coeficiente de variabilidad fue de 17,8 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 21

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable número de adultos a los 90 días.

N°	Fuente de alimento	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A ₄ : Compost de alpaca	27	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	25	a	1°
4	A ₁ : Compost de vacuno	18	b	2°
3	A ₃ : Compost de cuy	18	b	2°

La tabla 21, muestra que las mejores fuentes de alimento fueron los compost de alpaca y ovino alcanzando promedios de 27 y 25 adultos respectivamente, los dos superan a los compost de cuy y vacuno, que alcanzaron promedios de 18 adultos.

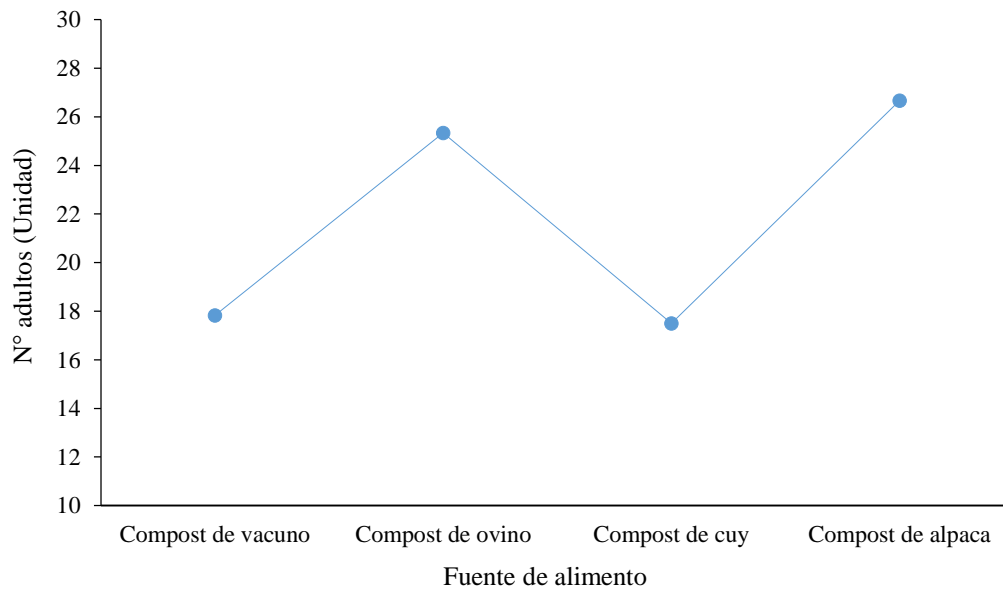


Figura 11. Promedios de los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable número de adultos a los 90 días

Tabla 22

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable número de adultos a los 90 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (Unidad)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	30	a	1°
2	B ₂ : 400	21	b	2°
3	B ₁ : 200	15	c	3°

En la tabla 22, podemos observar que la mejor densidad de inoculación se encontró en la densidad de 600 lombrices/UE que alcanzó un promedio de 30 adultos, seguido de la densidad de 400 lombrices/UE con un promedio de 21 adultos, estando en último lugar la densidad de 200 lombrices/UE que logró un promedio de 15 adultos.

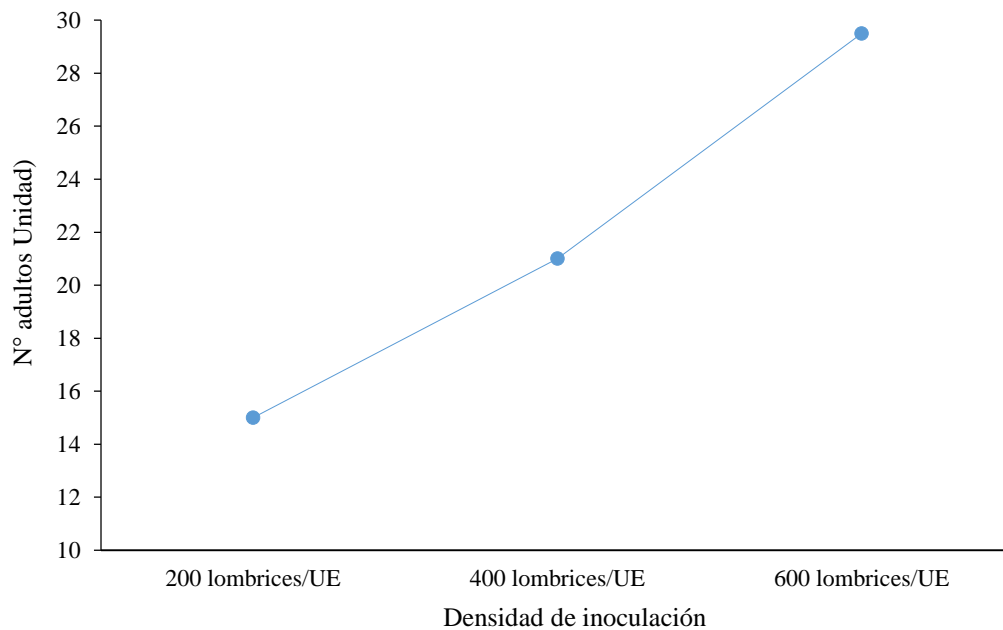


Figura 12. Promedios de los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable número de adultos a los 90 días

4.1.1.4. Longitud de lombriz.

Tabla 23

Análisis de varianza para la variable longitud de lombriz a los 45 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	0,765	0,255	1,430	3,490	5,950	Ns
Factor B	2	0,190	0,095	0,533	3,890	6,930	Ns
A x B	6	0,130	0,022	0,121	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	2,140	0,178				
Total	23	3,225					

Nota: C.V. = 4,785 %; ns = No Significativo

La tabla 23, muestra que no existe interacción entre los factores A (fuente de alimento) y el factor B (densidad de inoculación). Así mismo, observamos que no hay diferencias significativas para el factor A, ni para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 4,7 %, confiable para las condiciones del ensayo desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 24

Análisis de varianza para la variable longitud de lombriz a los 90 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	0,685	0,228	0,458	3,490	5,950	Ns
Factor B	2	0,570	0,285	0,572	3,890	6,930	Ns
A x B	6	0,910	0,152	0,304	3,000	4,820	Ns
E:E:	12	5,980	0,498				
Total	23	8,145					

Nota: C.V. = 7,954 %; ns = No Significativo

En la tabla 24, observamos que no hay interacción entre los factores A (fuente de alimento) y el factor B (densidad de inoculación). También podemos apreciar que no se encuentran diferencias significativas para el factor A, ni para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 7,9 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

4.1.1.5. *Peso de lombriz.*

Tabla 25

Análisis de varianza para la variable peso de lombriz a los 45 días después de la inoculación

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	0,023	0,008	0,374	3,490	5,950	Ns
Factor B	2	0,039	0,019	0,926	3,890	6,930	Ns
A x B	6	0,199	0,033	1,593	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	0,250	0,021				
Total	23	0,511					

Nota: C.V. = 18,292 %; ns = No Significativo

En la tabla 25 respecto al análisis para la varianza peso de lombriz a los 45 días después de la inoculación, nos muestra que no existe interacción entre los factores A (fuente de alimento) y el factor B (densidad de inoculación). Así mismo, se observa que no hay diferencias significativas para el factor A, ni para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 18,2 %, confiable para las condiciones del ensayo desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 26*Análisis de varianza para la variable peso de lombriz a los 90 días después de la inoculación*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	0,116	0,039	1,819	3,490	5,950	Ns
Factor B	2	0,021	0,010	0,485	3,890	6,930	Ns
A x B	6	0,207	0,034	1,616	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	0,256	0,021				
Total	23	0,600					

Nota: C.V. = 16,544 %; ns = No significativo

La tabla 26 nos indica que no hay interacción entre los factores A (fuente de alimento) y el factor B (densidad de inoculación). Así mismo, apreciamos que no se encuentran diferencias significativas para el factor A, ni para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 16,5 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

4.1.2. Producción.

4.1.2.1. Rendimiento de lombrices.

Tabla 27*Análisis de varianza para la variable rendimiento de lombrices a los 45 días después de la inoculación.*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	117,458	39,153	5,836	3,490	5,950	*
Factor B	2	183,083	91,542	13,646	3,890	6,930	**
A x B	6	81,917	13,653	2,035	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	80,500	6,708				
Total	23	462,958					

Nota: CV = 18,556 %; ns = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

La tabla 27, nos muestra que no existe interacción entre los factores A (fuente de alimento) y B (densidad de inoculación). Sin embargo, para el factor A encontramos diferencias significativas y diferencias altamente significativas para lo que corresponde al factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 18,5 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 28

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de lombrices a los 45 días.

N°	Fuente de alimento	Promedio (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A ₄ : Compost de alpaca	16	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	16	ab	1°
4	A ₁ : Compost de vacuno	12	b	2°
3	A ₃ : Compost de cuy	12	b	2°

En la tabla 28 respecto a la prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de lombrices a los 45 días, nos muestra que la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca que alcanzó un promedio de rendimiento lombrices de 16 g, superando ampliamente a los compost de vacuno y cuy, ambos con un promedio de 12 g, de lombrices.

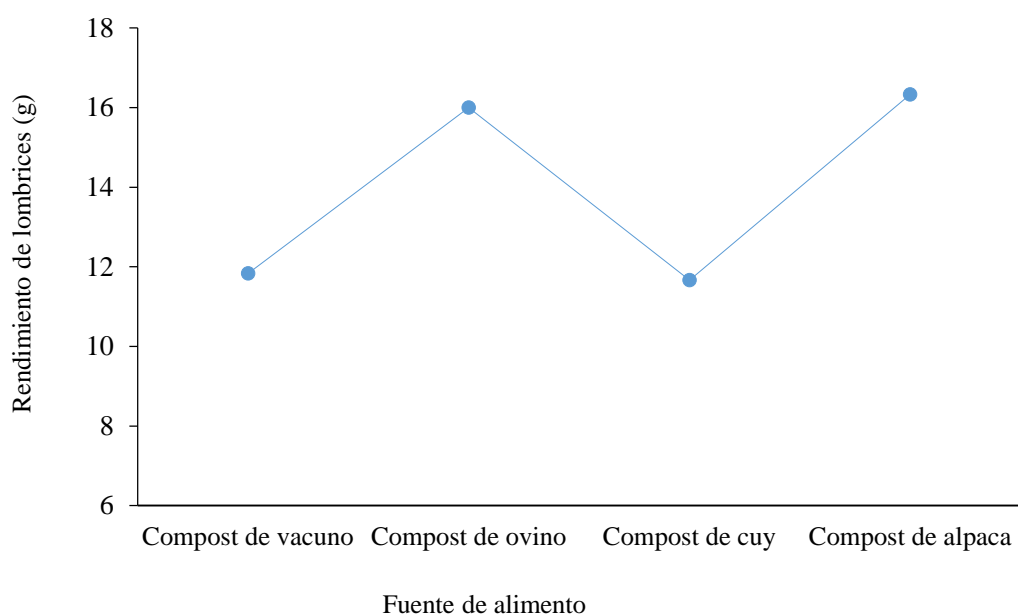


Figura 13. Promedios de los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de lombrices a los 45 días

Tabla 29

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable rendimiento de lombrices a los 45 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	17	a	1°
2	B ₂ : 400	15	a	1°
3	B ₁ : 200	10	b	2°

En la tabla 29, podemos observar que las mejores densidades de inoculación se encontraron en las densidades de 600 y 400 lombrices/UE que alcanzaron promedios de rendimientos de lombrices de 17 y 15 g, respectivamente ambas superando a la densidad de 200 lombrices/UE que logró un promedio de 10 g, de lombrices.

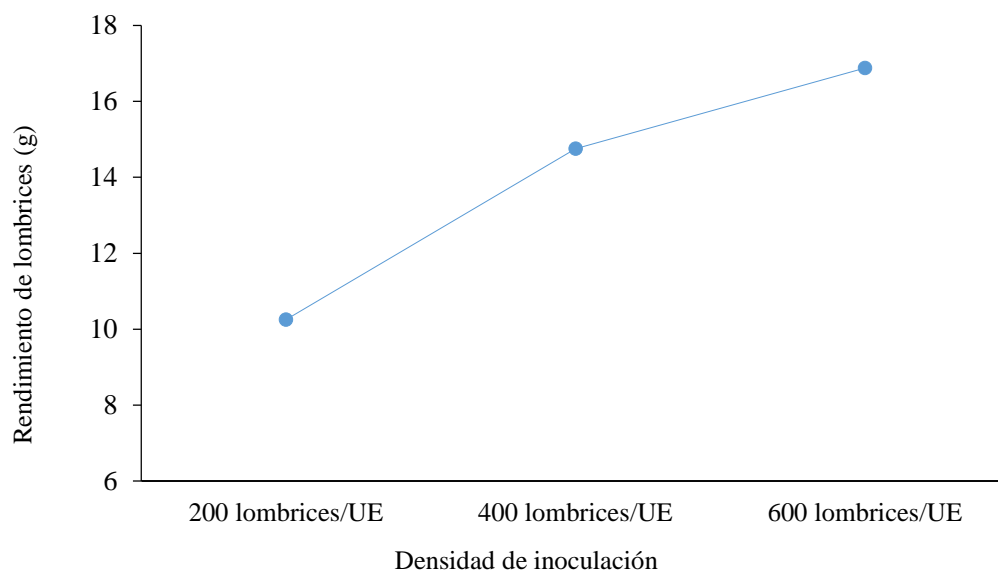


Figura 14. Promedios de los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable rendimiento de lombrices a los 45 días

Tabla 30

Análisis de varianza para la variable rendimiento de lombrices a los 90 días después de la inoculación.

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	418,792	139,597	11,435	3,490	5,950	**
Factor B	2	552,250	276,125	22,618	3,890	6,930	**
A x B	6	137,083	22,847	1,871	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	146,500	12,208				
Total	23	1254,625					

Nota: C.V. = 18,511 %; ns = No significativo; ** = Altamente significativo

En la tabla 30, nos señala que no hay interacción entre los factores A (fuente de alimento) y B (densidad de inoculación). Sin embargo, para el factor A y factor B encontramos diferencias altamente significativas.

El coeficiente de variabilidad fue de 18,5 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 31

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de lombrices a los 90 días.

N°	Fuente de alimento	Promedio (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A ₄ : Compost de alpaca	24	a	1°
2	A ₂ : Compost de ovino	21	ab	1°
4	A ₁ : Compost de vacuno	18	b	2°
3	A ₃ : Compost de cuy	13	c	3°

En la tabla 31, observamos que la mejor fuente de alimento fue el compost de alpaca que alcanzó un promedio de rendimiento de lombrices de 24 g, superando a los compost de vacuno y cuy, con promedios de 18 y 13 g, de lombrices respectivamente.

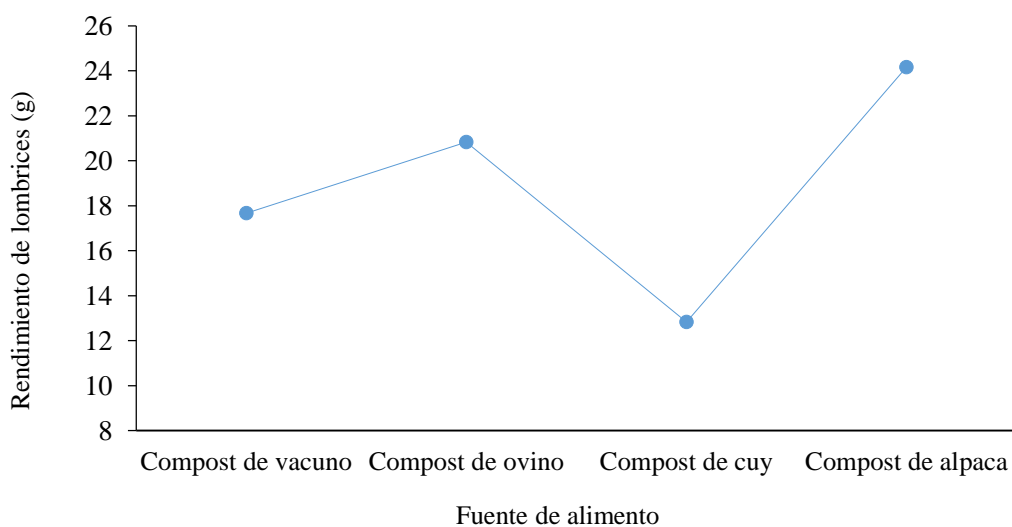


Figura 15. Promedios de los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de lombrices a los 90 días

Tabla 32

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable rendimiento de lombrices a los 90 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	25	a	1°
2	B ₂ : 400	19	b	2°
3	B ₁ : 200	13	c	3°

En la tabla 32, podemos observar que la mejor densidad de inoculación se encontró en la densidad de 600 lombrices/UE que alcanzó un promedio de rendimiento de lombrices de 25 g, seguido de la densidad de 400 lombrices/UE con un promedio de 19 g, de lombrices, quedando en último lugar la densidad de 200 lombrices/UE con un promedio de rendimiento de lombrices de 13 g.

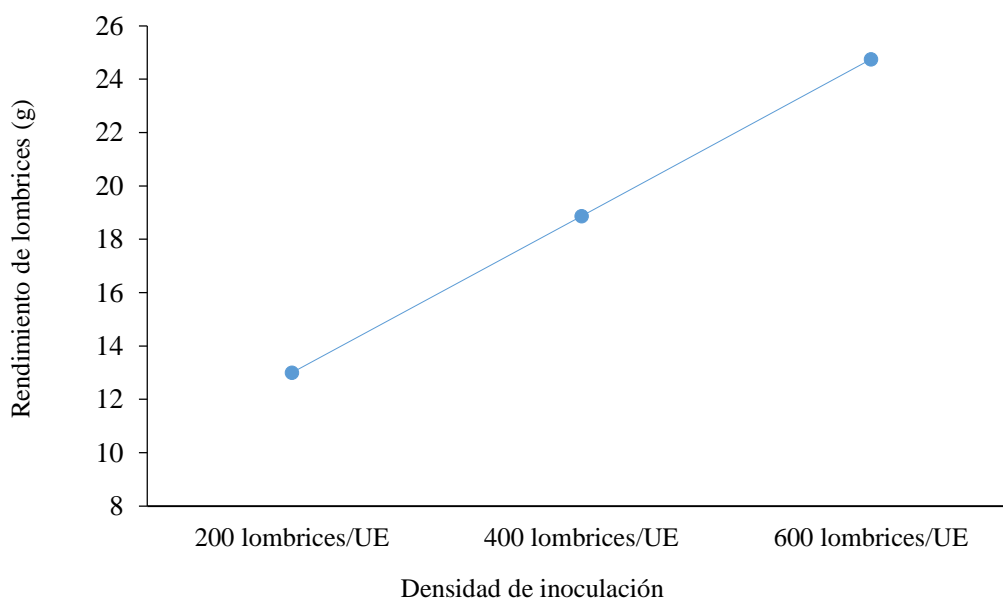


Figura 16. Promedios de los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable rendimiento de lombrices a los 90 días.

4.1.2.2. Rendimiento de humus

Tabla 33

Análisis de varianza para la variable rendimiento de humus a los 90 días después de la inoculación.

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
Factor A	3	137,332	45,777	187,423	3,490	5,950	**
Factor B	2	2,009	1,004	4,112	3,890	6,930	*
A x B	6	0,339	0,056	0,231	3,000	4,820	Ns
E.E.	12	2,931	0,244				
Total	23	142,611					

Nota: C.V. = 4,046 %; ns = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

La tabla 33 nos indica que no existe interacción entre los factores A (fuente de alimento) y B (densidad de inoculación). Pero para el factor A existe diferencias altamente significativas y diferencias significativas para el factor B.

El coeficiente de variabilidad fue de 4,0 %, confiable para las condiciones del experimento desarrollado en campo (Rustom, 2012).

Tabla 34

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de humus a los 90 días.

N°	Fuente de alimento	Promedio (kg)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A4: Compost de alpaca	14,94	a	1°
2	A2: Compost de ovino	14,22	a	1°
4	A1: Compost de vacuno	10,20	b	2°
3	A3: Compost de cuy	9,50	b	2°

La tabla 34 nos muestra que las mejores fuentes de alimento, fueron los compost de alpaca y ovino alcanzando promedios de rendimiento de humus de 14,94 y 14,22 kg, respectivamente. Mientras que los compost de vacuno y cuy lograron promedios de 10,20 y 9,50 kg de humus respectivamente.

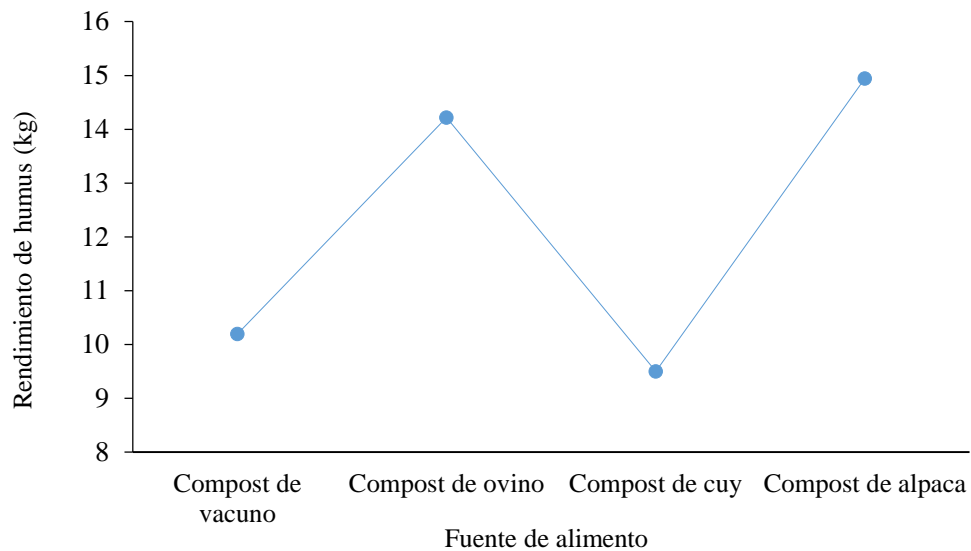


Figura 17. Promedios de los efectos principales del factor fuente de alimento en la variable rendimiento de humus a los 90 días

Tabla 35

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable rendimiento de humus a los 90 días.

N°	Densidad de inoculación (lombrices/UE)	Promedio (kg)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B ₃ : 600	12,58	a	1°
2	B ₂ : 400	12,18	b	2°
3	B ₁ : 200	11,88	b	2°

En la tabla 35, observamos que la mejor densidad de inoculación se encontró en la densidad de 600 lombrices/UE que alcanzó un promedio de rendimiento humus de

12,58 kg, superando a la densidad de 400 y 200 lombrices/UE que lograron promedios de 12,18 y 11,88 kg de humus, respectivamente.

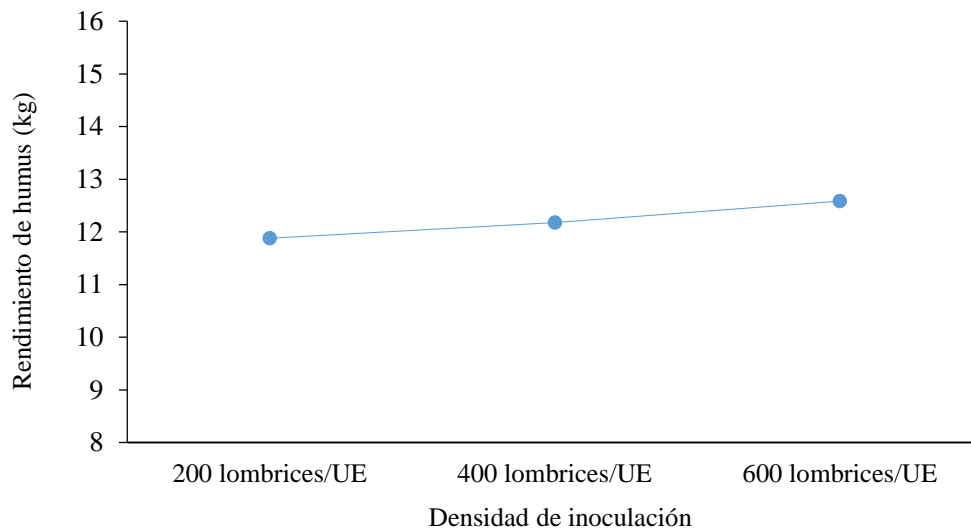


Figura 18. Promedios de los efectos principales del factor densidad de inoculación en la variable rendimiento de humus a los 90 días.

4.2. Contrastación de hipótesis

Basado en los resultados obtenidos, 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:

En la variable, número de cocones, se rechaza la H_0 , dado que F_c supera a $F_{(0,01)}$, encontrando diferencias significativas tanto a nivel de factores (densidad de inoculación y fuente de estiércol para compostaje) así como los niveles en ellos. Lo mismo ocurre con la interacción entre los factores.

En la variable número de juveniles se rechaza la H_0 , dado que F_c supera a $F_{(0,01)}$, encontrando diferencias significativas tanto a nivel de factores (densidad de

inoculación y fuente de estiércol para compostaje) así como los niveles en ellos. Lo mismo ocurre con la interacción entre los factores.

Para la variable número de adultos se rechaza la H_0 , en los factores dado que F_c supera a $F_{(0,05)}$, en el factor A (fuente de estiércol para compostaje), y supera $F_{(0,01)}$ en el factor B (densidad de inoculación), donde encontramos diferencias significativas; sin embargo se acepta la H_0 , a nivel de la interacción de los factores dado que $FC < F_{(0,05)}$.

En la variable longitud de lombrices, tenemos resultados que nos permiten aceptar la H_0 en todo el ensayo ya que a nivel de interacción $FC (0,121) < F_{(0,05)} (3,00)$ similar resultado tenemos en los factores con $FC (1,43) < F_{(0,05)} (3,49)$ para Factor A (fuente alimenticia) y $F_c (0,533) < F_{(0,05)} (3,89)$ procediendo a aceptar la hipótesis nula, dado que hay uniformidad en los resultados, sin diferencias estadísticamente significativas; tanto a los 45 como a los 90 días.

En el caso de la variables peso de lombrices, los resultados obligan a aceptar la H_0 en todo el trabajo de investigación, porque el nivel de interacción $FC (1,593) < F_{(0,05)} (3,00)$ encontrando un resultado similar para los factores; con $FC (0,374) < F_{(0,05)} (3,49)$ para el Factor A (fuente alimenticia) y $F_c (0,926) < F_{(0,05)} (3,89)$ resultados que nos indica que debe aceptarse la hipótesis nula, debido a que existe uniformidad en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación; ocurriendo similar resultado a los 90 días.

En el aspecto productivo del rendimiento de lombrices, encontramos que no hay significación en las diferencias a nivel de interacción entre factores con FC

(2,035) < $F_{(0,05)}(3,00)$, lo que representa la aceptación de la H_0 ; sin embargo en los factores si encontramos diferencias significativa con FC (5,836) > $F_{(0,05)}(3,49)$ en el factor A; y FC (13,646) > $F_{(0,05)}(3,89)$ rechazando la H_0 en ambos casos. Similar resultado ocurre a los 90 días con FC (1,871) < $F_{(0,05)}(3,00)$ en la interacción A x B; y FC (11,435) > $F_{(0,05)}(3,49)$ en el factor A; y FC (22,618) > $F_{(0,05)}(3,89)$.

En la variable rendimiento de humus; encontramos que no hay diferencias significativas a nivel de interacción entre factores con FC (0,231) < $F_{(0,05)}(3,00)$, lo que nos lleva a aceptar la H_0 , ya que los resultados son homogéneos; sin embargo a nivel de factores, encontramos diferencias significativas con FC (187,423) > $F_{(0,01)}(5,95)$ en el factor A; y FC (4,112) > $F_{(0,05)}(3,89)$ rechazando la H_0 en ambos casos. Ya que habría diferencia en los resultados.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Número de cocones.

A los 45 días encontramos que en orden de importancia la mejor densidad de inoculación fue la de 600 lombrices sexualmente maduras, por unidad experimental seguida de las de 400 y 200; respecto a la fuente alimenticia encontramos que el compost de alpaca a 600 adultos/UE resulta con mayor influencia en la reproducción, con 195 cocones, le sigue el compost de ovino con la misma densidad de inoculación con 117 cocones, el compost de cuy (68 cocones) y compost de vacuno con 22 cocones. Similar comportamiento encontramos a los 90 días cuando se evidencia que en compost proveniente de alpaca se logró 119 cocones, en compost ovino 104, con compost de cuy 58 y 56 cocones con compost de vacuno. Esto confirma lo manifestado por Bollo (1999) y Ferruzi (1986), citados por Durán

y Henríquez (2009) que a pesar de la adaptabilidad que presentan las diferentes especies de lombriz, las características del sustrato o material de crecimiento, afectan directamente el estado y multiplicación de este organismo.

Sin embargo debe observarse los niveles de salinidad de los sustratos utilizados que en este caso los provenientes de vacuno tiene una CE de 6,46 dS/m y el de cuy 5,51 dS/m; superiores a los de alpaca (1,89 dS/m) y de ovino (2,21 dS/m); y esto podría haber afectado la reproducción; como afirma Díaz (2002) que el alto contenido de sales no favorece la puesta de cocones necesaria, además las que contiene sodio resultan fitotóxicas desvalorizando el vermicompostaje.

4.3.2. Número de juveniles.

Al finalizar el experimento encontramos que la mayor población se da con la densidad de 600 lombrices madura por UE, en todas las fuentes alimenticias con 164 individuos para compost de estiércol de alpaca (175 con densidad de 400), 122 para compost de ovino, 110 para el compost de cuy y 22 con el compost de vacuno. Esto se relaciona con la conclusión de Durán y Henríquez (2009) donde mencionan que tanto el tamaño de los individuos como su tasa de reproducción son influenciados por el tipo de sustrato, y el sustrato de alpaca como de ovino ofrecerían mejores condiciones para la reproducción de las lombrices. Sin embargo esto contrasta con la afirmación de Baltierra (2003) respecto a que la densidad poblacional no mostró un efecto estadísticamente significativo respecto al número de capullos y número de lombrices jóvenes para *Eisenia* sp.

4.3.3. Número de adultos.

Encontramos, a los 45 días, que no existe interacción entre factores, sin embargo

si los hay entre niveles de los factores A y B, así podemos apreciar que para el factor fuente de alimento (Factor A) con compost de estiércol de alpaca existen 21 individuos adultos, 19 con compost de ovino, 16 con compost de cuy y vacuno; para el factor B (Densidad de inoculación) encontramos que la población de adultos resultante es superior con la densidad de inoculación de 600, logrando encontrar 22 adultos, seguido de la densidad de 400 con 18 adultos y con 14 en el caso de densidad de 200.

A los 90 días se encuentra similitud a nivel de factores y en los niveles apreciamos que para el factor A (fuente alimento) hay 27 individuos adultos en compost de alpaca, 25 en ovino y 18 en vacuno y cuy. En ese mismo periodo en el factor B (densidad de inoculación) encontramos 30 adultos con el nivel 3 (600 individuos de inoculación inicial) 21 con el nivel 2; y 15 adultos encontrados con el nivel 1.

Los resultados observados muestran que el compost de alpaca ofreció mejores condiciones para el desarrollo de las lombrices, seguido del compost de ovinos, y esto estaría relacionado con el menor contenido de sales que presentaban (1,89 dS/m) respecto con el estiércol de ovino (2,21 dS/m) y respecto al estiércol de cuy (3,51 dS/m) y el más salino, de vacuno (6,46 dS/m). Relacionando esta afirmación con lo manifestado por Durán y Henríquez (2009) donde mencionan que valores altos de pH y CE, producen condiciones de estrés, e inciden negativamente sobre la fecundidad, consiguando bajas del 25 % en la tasa de reproducción.

En lo referente a densidad de inoculación vemos que cuanto mayor es el número de

individuos inoculados mayor es la tasa reproducción, lo que se es análogos en las dos variables anteriores.

4.3.4. Longitud de lombrices.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas ni a nivel de factores ni entre niveles de ambos factores, sin embargo se lograron promedios de 8,6 a 9,2 cm de longitud lo que coincide con Cabrera (2006) quien afirma que las lombrices adultas alcanzan entre 8 - 10 cm de longitud (Cabrera, 2006).

4.3.5. Peso de lombrices.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas ni a nivel de factores ni entre niveles de ambos factores; lo que demuestra que la fuente alimenticia y la densidad de inoculación no influyeron en el peso de las lombrices; pero se lograron pesos promedio de 0,79 y 0,84 g que está dentro del rango reportado por Schuldt (2004) de 0,3 y 1,4 g, por encima del promedio de 0,34 g - 0,66 g logrado por Durán y Henríquez (2009) y León et al. (1992) de 0,13 - 0,21 g.

4.3.6. Producción.

4.3.6.1. Rendimiento de lombrices.

No se aprecia diferencias significativas a nivel de interacción entres factores, pero si se aprecia diferencias entre los niveles de los factores, así en el factor fuente alimenticia se logra un promedio de 16 g de lombrices para el compost de alpaca y de ovino superior al logrado en vacuno y cuy con 12 g de lombrices, a los 45 días; luego a los 90 días vemos que en el compost de alpaca se logra mayor rendimiento con 24 g de lombrices por UE seguido de compost de ovino con 21 g, 18 g en

vacuno y 13 g en cuy. Esto evidencia que el compost de estiércol de alpaca favoreció el rendimiento de lombrices hasta en un 45 % superior, a la de cuy y 25 % respecto al de vacuno.

Para el factor intensidad de inoculación encontramos a los 45 días un dominio del nivel 3 (600 unidades) con 17 g, seguido del nivel 2 con 15 g y 10 g, en el nivel 1 (200 lombrices/ UE). A los 90 días encontramos la misma tendencia con 25 g, para el caso de 600 individuos (nivel 3) 19 g, en el caso del nivel 2 y 13 g, en el nivel 1. Lo cual evidencia que a mayor número de individuos inoculados mayor es el rendimiento, aunque debe observarse que al pasar el tiempo se va disminuyendo el alimento e incrementando la población lo cual trae consigo consecuencias productivas como afirman Schuldt *et al.* (2004) que cualquiera sea la estrategia de conducción de los vermicultivos, el grado de apiñamiento de las lombrices en el sustrato incide más que otros factores sobre la producción.

4.3.6.2. Rendimiento de humus.

No se encuentra significación en las diferencias a nivel interacción entre factores, pero si entre niveles de los factores logrando a los 90 días, en factor fuente de alimento (FA), un rendimiento de 14,94 kg de humus (59,76 % de conversión) con compost de alpaca; 14,22 kg (56,88 % de rendimiento) en el caso de compost de ovino; 10,20 kg (40,8 % de conversión) en el caso de compost de vacuno y 9,5 kg en el caso de compost de cuy (Conversión de 38 %). Las diferencias observadas, expresan las bondades del estiércol compostado de alpaca para la producción de humus, además de las otras variables, manifestando la misma tendencia el compost de estiércol de ovino.

Podemos apreciar además que los resultados se asemejan con otras investigaciones como Rodríguez (2006), quien reporta conversiones de 48,52 % (utilizando pseudo tallos de plátano), Chura (1999), citado por Enríquez y Soto (2017), utilizando estiércol de bovino, equino, camélido, ovino y caprino, reportan un rendimiento de 49 a 57 %; aunque son superiores a lo reportado por Sánchez (2011) quien reporta 26 % y 23 %, utilizando subproductos de cosecha del plátano y cachaza semi compostados mezclados.

En el factor densidad de inoculación encontramos un rendimiento de 12,58 kg (50,32 % de conversión) en el caso de densidad 3 (600 individuos por UE) seguido de la densidad 2 (400 individuos/UE) con 12,18 kg (48,72 %) y 11,88 kg (47,52 %) en el caso de la densidad 1 (200 individuos por UE). Vemos que las diferencias son muy ajustadas con 1 y 4 % del primero con los dos siguientes y esto se debería a la reducción de la disponibilidad de alimentos al final del ensayo que afecta la tasa de producción especialmente donde la densidad es alta y la tasa de consumo fue superior en los primeros días.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. La fuente de alimentación así como la densidad de inoculación si tienen influencia en la dinámica biológica y producción de la lombriz roja californiana en condiciones del distrito de San Jerónimo – Cusco.

Segunda. La fuente de alimentación y la densidad de inoculación, manifiestan un efecto directo en la dinámica biológica de la lombriz roja californiana, destacando el compost de alpaca y ovino, además que la densidad de inoculación de 600 adultos/UE, presenta mejores resultados en todas las variables respecto a los otros ensayos (200 y 400 lombrices/UE).

Tercera. En la variable de producción de lombrices encontramos que el compost de alpaca y ovino sobresalen como nivel de fuente alimenticia, donde se obtuvieron mayores rendimientos, e igual resultado en el rendimiento de humus. Esto nos permite concluir que el estiércol de alpaca y ovino compostado permitieron una mayor tasa de conversión compost/humus.

5.2. Recomendaciones

Primera. Desarrollar estudios en la dinámica de desarrollo biológico de la especie lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) considerando el ciclo biológico con alimentación continua, para estimar la capacidad de porte real y tomar decisiones de inoculación, recuperación de núcleos de resiembra capacidad productiva y oportunidad de cosecha.

Segunda. Propiciar ensayos a nivel productivo, de humus de lombriz, como estrategia de producción de bioabonos, considerando que los rendimientos obtenidos, en base a un sistema productivo ordenado y tecnificado; considerando la calidad físico química del compost base, ensayando las enmiendas necesarias de ser el caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, L. y Brand, H. (1992). *Lombricultura, la alternativa ecológica para el futuro*. p. 19-39.
- Barreira, E. (1978). *Fundamentos de edafología para la agricultura*. Buenos Aires, Argentina. Editorial: Hemisferio Sur.
- Baltierra, F. (2003). *Capacidad reproductiva de la lombriz de tierra (Eisenia Sp.) en una unidad vermícola*. (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: México.
- Bisquerra, R. (2016). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Cabrera, J. (2006). *Manual de lombricultura*. Cochabamba, Bolivia: Magicolor
- Calzada, J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. (3º edición). Lima, Perú: Editorial Jurídica SA.
- Ccasani, N. y Poma, A. (2012). *Evaluación de la población, peso y longitud de la lombriz roja californiana alimentada en compost y estiércol de bovino y ovino*. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/733>.
- Chura, D. (1999). *Producción y tiempo de maduración de humus de lombriz (Eisenia foetida) obtenido de estiércoles de cinco ganados criados en el Departamento de Potosí*. Bolivia.

- Díaz, E. (2002). *Lombricultura, una alternativa de producción*. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior, Municipio Capital La Rioja. Argentina
- Duran, L., y Henríquez, C. (2009). *Crecimiento y reproducción de la lombriz roja Eisenia foetida en cinco sustratos orgánicos*. Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n02_275.pdf.
- Echegoyen, V. y Linares, B. (2008) *Evaluación de cinco sustratos alimenticios en lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. Universidad de El Salvador, San Salvador,
- Enríquez, L. y Soto, R (2017). *Evaluación de la producción y composición química de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) con el contenido ruminal en el camal municipal de Huancavelica*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Huancavelica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015). Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>
- Fernández, V. y Hernández. X. (2006). *Producción de abono orgánico a partir de heces ovinas en Palma Gorda, Hidalgo. Cultivo de lombriz roja para producción de abono orgánico*. Recuperado de http://ammweb.net/XXX%20CNB/memorias%202006/pequenos_rumiante/conferencias/fpeq03.doc

- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Lima, Autor
- García, M. (2008). *Manual de lombricultura*. Programa de Apoyo a la Estrategia de Desarrollo Alternativo en el Chapare (PRAEDAC). Cochabamba, Bolivia.
- Garavito, Z.; Morales N. y Chávez A. (2010). *Descripción de metodologías del sistema de lombricultura para gestión de residuos sólidos orgánicos*. Trabajo informe. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C. Colombia. Recuperado de http://www.umng.co/documents/10162/745277/V2N1_7.pdf
- Geler, A. (2019). *La lombricultura*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html>
- Gómez, J. (2000). *Los residuos orgánicos y abonos orgánicos*. p. 19.
- León, S.; Villalobos, G.; Fraile, J. y González, N. (1992). Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas animales. *Agronomía Costarricense*. 16(1):23-28.
- 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.
- Loza, M.; Choque, B., Pillco, H., Huayta, D., Chambi, I. y Cutili, B. (2010). *Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta*

bovina y rumia bovina como sustrato. Recuperado de
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120639008>

Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana FONAG.*

Ndegwa, P.; Thompson, S. y Das, K. (1999). *Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids.* Bioresource Technology.
Recuperado:<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.629.699&rep=rep1&type=pdf>.

Ocampo, A. (1990). *Determinación del nivel óptimo de proteína al utilizar cachaza de palma africana como fuente de energía en raciones para cerdos de engorde.* *Livestock research for rural development.* Julio. vol.2, número 2.
Recuperado de www.lrrd.org/lrrd2/2/ocampo.htm s.p.

Parra, C. (2008). *Caracterización de poblaciones microbianas en dos tipos de estiércol, durante el proceso de compostaje.* Tesis para optar título de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Sede Bogotá.

Rodríguez, R. (2006). *Producción y calidad de abono orgánico por medio de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y su capacidad reproductiva.*
Recuperado:<http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/936/Producci%C3%B3n%20y%20Calidad%20de%20Abono.pdf>

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).
- Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia*. Una visión conceptual y aplicada. Universidad de Chile. Santiago.
- Sánchez, C. (2011). *Abonos Orgánicos y Lombricultura*". Primera Edición, Editorial RIPALME, Lima.
- Sánchez, R. (2008). *Agricultura orgánica*. Recuperado de http://www.agriculturaorganicaramirosanchez.blogspot.com/2008_01_01_archive.html
- Soto, G. (2003). *Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. Taller de abonos Orgánicos*. Recuperado: <http://www.catie.ac.cr//versión%electronica20memoria.pdf> p. 21-22.
- Schuldt, M. (2004). *El alimento de las lombrices*. Lombricultura fácil.
- Schuldt, M. (2006). "*Lombricultura: teoría y práctica*". España. Editorial: Mundi-Prensa.
- Schuldt, M.; Rumi, A y Gutierrez, D. (2004). *Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de Eisenia fetida (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas*. Revista Argentina de Producción Animal 25. Recuperado: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/viewFile/4351/4079>
- Tejada, J. (2007). *Producción de lombriz roja californiana y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo*. (Tesis de pregrado), Honduras. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.

Tenecela, X. (2012). *Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos*. (Tesis de pregrado).

Universidad de Cuenca. Ecuador.

Tito, M. (2014). *Abonamiento orgánico en base a humus de lombriz y em-1® y su efecto en el rendimiento de pellas del cultivo de brócoli (Brassicaoleracea l.) cv. Legacy con manejo orgánico*.

Vásquez, J. e Iannacone, J. (2014). *La lombricultura como aporte para la agricultura sostenible en el Perú*. Cátedra Villarreal, Lima, Perú.

Recuperado de <http://revistas.unifv.edu.pe/index.php/RCV/article/32>.