UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

"EFECTO DE CATORCE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*)"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

RINA GARRIDO GARCÍA

2014

DEDICATORIA

A Dios; nuestro Padre, creador de la naturaleza, poseedor de sabiduría y fuente de la esperanza.

A mi patria, Perú.

De manera muy especial a mis padres Manuel Garrido Atencia y Elina García Torres; por su optimismo, sacrificio y sus sabios consejos, que hicieron posible la culminación de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera han contribuido para la culminación de la presente investigación, particularmente:

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por permitirme culminar mi carrera profesional.

Al Ing. M. Sc. José D. Lévano Crisóstomo, asesor de la investigación

Al Ing. M. Sc. Eber Cárdenas Rivera, coasesor de la tesis, por sus sugerencias y ayuda durante la conducción del experimento.

Al Sr. Manuel Garrido Atencia y Sra. Elina García Torres; mis padres, por brindarme su apoyo incondicional y guiarme en todo momento, a quienes estaré eternamente agradecida.

A mis amigos Jimmy Coral, Fanny Padilla, Abraham Ancón, Domitila, y a mi pequeña amiga Yamile Mili; por su gentileza y ayuda durante la conducción de la investigación.

A la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por las facilidades brindadas.

A todos los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por sus enseñanzas y consejos impartidos.

Al personal de la Biblioteca de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por las facilidades brindadas.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN…… 01

II. REVISIÓN DE LITERATURA…… 03

2.1. Historia de la lombriz…… 03

2.2. La lombriz roja californiana…… 05

2.2.1. Clasificación zoológica…… 06

2.2.2. Características externas…….. 07

2.2.3. Características internas…… 08

2.2.4. Locomoción…… 11

2.2.5. Regeneración…… 12

2.2.6. Patologías de las lombrices…… 13

2.2.7. Enemigos de las lombrices…….. 14

2.3. Usos de la lombriz…… 16

2.4. Alimentación de la lombriz…… 16

2.4.1. Estiércoles…….. 17

2.4.2. Fibras…… 19

2.4.3. Incorporación del sustrato…… 21

2.5. Composición química de algunas fuentes de proteína y fibra utilizada en lombricultura…… 22

2.6. Dinámica de *Eisenia foetida* en el estiércol…….. 23

2.7. Hábitat…… 23

2.8. Ciclo de vida…….. 24

2.9. Razones de su elección……24

2.10. Condiciones ambientales para su desarrollo…… 25

2.10.1. Humedad…….. 25

2.10.2. Aireación…… 27

2.10.3. Temperatura y luz……27

2.10.4. Luz…… 28

2.10.5. pH…….. 28

2.11. Factores que afectan la vida de la lombriz roja…… 29

2.12. Lombricompuesto, vermicompost o humus de lombriz…… 30

2.13. Obtención del humus de lombriz…… 34

2.14. Propiedades del lombrihumus…… 34

2.14.1. Propiedades químicas…… 34

2.14.2. Propiedades físicas…… 34

2.15. Propiedades agrícolas del humus…….. 35

2.16. Riqueza del humus…… 35

2.17. Humus de lombriz y su producción…….. 36

2.18. Trabajos comparativos…… 36

III. MATERIALES Y MÉTODOS…….. 37

3.1. Características generales de la zona de estudio…… 37

3.1.1. Ubicación del experimento…….. 37

3.2. Condiciones climáticas…… 37

3.3. Materiales…… 38

3.3.1. Limpieza de las camas…… 38

3.3.2. Instalación de las camas…….. 38

3.3.3. Insumos a utilizar…….. 39

3.3.4. Insumo biológico utilizado…… 39

3.3.5. De la evaluación de los parámetros establecidos…… 39

3.3.6. Monitoreo del pH…… 39

3.3.7. Equipo para recolectar información gráfica…… 40

3.4. Procedencia y preparación de los componentes en estudio…….. 40

3.4.1. Lombriz roja…… 40

3.4.2. De la fuente de proteína…… 40

3.4.3. De la fuente de fibra…….. 40

3.5. Tratamientos en estudio…….. 41

3.6. Descripción del experimento…… 42

3.6.1. Preparación del sustrato…… 42

3.6.2. Cajas ecológicas…… 42

3.6.3. Incorporación del sustrato a las cajas ecológicas…… 43

3.6.4. Siembra de lombrices…… 43

3.6.5. Riegos…….. 43

3.6.6. Volteo del sustrato…… 44

3.6.7. pH…… 44

3.7. Características del experimento…….. 44

3.7.1. Número total de cajas ecológicas y lombrices…….. 44

3.7.2. Dimensiones de la caja ecológica……45

3.8. Diseño experimental…… 45

3.9. Observaciones registradas…….. 45

3.9.1. Número de lombrices…… 45

3.9.2. Número de cocones……46

3.9.3. Peso de la biomasa (lombrices + cocones)…….. 46

3.9.4. Monitoreo del pH……46

3.9.5. Análisis físico y químico del humus producido por las lombrices……46

IV. RESULTADOS…….. 47

4.1. Número de lombrices…… 47

4.2. Número de huevos o cocones…… 54

4.3. Biomasa de lombrices…….. 61

V. DISCUSIÓN…… 71

VI. CONCLUSIONES…… 77

VII. RECOMENDACIONES…… 78

VIII. ABSTRACT…… 79

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….. 81

ANEXO…… 87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Página

1. Clasificación taxonómica de *Eisenia foetida*……..…… 06
2. Composición química del estiércol……..…….. 22
3. Composición química de las fibras……..…….. 22
4. Composición del humus de lombriz……..……. 33
5. Temperatura mensual y humedad relativa registrada durante el periodo de investigación (2008)……. 38
6. Diseño Completamente al Azar con 14 tratamientos y 3 repeticiones……. 45
7. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la primera evaluación de lombrices (alpha 0.01)……..…….. 47
8. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la primera evaluación de lombrices (alpha 0.01)……. 48
9. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la segunda evaluación de lombrices (alpha 0.01)……..……. 49
10. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la segunda evaluación de lombrices (alpha 0.01)……..……. 50
11. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la tercera evaluación de lombrices (alpha 0.01)……. 51

12. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la tercera evaluación de lombrices (alpha 0.01)……..52

13. Promedio de lombrices registrados en cada uno de los distintos tratamientos…….53

14. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la primera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01)…….. 54

15. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la primera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01)…… 55

16. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la segunda evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01)…….. 56

17. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la segunda evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01)…… 57

18. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la tercera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01)…… 58

19. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la tercera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01)…….. 59

20. Promedio de cocones registrados en los catorce tratamientos a los 30, 60 y 90 días…….. 60

21. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la primera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 61

22. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la primera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 62

23. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la segunda evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 63

24. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la segunda evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 64

25. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la tercera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…….…….... 65

26. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la tercera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 66

27. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la cuarta evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 67

28. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la cuarta evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01)…… 68

29. Promedio de biomasa registrados en los catorce tratamientos a los 30, 60 y 90 días (en gramos)…….. 69

30. Resultado del análisis de humus de lombriz…… 88

31. Monitoreo del pH a los catorce tratamientos……89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Crecimiento poblacional de lombrices registrado en los distintos tratamientos durante las evaluaciones…….…. 54

2. Promedio de cocones registrados en los distintos tratamientos…….. 60

3. Promedio de biomasa registrados en los distintos tratamientos…….. 70

4. Pesado de los sustratos…….. 90

5. Sustratos utilizados como alimento para las lombrices en el trabajo de investigación…….. 90

6. Elemento biológico a utilizar en el trabajo de investigación……... 91

7. Mostrando el ambiente donde se realizó el trabajo……. 91

8. Riego de los catorce tratamientos……. 92

9. Realizando la evaluación de los diferentes parámetros……. 92

10. Pesado de las muestras para monitorear el pH de los catorce tratamientos…… 93

11. Adicionando agua destilada a las muestras pesadas de los catorce tratamientos…… 93

12. Monitoreando el pH de los catorce tratamientos en cada evaluación……. 94

13. Mostrando el humus y la cantidad de lombrices producida…….. 94

14. Mostrando la densidad de población de las lombrices…… 95

15. Diferentes estadios de la lombriz roja *Eisenia foetida*…… 95

16. Cocón producido por las lombrices…… 96

17. Cocones producido por las lombrices…….. 96

18. Evaluación de la biomasa…… 97

19. Forma de pesado en balanza analítica…… 97

20. Relación estrecha entre el alimento y la lombriz roja…….. 98

RESUMEN

En la Amazonía peruana la tala indiscriminada de los bosques, el manejo inadecuado de los suelos y de los agroquímicos, y la mayor demanda de alimentos debido al crecimiento poblacional, han conducido al deterioro de los suelos en sus características físicas, químicas y biológicas, causando pérdida de la productividad agropecuaria. En tal sentido, se propuso la investigación con los siguientes objetivos: evaluar el efecto de catorce sustratos en la población, número de cocones y biomasa de la lombriz roja (*Eisenia foetida* (Savigny, 1826)); y en la calidad del humus producido. El estudio se realizó en el invernadero de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, políticamente localizado en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. Las fuentes de proteína para los diferentes sustratos fueron: estiércol de vacuno, de caprino, de cuy y de porcino; y las fuentes de fibra: hojarasca de cacao y aserrín de madera blanda. Los tratamientos evaluados fueron: estiércol de cuy (T_1), estiércol de caprino (T_2), estiércol de vacuno (T_3), estiércol de porcino (T_4), aserrín de madera blanda (T_5), hojarasca de cacao (T_6), aserrín + estiércol de cuy (T_7), aserrín + estiércol de caprino (T_8), aserrín + estiércol de porcino (T_9), aserrín + estiércol de vacuno (T_{10}), hojarasca de cacao + estiércol de vacuno (T_{11}), hojarasca de cacao + estiércol de porcino (T_{12}), hojarasca de cacao + estiércol de caprino (T_{13}), hojarasca de cacao + estiércol de cuy (T_{14}); cada tratamiento tuvo 3 repeticiones. Se utilizó el Diseño Completamente al Azar, y se evaluaron las siguientes variables: número de lombrices, número de cocones, biomasa de lombrices, y calidad del humus producido. Los resultados indican que en el tratamiento 7 (T_7) existe un incremento de la población de lombrices, número de

cocones y biomasa de las mismas; según el análisis físico químico del humus producido, el sustrato con mejor calidad correspondió al tratamiento 1 (T_1) por su riqueza en materia orgánica y nitrógeno, por lo cual se recomienda su uso en actividades agrícolas; por otra parte, los tratamientos 4 (T_4) y 5 (T_5), son los menos recomendados por su mínima influencia en la dinámica de las lombrices.

I. INTRODUCCIÓN

La Amazonia peruana y en particular la ceja de selva, es un ecosistema complejo y de alta fragilidad; sin embargo, la fuerte presión demográfica y la falta de recursos económicos, inducen a la práctica de agricultura de subsistencia; las consecuencias de este contexto han sido ampliamente discutidas, indicando un uso inadecuado de recursos bióticos con elevada tasa de deforestación.

El suelo como recurso natural renovable debe ser manejado en forma racional, para que este se renueve, conserve y para obtener nuestros alimentos debe usarse más intensamente la tierra y para ello se aplican grandes cantidades de abonos químicos. Pero estas operaciones también tienen un límite. Las tierras se acidifican, erosionan, contaminan y se empobrecen por el uso constante de arados, maquinarias y por la utilización de fertilizantes químicos sintéticos.

Para disminuir la acidificación, erosión, y contaminación del suelo, se ha difundido el uso de lombrices para la transformación de los desechos en abonos orgánicos de muy buena calidad, útiles para el mejoramiento de los suelos. Sin embargo es necesario conocer el tiempo de descomposición, factores de conversión y el contenido nutricional de sustratos de origen animal y vegetal, como también la capacidad reproductiva de la lombriz en diferentes sustratos en nuestro medio.

Los elementos del estiércol tales como el nitrógeno y el fósforo, la materia orgánica, sedimentos, patógenos, metales pesados, hormonas, antibióticos y amonio pueden contribuir a la contaminación del agua y suelo, y ser peligrosas para la salud humana, de animales y plantas. En tal sentido, la presente investigación trata de transformar dichos desechos en productos útiles como la lombricomposta, incrementando así el valor de los mismos. Por consiguiente, se plantea la hipótesis: “la lombriz de tierra *Eisenia foetida* permite transformar las sustancias contaminantes en biomasa alimenticia y abono orgánico”. Se proponen por consiguiente los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de catorce sustratos en la población, número de cocones y biomasa de la lombriz roja (*Eisenia foetida*).

- Evaluar el efecto de los diferentes sustratos en la calidad del humus producido por la lombriz roja (*Eisenia foetida*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia de la lombriz

En la antigua Grecia, ARISTÓTELES (322-384 a.C.) manifestó que las lombrices eran los intestinos del suelo y que contribuían a la fertilidad del mismo (SANTILLÁN, 1997). En Egipto, se les consideraba animales valiosos por contribuir a la fertilidad del suelo, al grado de castigar con la pena de muerte a la persona que exportara lombrices a otras tierras (SANTOS, 1997). Los incas en el antiguo Perú, ya apreciaban la importancia de estas especies en las tierras de cultivo; incluso uno de los valles más fértil y sagrado para los Incas fue llamado Urubamba, en honor a la lombriz, ya que es palabra compuesta de origen quechua; urur, lombriz y bamba, lo que significa valle de lombrices (RAMÍREZ, 2013).

De acuerdo con BOUCHÉ (1972), fue Linneo quién en su "*Systema naturae, sive regna tria naturae systematice proposita per secundum classes, ordines, genera, & species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*" publicado en 1758, incluyó por primera vez una especie de lombriz, *Lombricus terrestris* (Savigny, 1826), además se describieron varias especies de la familia Lumbricide.

Así también COMPAGNONI (1999), cita a taxonomistas como Holfmeister (1845), Taylor (1948) publicando muy tempranamente trabajos

sobre las lombrices. Por otro lado SAVIGNY (1826), describe una serie de especies de la familia Lumbricidae, provenientes de las vecindades de Paris. Según PINEDA (2006), investigadores como White (1770) en Inglaterra y Holfmeister (1845) en Alemania, realizaron estudios con la lombriz.

Los estudios sobre el tema y las primeras nociones sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices, datan desde 1837. Estos estudios e investigaciones fueron dirigidos en forma primigenia por Charles Darwin (FERRUZI, 1986).

Por su parte, DOMÍNGUEZ *et al*. (2005) refiere que Darwin, dedicó 40 años al estudio de este anélido y publicó un libro referente a la formación de materia orgánica (humus) a través de la acción de lombrices.

La técnica de lombricultura mejoró en los Estados Unidos, conducido por Tomas Barret quien logró domesticar lombrices; después de observarlos por 10 años de estudio publicó el libro “Utilización de la lombriz” (PINEDA, 2006).

El cultivo de las lombrices nació y se desarrolló en Norteamérica, cuando Hugn Carter (1947) comenzó a criarlas en un ataúd. Luego de 25 años, tenía la capacidad de suministrar a las tiendas de caza y pesca 15 millones de lombrices al año. De esta forma, la lombricultura se fue difundiendo en Europa, Asia y América. Righi (1979), citado por COMPAGNONI (1999), la estudió en Argentina y Brasil; en Colombia se mencionaba el uso de las lombrices de tierra y en 1991 se introdujo el híbrido *Eisenia foetida* Sav., conocida como lombriz roja californiana. Asimismo, Cuevas (1985), citado por COMPAGNONI (1999), la cultivó en Cuba.

En 1987, en el Perú en diversas empresas e instituciones pusieron en práctica esta biotecnología. En 1988 se encontraron otras especies de *E. foetida* a través de la dedicación de otros investigadores, con una capacidad superior en la obtención de humus a la tradicional *E. foetida* Sav. (RÍOS *et al.*, 1993).

En Costa Rica, la Universidad Nacional estableció los primeros cultivos de la especie *E. foetida*, utilizándola en excretas de animales, basura domiciliaria y pulpa de café (DURÁN y HENRÍQUEZ, 2007). En Honduras se introdujo en 1993 el híbrido *E. foetida* procedente de Colombia, con el propósito de utilizarla en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico y mitigar el impacto ambiental (PINEDA, 2006). LEGALL (1993) menciona que la lombricultura en Nicaragua y probablemente en estos mismos años se la introdujo al resto de los países de Centro América como una alternativa para el reciclaje de grandes masas de desechos orgánicos (TINEO, 1994).

Actualmente la especie más utilizada en la lombricultura es la *E. foetida* que es un hibrido proveniente del cruce de *Lumbricus terrestris* L. por *Helodrillus foetidus* (ARLEDGE, 1988).

2.2. La lombriz roja californiana

Según WERNER (1990), se la conoce como lombriz roja californiana porque es en el estado de California de los EE.UU. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos. Desde el punto de vista ecológico se la clasifica en:

- Epigeas, que son las que viven sobre la superficie del suelo, se alimentan de materia orgánica y producen humus. Además están relativamente

expuestas a las fluctuaciones climáticas y presiones de depredación, y tienden a ser pequeñas con altas tasas de reproducción.

- Endógenas, que son las más conocidas, viven dentro del suelo, cavan galerías horizontales, comen y defecan tierra.

- Anécicas, que viven dentro del suelo, cavan galerías y durante la noche suben a la superficie del suelo alimentándose de materia orgánica.

2.2.1. Clasificación zoológica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Eisenia foetida.*

Clasificación taxonómica de *Eisenia foetida*	
Reino	Animal
Sub reino	Metazoos
Grupo	Annelida
Orden	Oligochaeta
Familia	Lumbricidae
Género	*Eisenia*
Especie	*Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

Fuente: RINCÓN (1991).

2.2.2. Características externas

El color no siempre lo determina el pigmento de la piel, sino que a veces la sangre o el contenido del intestino; lo cual se manifiesta a través de las paredes del cuerpo. No obstante, algunas especies como las clasificadas detritívoras (se alimentan de mantillo vegetal o estiércol animal), la pared del cuerpo está coloreada intensamente con pigmentos rojos, identificados como protoporfirina; mientras que las geófagas (se alimentan exclusivamente de suelo junto con materia orgánica) generalmente son de color pálido. La forma del cuerpo es un tubo bilateralmente simétrico; tiene forma cilíndrica. Los segmentos llamados también metámeros, son anillos distribuidos en todo el cuerpo, generalmente comprende de 80 a 175 anillos; entre cada uno de ellos existen surcos inter segmentarios. Tanto los órganos internos como la pared del cuerpo se encuentran segmentados, separados entre sí por tabiques transversales llamados septos. El prostomio es una pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento, del cual está separado por un surco. El peristomio: se llama así al primer segmento, donde se encuentra la boca; no tiene quetas o cerdas. Las quetas o cerdas*:* cada segmento, con excepción del primero, posee cuatro pares de quetas o cerdas, provistas de pequeños músculos, cuya función es la locomoción. También están ausentes en la última porción del cuerpo, llamado pigidio, el cual no forma segmento. Los poros dorsales*:* son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos inter segmentarios a lo largo de la línea media dorsal. Los nefridioporos que son aberturas pares excretoras que se repiten en cada segmento del cuerpo. Los poros espermatecales raramente ausentes, ubicados entre los surcos inter segmentarios. Los poros femeninos: oviductos cortos, que se abren en la cara

ventral del segmento número 14. Los poros masculinos ubicados en la cara ventral del segmento número 15, generalmente hay un par. Los surcos seminales*:* ubicados en los segmentos 9 y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante la copulación. El clitelo que es la región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos. Puede tener forma anular (envuelve los segmentos) o de montura (no envuelve los segmentos) (MANTONS, 1948; FERRUZI, 1988).

2.2.3. Características internas

Los tabiques llamados también septos; son paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo. La faringe*:* es el primer compartimiento después de la boca. La molleja*:* parte gruesa musculosa del tubo digestivo. Puede ser molleja esofágica o puede estar situada al comienzo del intestino llamada molleja intestinal. Las glándulas de morren cuya función es metabolizar el calcio. Están ubicadas en el esófago. El intestino*:* se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas. Los ciegos intestinales son apéndices huecos, terminados en forma de saco que aparece al fondo del intestino. Los nefridios son el órgano central del sistema excretor. Funciona como pequeño riñón. Se llaman holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmento. Los vasos dorsal y ventral*:* ubicado sobre el tubo digestivo. El vaso dorsal y el ventral debajo de éste, son los más importantes en el sistema circulatorio. El vaso supra-intestinal y supra esofágico son vasos impares no siempre presentes (TINEO, 1994; CRISTALES, 2000; SANTOS, 1997).

Se encuentran entre el esófago, intestino y el vaso dorsal. Los vasos extra-esofágico o latero-esofágico están situados a los lados del esófago y entre éste y los corazones. Los corazones están situados en la región esofágica del cuerpo ligando los vasos y están en pares y en un total de cinco y manda la sangre al vaso ventral. Los testículos*:* ubicados en los segmentos 10 y 11 y en uno o en pares cada uno; situados en cavidad celómicas aisladas los reservorios de esperma. Los canales deferentes permiten la salida de los espermatozoides y son uno para cada testículo. Las vesículas seminales*:* están en tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos 9, 10 y 11. Los ovarios*:* generalmente sólo son un par, ubicados en el segmento 13 y descargan los huevos en la cavidad celómica. Los ovisacos son seguidos al segmento que contiene el ovario. Las espermatecas, son los sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes. El aparato circulatorio, está formado por vasos sanguíneos. Las lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones. El aparato respiratorio. Es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo. El sistema digestivo. En la parte superior de la apertura bucal se sitúa el prostomio con forma de labio. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas. Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino (TINEO, 1994; CRISTALES, 2000; INFOAGRO, 2001; SANTOS, 1997).

El aparato excretor está formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma. El sistema nervioso es ganglionar, posee un par de ganglios supraesofágicos, de los que parte una cadena ganglionar. La lombriz californiana se alimenta de animales, vegetales y minerales. Antes de comer tejidos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una pre digestión (TINEO, 1994; CRISTALES, 2000; INFOAGRO, 2001; SANTOS, 1997).

El sistema reproductor de la lombriz de tierra es hermafrodita; es decir que poseen los dos sexos, masculinos y femeninos. El sistema reproductor masculino está conformado por dos pares de testículos ubicados entre los segmentos 10 y 11. Los espermatozoides producidos son almacenados en reservorios y vesículas seminales; de los cuales salen los embudos espermáticos en forma par y los llevan a través de dos conductos espermáticos a los poros masculinos, en la cara ventral del segmento 15, allí salen los espermatozoides durante la cópula. Cuenta también con receptáculos seminales o espermáticos que son unos sacos que reciben el semen de la otra lombriz ubica-dos en los segmentos 9 y 10. El sistema reproductor femenino está formado por dos pares de ovarios, ubicados entre los segmentos 13 y 14, su finalidad es la de producir óvulos, éstos son recogidos por embudos ovulares que los llevan por oviductos y salen a través de poros femeninos (SANTOS, 1997; INFOAGRO, 2001).

La lombriz, durante la cópula, se sitúa en sentido opuesto, quedando unida por unas secreciones mucosas del clitelo ubicado en el segmento 32 al 37 y aquí se encarga de secretar sustancias que forman los

capullos donde se alojan los huevos; y posteriormente se forman dentro de ellos, diminutos gusanos. Algunas especies representan partenogénesis uniparental, con autofecundación, que puede ser facultativa u obligada. La mayoría tiene reproducción biparental. La reproducción de la lombriz tiene lugar durante todo el año, cuando las condiciones son apropiadas los jóvenes alcanzan su madurez sexual a los tres meses; tiempo que coincide con la formación del clitelo, ocupando de 6 a 8 segmentos. Cada lombriz adulta puede depositar un huevo que eclosiona al cabo de 3 semanas y de éste emergen entre 2 y 20 estados juveniles, están listas para reproducir-se, a los 3 meses. La lombriz tiene un promedio de vida de 16 años, aunque algunos autores confirman que *E. foetida* dura 4.5 años (TINEO, 1994; FERRUZI, 1988; CRISTALES, 2000; SANTOS, 1997; INFOAGRO, 2001).

El apareamiento de *E. foetida* ocurre cada 7 días. Entre los principales factores que influyen en la reproducción de cápsulas están: especie, densidad, calidad del alimento, temperatura y humedad del medio. Si la lombriz es periódicamente trasladada a alimentos frescos la producción de cápsulas y fecundidad aumentan. Esta disminuye a medida que pasa el tiempo de crianza, pues las reservas alimenticias disminuyen. La humedad más favorable es de 80%. La temperatura óptima es de 20 ^{o}C; sin embargo *E. foetida* vive sin problemas en ambientes con temperaturas que fluctúan entre 10-25 ^{o}C, bajo condiciones favorables las cápsulas (cocones) eclosionaron después de 4 a 5 semanas (ARANDA, 1989).

2.2.4. Locomoción

La lombriz avanza arrastrándose, para ello fija los segmentos corporales anteriores al terreno, encoje el resto del cuerpo hacia la parte

anterior, fija entonces al suelo los segmentos corporales posteriores y liberando los segmentos anteriores, empuja la parte posterior del cuerpo hacia delante, iniciando el avance. Contribuye grandemente para la locomoción la fluidez del líquido celómico (ANL, 1993).

2.2.5. Regeneración

La lombriz posee poder regenerativo de segmentos perdidos, pero solo si la lesión o destrucción afecta la última porción del intestino. En cambio, si la lesión compromete a partes del cuerpo de la región anterior, la lombriz sucumbirá (ANL, 1993). TINEO (1990) y WERNER (1990), sostienen que la lombriz roja posee las siguientes características

Color	:	Rojo.
Cuerpo	:	Alargado, cilíndrico, achatado ventralmente y puntiagudo en los extremos.
Longitud	:	6-8 cm.
Madurez sexual	:	3 meses.
Peso adulto	:	1 g.
Respiración	:	A través de la piel.
Sexo	:	Hermafrodita.
Temperatura idea	:	16-25 Cº
Humedad ideal	:	70 - 85%
pH ideal	:	6.8 -7.2, sin embargo toleran rangos desde 5.5 - 8.0.

2.2.6. Patologías de las lombrices

La lombriz californiana es un animal muy confiable dado que no sufre ni trasmite enfermedades. Tampoco produce impacto ecológico ante una eventual fuga a un medio natural. En cambio es común encontrar daños ocasionados por las condiciones de la cuna. Puede ocurrir que el hábitat sea alterado por la acción de bacterias, aire, calor o frío, así como también escasez o abundancia de agua (CASTILLO, s.d.).

RESTREPO (2007) manifiesta que otras causas pueden ser:

- Las lesiones e infecciones producidas por acción de insectos o parásitos, la presencia de moscas y mosquitos, ciempiés, bichos bolita u hormigas. Si la lombriz es herida cerca del clitelo puede infectarse y morir. La muerte del animal provoca una pequeña fermentación que causa daño a otras lombrices.

- La presencia de sustancias nocivas en la comida puede provocar una disminución de las lombrices y una pérdida de peso. En algunos casos afectan la musculatura de lombrices impidiendo su locomoción o el apareamiento.

- La intoxicación proteica o "gozzo ácido". Este es un síndrome desencadenada por la presencia de un alto contenido de sustancias proteicas (no transformadas) en el alimento de las lombrices. Al ser atacadas estas proteínas por las enzimas digestivas de la lombriz, se produce amonio que inflama al animal y le provoca la muerte.

Por su parte, MEINICKE (1988) afirma que le puede acompañar un proceso de descomposición debido a la proliferación de microorganismos cuya actividad genera gases y aumento de la acidez del medio. Las lombrices se ven entonces obligadas a ingerir alimentos con una elevada acidez que no alcanza a ser neutralizada por la limitada secreción de sus glándulas calcíferas. Por consiguiente, el proceso de fermentación continúa en el buche y en el ventrículo del animal agravando el estado inflamatorio. Los principales síntomas son: abultamiento anormal de la zona clitelar, que las lombrices se vuelvan rosadas o blancuzcas, que se queden en el fondo de la cuna y disminuyan su actividad o mueran. Cuando pase esto es necesario controlar el pH de la cuna, removerla con suavidad para favorecer la oxigenación y suministrar abundante carbonato de calcio para regular las reacciones ácidas.

Para tener un buen criadero, es necesario cumplir las siguientes normas de prevención:

- Probar siempre el nuevo material, poniendo durante dos días algunas lombrices y controlando su estado de salud.

- Controlar la temperatura y el agua.

- Cuando se incorporen harinas comerciales o alimentos más fuertes, echarlos con precaución y en pequeñas cantidades.

2.2.7. Enemigos de las lombrices

El hombre se encuentra entre los principales enemigos de la lombriz. En estado silvestre, las daña con el uso de antiparasitarios,

insecticidas y abonos químicos. En el criadero, los parásitos son un indicador de un manejo incorrecto por parte del lumbricultor (por lo general baja humedad y lechos demasiado ácidos). Los escarabajos, moscas, ácaros rosa, gorgojos, bichos bolita, babosas, compiten con las lombrices en el consumo del material alimenticio y alteran las condiciones del medio. No existen medios físicos eficaces para su control, salvo evitando que se instalen las colonias de parásitos mediante un buen manejo de las unidades de cría. Cierto tipo de hormigas ingiere los azúcares de los alimentos destinados a las lombrices. Si se las molesta un poco humedeciendo la compostera terminan buscándose un sitio más tranquilo. También se puede disponer sobre el lecho cáscaras de papa, naranjas o melón para atraerlas y luego retirarlas. Para eliminar los gorgojos se recomienda espolvorear la zona invadida con azufre o utilizar a modo de lanzallamas el quemador normal de gas tipo “camping” (CASTILLO, s.d.; RESTREPO, 2007).

Entre los depredadores directos se encuentran las ratas, ratones, serpientes, sapos, pájaros, topos, ciempiés, milpiés, y algunos otros, que pueden causar serios daños en el criadero si no se colocan defensas apropiadas. Los pájaros encuentran a las lombrices con facilidad, excavando la tierra con sus patas y pico, por lo que el lumbricultor deberá cubrir el lecho con ramas o redes media sombra. De este modo se obtendrán dos beneficios: se protege al plantel del ataque de los pájaros y se evita la excesiva evaporación manteniendo regulada la humedad. Las hormigas rojas y los ratones se comen a las lombrices, pero se los puede mantener alejados manteniendo una humedad del 80 % en los lechos de cría. La planaria causa daños muy importantes en los criaderos comerciales. Se trata de un pequeño gusano platelminto, de cuerpo plano, de color oscuro con rayas a lo largo del cuerpo.

Este parásito se adhiere a la lombriz y mediante un tubo absorbe sus líquidos corporales matándola (MEINICKE, 1988; RESTREPO, 2007).

2.3. Usos de la lombriz

La lombriz puede ser utilizada como mejoradora de suelos, productora de humus, carnada de pesca, reciclaje de residuos urbanos e industriales, y fuente de proteína humana y animal (ARLEDGE, 1988)

2.4. Alimentación de la lombriz

Estos animales son saprófagos, ya que su alimentación se basa en residuos biodegradables, consumiendo desde el detritus orgánico hasta las coprólitas animales, teniendo máxima preferencia por estas últimas, lo que las individualiza de las demás especies (CALLEJAS *et al.,* 1989).

La lombriz se nutre con cualquier tipo de substancia orgánica, que haya superado su estado de putrefacción y posterior fermentación. Independientemente de cual sea la substancia orgánica que se desee utilizar, esta debe tener un contenido de fibra no menor a un 20 – 25% en forma de paja, papel o cartón (FERRUZI, 1988).

De acuerdo a los recursos alimenticios que explotan y las condiciones ambientales en que habitan pueden clasificarse en detritívoras, aquellas que comen sobre mantillo vegetal o sobre estiércol animal en los horizontes superficiales del suelo rico en materia orgánica, siendo la pared del cuerpo de pigmentos rojos y las geófagas, las que comen grandes cantidades de suelo con materia orgánica, generalmente de colores pálidos (SATCHELL, 1971).

La mezcla de restos orgánicos ingeridos por las lombrices, se ve sometida a diversos procesos durante el paso intestinal y luego evacuada en forma de heces (VELÁSQUEZ, 1987).

ULLOA (2003) indica los siguientes cuatro tipos de sustrato que se pueden utilizar para alimento de lombrices:

- Residuos de animales: estiércol de caballo, de bovino, de oveja, de conejo, gallinaza, cuy, cabra, etc.

- Residuos domésticos: desechos biodegradables de cocina.

- Residuos industriales: papel, aserrín.

- Residuos vegetales: todo tipo de hojas y procedentes de explotaciones agrícolas.

- Fangos de depuradoras.

2.4.1. Estiércoles

MEINICKE (1988) sostiene que son los que proveen nitrógeno, como los alimentos semidigeridos que se extraen de los estómagos de bovinos sacrificados (librillo o panza), o las deyecciones de los animales criados en establecimientos rurales (estiércol de corral).

Por su parte, ORTIGOSA (s.d.) y LÓPEZ *et al*. (2003) manifiestan que en el estiércol hay que saber diferenciar la edad del estiércol que es un factor muy importante dentro del manejo de las lombrices.

El sustrato se puede encontrar en 3 situaciones:

- Estiércol fresco: el estiércol está acabado de producir por el bovino, teniendo una consistencia pastosa, de olor insoportable debido a que su pH es altamente alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz.

- Estiércol maduro: este estiércol tiene más o menos de 10 a 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semipastosa, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado, calculado de 7 a 8. Este es el sustrato adecuado, puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices, aunque a veces le tenemos que agregar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura, este es el sustrato que mejor aceptan las lombrices.

- Estiércol viejo: es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido producido, es de consistencia pastosa y dura, desmoronándose al aplastarse con la mano. No presenta prácticamente ningún olor. Este no es un sustrato que puede ser usado para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido y pueden entrar las lombrices en un período de dormición y ocurrir el desarrollo de una plaga llamada planaria o lombriz rayada plana.

Según CALLEJAS *et al*. (1989), no es conveniente adquirir estiércoles viejos (con más de 20 días de producidos) porque el material tendrá un pH más ácido y favorecerá la aparición de plagas. Se suelen indicar largos períodos para la maduración de los distintos tipos de estiércoles. Por ejemplo 6 meses para el estiércol vacuno y 12 a 16 meses para el de aves. Este plazo es excesivo porque después de una maduración tan prolongada queda muy poca proteína a disposición de las lombrices. El estiércol (guano) es una rica y

compleja sustancia formada principalmente por: celulosa (apetecible y degradable por las lombrices) y agua. También contiene una variada población de microorganismos, los cuales intervienen en la descomposición del estiércol, traduciéndose en bióxido de carbono, nitratos, nitritos, amoniaco, metano y agua, acompañado por la síntesis de compuestos húmicos de alto peso molecular, en cuyos procesos también participan pequeños animales invertebrados, larvas e insectos.

FERRUZI (1988) sostiene que todo estiércol se debe desmenuzar, mezclar con fibra y posteriormente picar. Si no se mezcla y airea no fermentará, el exceso de proteínas constituye el mayor peligro por la liberación de gases tóxicos, verificando el alimento, por la presencia del ácido toxico, cuando el alimento no está descompuesto, causa la muerte de la lombriz. Teniendo en cuenta que la lombriz, objeto del presente estudio se nutre con cualquier tipo de substancia orgánica, que haya superado su estado de calentamiento como consecuencia de su putrefacción y posterior fermentación, ha llegado el momento de hablar de los diversos tipos de excremento de animales que son aconsejables y que con más facilidad pueden encontrarse. Normalmente los estiércoles procedentes de explotaciones intensiva de aves en general, no son aconsejables debido a su fuerte acidez, a ello también se le adiciona el estiércol de cerdo que también es desaconsejable por su alta acidez y su elevada dosis de proteína que el cerdo no lo asimila.

2.4.2. Fibras

Básicamente aportan carbono (celulosa) como las cáscaras de cereales. Se emplean para acondicionar el material haciéndolo más esponjoso

y aireado, facilitando su fermentación. Además, una vez finalizado el proceso de elaboración, dejan finas partículas de fibra que mejoran las cualidades agrícolas del material. La fibra (viruta, aserrín, cáscara de arroz, hojarascas, etc.) ayuda a que el estiércol quede más esponjoso y aireado acelerando la fermentación. De esta forma se puede manejar cualquier tipo de estiércol. Por ejemplo, el estiércol de cerdo es muy pegajoso y cuando se seca se pone duro e hidrófugo conservando el centro fresco. La forma de manejarlo es hacerle perder un poco de humedad, mezclarlo con fibra y luego picarlo. La viruta y el aserrín pueden ser de madera suave. No usar virutas resinosas o con tanino porque estas no son muy absorbentes y pueden teñir y matar al animal (MEINICKE, 1988).

La composición química de los residuos vegetales (fibra) es muy importante, puesto que van a influir en la composición final del humus y en el tiempo en que estos se van a formar. La acción de diversos microorganismos degradan por medio de enzimas, los componentes químicos naturales de la planta, estos componentes químicos complejos varían en su estructura por lo que unos son más degradables que otros. La fracción soluble en agua contiene los componentes químicos menos complejos y el por lo tanto metabolizada en primer término junto con las proteínas, después se descomponen las celulosas y hemicelulosas, por ultimo las ligninas por tener una estructura química bastante compleja, así que el tejido vegetal joven va a ser degradado más rápidamente que una madura. La composición química de los residuos vegetales es muy importante, puesto que va a influenciar en la composición final de humus y en el tiempo en que estos se van a formar (NOVAK, 1990).

FERRUZI (1988) menciona que el alimento de la lombriz debe contar con contenido de 20 % a 25 % de celulosa y una proteína de calidad, que proviene de material vegetal. Además hace mención que no debe contar con más de 45% de proteína total, ya que puede resultar peligroso e incluso mortal.

La viruta de madera clara mezclada con estiércol, es ideal para obtener la suavidad justa del habitad de la lombriz, la presencia de este tipo de celulosa en el lecho acentúa la glucosa y el porcentaje de proteínas.

DUQUE (1984) menciona que la disminución de la materia orgánica afecta la vida de la lombriz, es decir, inician su trabajo y no se reproducen.

2.4.3. Incorporación del sustrato

La incorporación del sustrato a los módulos para su transformación a humus se deberá realizar cada 30 días a partir de la siembra.

El espesor de la capa del sustrato distribuida variará según la estación del año, en función a la temperatura exterior. En los meses calurosos la capa alimenticia será más fina que en los meses más fríos, pues los peligros de fermentación y recalentamiento son mayores. Otros autores indican que el cambio del sustrato deberá realizarse semanalmente con la finalidad de estimular en la lombriz el deseo de acoplarse, produciéndose constantemente un mayor número de lombrices, y por tanto más humus (FERRUZI, 1988).

2.5. Composición química de algunas fuentes de proteína y fibra utilizada en lombricultura

A continuación se muestran una serie de cuadros respecto a la composición química de las diferentes fuentes alimenticias.

Cuadro 2. Composición química del estiércol

Composición química del estiércol				
Animal	% M.O.	% N	% P	% K
Vacuno (f)	6	0.29	0.17	0.1
Vacuno (s)	16	0.58	0.01	0.49
Cerdo (s)	18	0.6	0.61	0.26
Cuy (s)	25	0.6	0.03	0.18
Cabra (f)	13	0.55	0.01	0.15
Cabra (s)	23	1.95	0.31	1.26

Fuente: Revista Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.

Cuadro 3. Composición química de las fibras

Composición química de las fibras				
Material	%N	%P	%K	% fibra
Hoja de cacao	2.2	0.2	s/d	23.3
Aserrín	2	0.02	0.05	46.2

Fuente: Revista Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.

2.6. Dinámica de *Eisenia foetida* en el estiércol

La cantidad de excedente carneo está lógica y directamente relacionado con la biomasa que se obtiene del sistema. La biomasa consiste en la masa de lombrices (expresada en unidades de peso) en una determinada cantidad de medio (expresada en unidades de peso o de volumen). A medida que aumenta el número de individuos la relación biomasa número de lombrices se hace más estrecha (SANTAMARÍA *et al.,* 2001).

Es bien sabido además, que el recurso alimenticio influye no sólo en el tamaño de las lombrices sino también en su tasa de crecimiento y reproducción (DOMÍNGUEZ *et al.,* 2000). NEUHAUSER *et al.* (1980) encontraron que *Eisenia foetida* gana peso a tasas dependientes del tipo de alimento y de la densidad de población.

2.7. Hábitat

Habita en los primeros 50 cm del suelo, por tanto es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe evaginada o bulbo musculoso. Digiere de ellas las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra (BARBADO, 2003).

Las lombrices prefieren sitios húmedos, no toleran las sequías ni las heladas, son más numerosas en suelos frescos (RUSSEL, 1964).

2.8. Ciclo de vida

Son hermafroditas, no se autofecundan, por tanto es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm. De la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados (INFOAGRO, 2001).

2.9. Razones de su elección

BARBADO (2003) sostiene que en muchos países del mundo se ha experimentado con ella, en diferentes condiciones de clima y altitud, viviendo en cautiverio sin fugarse de su lecho.

- Es muy prolífica, madurando sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, y su longevidad esta próxima a los 16 años.

- Su capacidad reproductiva es muy elevada, la población puede duplicarse cada 45-60 días.

- 10,000 de lombrices al cabo de un año se convierten en 1’200,000 y en dos años en 144’000,000. Durante este periodo habrán transformado 240,000 toneladas de residuos orgánicos en 150,000 toneladas de humus.

- Se alimenta con mucha voracidad, consumiendo todo tipo de desechos agropecuarios como estiércol, residuos agrícolas, etc. y desechos orgánicos de la industria.

- Produce enormes cantidades de humus y de carne de lombriz por hectárea como ninguna otra actividad zootécnica lo logra.

- Se pueden obtener otros productos base para la industria farmacéutica. A partir del líquido celomático, se han producido antibióticos para uso humano.

- Características como el no sangrar al producirse un corte de su cuerpo y ser totalmente inmune al medio contaminado en el cual vive, como la elevada capacidad de regeneración de sus tejidos, son motivos de investigación para la aplicación en el ser humano.

2.10. Condiciones ambientales para su desarrollo

De acuerdo con lo manifestado por EDWARDS (1988) y (LEGALL, 1993), el manejo de estiércol o sustrato es el elemento de mayor importancia dentro del cultivo de lombrices, puesto que si nosotros entregamos estabilizado o maduro el estiércol a las lombrices, se estará asegurando que el pie de cría se reproduzca aceleradamente y en poco tiempo se habrá multiplicado para aumentar el área de cultivo. En el manejo del estiércol o sustrato se tendrá en cuenta cuatro factores muy importantes: humedad, aireación, temperatura y luz, y pH (acidez, alcalinidad).

2.10.1. Humedad

La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción y fecundidad de las cápsulas o cocones, una humedad superior al 85 % es muy dañina para las lombrices, haciendo que éstas entren en un

período de dormición afectándose la producción de lombrihumus y la reproducción de biomasa. Las condiciones más favorables para que la lombriz produzca y se reproduzca se presentan a una humedad del 80 %, es aceptable hasta 70 %, debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable, por otro lado niveles de humedad de 55 % son mortales para las lombrices. 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 que alcanza con el puño de una mano, posteriormente se le aplica fuerza, lo normal de un brazo y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80 % aproximadamente (ORTIGOSA, s.d.).

La lombriz puede vivir temporalmente en condiciones de mucha humedad, pero no trabaja en la descomposición ni se reproduce. Es básico recordar que la humedad de 80% controla la plaga, hormigas que se acercan por los azúcares que produce la lombriz al deslizarse por las galerías del substrato (TINEO, 1994).

La humedad y la aireación del sustrato están muy relacionadas. En un terreno empapado, las gotas de agua desplazan las burbujas de aire, y se produce falta de oxígeno y ventilación. Ambos factores influyen tanto en la ingesta de alimento como en la respiración y la reproducción. Si el sustrato está empapado, con una humedad superior al 85 % la oxigenación es insuficiente. La falta de aireación, hace que el consumo de alimento se reduzca, y que las lombrices entren en un período de latencia, en el que por supuesto no se produce vermicompost, se detienen los apareamientos y aumenta el tiempo de maduración de las cápsulas (TINEO, 1994).

Una humedad por debajo de 70 % constituye una condición desfavorable. Al estar el sustrato seco, se dificulta el deslizamiento del animal a través del medio, así como la ingestión del alimento. Niveles de humedad inferiores al 55 % o superiores al 95 %, resultan mortales para las lombrices (ORTIGOSA, s.d.).

2.10.2. Aireación

Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación (INFOAGRO, 2001).

2.10.3. Temperatura y luz

La temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción (lombrihumus) y fecundidad de las cápsulas. Una temperatura entre 20 a 25 grados centígrados es considerada óptima, que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende de los 20 grados centígrados hasta 15 grados centígrados las lombrices entran en un período de latencia, dejando de reproducirse, crecer y producir lombrihumus, además que alarga el ciclo evolutivo, puesto que los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorable, sucediendo lo mismo con la lombriz joven, pasa más tiempo en este período, puesto que ahí soporta más tiempo las adversidades del tiempo (LEGALL**,** 1993).

E. foetida vive sin problemas en ambientes con temperatura de 10 y 25 ºC; a <10 ºC y temperaturas > 30 ºC, no hay producción de cápsulas, por lo que las temperaturas son factores importantes que influyen en la producción y fecundidad de cápsulas. En cuanto a la fecundidad, se encontró que en temperaturas controladas de 15ºC, 20ºC y 25ºC, eclosionan 2.6, 3.1 y 2.7 lombrices por cápsula respectivamente, por lo que la temperatura óptima es de 20 ºC (EDWARDS, 1988; LEGALL**,** 1993).

2.10.4. Luz

En la naturaleza, las lombrices de tierra se desplazan por las praderas a través de los túneles que excavan, buscando las zonas húmedas. Por eso, en periodos de lluvia intensa, es frecuente encontrarlas debajo de piedras, etc. La lombriz de tierra es fotofóbica (huye de la luz del sol), pues los rayos ultravioleta matan a los animales en pocos segundos. Posee unos sensores en la epidermis, que les ayudan a detectar la procedencia de la luz y huir de ella. Por otro lado, la luz del sol, aumenta la temperatura del medio, llegando a alcanzarse temperaturas mortales si el animal no tiene posibilidad de huir (ORTIGOSA, s.d.).

2.10.5. pH

El pH mide lo alcalino o ácido del sustrato. El pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos últimos factores son manejados adecuadamente, podremos controlar el pH siempre y cuando el sustrato contenga pH alcalinos. La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4 siendo el ideal de 7 (neutro), disminuidos o pasados en esta escala la lombriz

entra en una etapa de dormición. Con pH ácido en el sustrato se desarrolla una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria (ORTIGOSA, s.d.).

Según LEGALL (1993), el objetivo es que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8.0, humedad 80% y la temperatura de 20 ºC a 25 ºC. De acuerdo con EDWARDS (1988), la condición óptima de pH es de un rango de 5 a 9. NASON (1978) indica que el alimento debe poseer un PH óptimo de 6.7 a 7.7, para esto se debe añadir carbonato de calcio a razón de 30 gr/m², con frecuentes riegos.

2.11. Factores que afectan la vida de la lombriz roja

Entre los factores que afectan la vida de la lombriz son los siguientes: Luz, pH, exceso de proteína, actividades agrícolas, fertilizantes químicos, disminución de la materia orgánica y problemas de compostaje FERRUZI (1986).

El compostaje intenta recrear las condiciones que podrían ocurrir en un sistema no perturbado, donde la materia orgánica se acumula sobre la superficie del suelo. Dependiendo de las variaciones en la temperatura del sistema el proceso puede ser dividido en cuatro etapas: mesofílica, termofílica, enfriamiento y madurez. Ya que el compostaje es un proceso exclusivamente biológico, puede afirmarse que resulta afectado por todos los factores que influyen directa o indirectamente en el metabolismo microbiano; así los aspectos más importantes que deben ser considerados para llevar acabo el proceso de compostaje son: El sustrato, la aireación, la temperatura, la humedad, el pH y la relación C/N (FARÍAS *et al.,* 1999).

Los residuos precompostados podrían ser más aceptables y causar menos mortalidad a las lombrices, debido a que pueden contener menos componentes potencialmente tóxicos tales como amonio o sales en los estiércoles animales, o taninos y ácidos en desechos verdes. El precompostaje agrega algo más de tiempo al proceso pero podría salvaguardar el crecimiento y sobrevivencia de las lombrices, no obstante, este proceso podría decrecer la cantidad de alimento disponible para el crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida* (GUNADI *et al.,* 2002).

DUQUE (1984) menciona que, la disminución de la materia orgánica, afecta la vida de la lombriz, inician su trabajo y no se reproducen.

Cuando el proceso de compostaje involucra la participación de lombrices como *E. foetida* o *E. andrei* u otras denominadas composteras se llama entonces proceso de vermicomposteo o lombricomposteo (SANTAMARÍA *et al.,* 2001).

2.12. Lombricompuesto, vermicompost o humus de lombriz

El lombricompuesto es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de los mismos (INFOAGRO, 2001).

El humus es una mezcla compleja de sustancias coloidales y no coloidales amorfas, que aparecen como resultados de la modificación y neoformacion de la materia orgánica (NOVAK, 1990). También este se puede obtener por la actividad de las lombrices sobre los desechos orgánicos, este proceso de degradación se produce en forma acelerada (horas, días) en comparación con el proceso de degradación natural (años), lo que significa un beneficio económico, ya que se obtiene un producto estable, actuando como uno de los fertilizantes de mejor calidad existente, con efecto en el suelo de hasta cinco años (SÁENZ, 1987).

El humus, cuyo significado etimológico en griego antiguo es “cimiento”, está compuesto principalmente por C, O, H, N y en menos proporción de oligoelementos, no presenta una composición química cuantitativamente estable (VELÁSQUEZ y HERRERA, 1985).

El humus de lombriz por su perfecto equilibrio e inmediata disponibilidad que ofrece de los macroelementos N - P - K a los vegetales, la gran cantidad de microelementos que posee, sobre todo, la gigantesca carga bacteriana que contiene enriquecedor de suelos (BASAURE, 1995).

Además el humus se caracteriza por comportarse como una hormona estimuladora del crecimiento vegetal, ya que se conoce que 1 mg/l de humus es equivalente en actividad a 0,01 mg/l de A.I.A. (ácido indol acético) (VELÁSQUEZ y HERRERA, 1985).

El vermicompuesto es un fertilizante bioorgánico de estructura coloidal producto de la digestión de la lombriz, es un compuesto desmenuzado,

ligero e inodoro; es muy rico en enzimas y microorganismos no patógenos, asimilables por las plantas, equilibrado, antiparasitario y con una duración efectiva en los terrenos de cultivos de aproximadamente cinco años. El humus constituye efectivamente una eficaz inoculación microbiana para el suelo y aporta además compuestos fitoestimulantes, siendo su función más importante la de equilibrar la colonización microbiana en el suelo. También, la función de la lombriz hace efectivo que en el proceso de humificación los microelementos Fe, Zn, Cu y Mn, disminuyan sus concentraciones y por tal motivo reduzca todo tipo de riesgo por toxicidad con solo 8 semanas de proceso (DEL ÁGUILA, 1992).

El vermicompost contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino. El humus de lombriz es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque. El humus contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero estos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho. El humus de lombriz evita y combate la clorosis férrica, facilita la eficacia del trabajo mecánico en el campo, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas. La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza puro (CARRIÓN, 1991).

Cuadro 4. Composición del humus de lombriz.

Composición química del humus de lombriz	
Composición	Porcentaje
N	0.8 - 2.0 %
P	0.5 - 0.7 %
K	0.3 - 0.6 %
Ca	3.6 - 4.4 %
Mg	0.4 - 0.5 %
Cu	50 - 60 ppm
Fe	3,000 ppm
Zn	150 - 170 ppm
Mn	500 - 550 ppm
Mo	30 - 45 %
C/N	10
Humedad	45 - 55 %
pH	6.8 - 7.5

Fuente: RAMÓN (1996).

2.13. Obtención del humus de lombriz

Las lombrices mineralizan la materia orgánica enzimáticamente en el primer tercio de su aparato digestivo y luego lo humifican en la parte posterior del intestino por la acción de los microorganismos presentes en esta sección intestinal (LEÓN, 1991).

2.14. Propiedades del lombrihumus

El humus de la lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de lombrices (VELÁSQUEZ y HERRERA, 1985).

2.14.1. Propiedades químicas

Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fosforo y azufre, fundamentalmente nitrógeno; incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno; estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón; inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción; e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas (TINEO, 1994).

2.14.2. Propiedades físicas

Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y ligosos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora

su porosidad; mejora la permeabilidad y ventilación; reduce la erosión del suelo; incrementa la capacidad de retención de humedad; y confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica (TINEO, 1994).

2.15. Propiedades agrícolas del humus

El humus de lombriz equivale al doble de nitrógeno y potasio que aporta el estiércol de vacuno, es mucho más rico en fósforo., induce a la producción hormonal de auxinas y giberelinas para el crecimiento de las plantas, por otro lado evita la clorosis férrica. La actividad residual del humus permanece en el campo hasta por 5 años. La forma de aplicar al campo es al inicio de instalar un cultivo, ésta no debe enterrarse y luego de esparcido en el campo debemos regar para activar la flora bacteriana benéfica al suelo.

El humus de lombriz presenta en promedio 1.8 % de N, 5% de P, 1.3 % de K, 5 % de Ca, 1.3 % de Mg, y tiene una capacidad de intercambio catiónico de 4 a 7 veces más que los coloides minerales de la arcilla. El humus puede ser considerado como un estado de descomposición de la materia orgánica, es insoluble en agua. El humus es una fuente importante de nutrientes (TINEO, 1994).

2.16. Riqueza del humus

El estiércol de lombrices comparado con la tierra es: 5 veces más rico en nitrógeno, 7 veces más rico en fosforo, 11 veces más rico en potasio y 3 veces más rico en magnesio (ARLEDGE, 1988).

2.17. Humus de lombriz y su producción

La cantidad diaria de humus producido por la lombriz es idéntica para cada individuo dentro de un determinado tiempo. Toda lombriz come una cantidad equivalente a su propio peso y expulsa el 60% de la misma en forma de humus; se puede conseguir una mayor producción del mismo aumentando el número de lombrices por unidad de módulo (FERRRUZI, 1988).

2.18. Trabajos comparativos

En la evaluación de diferentes sustratos orgánicos en la crianza de lombriz roja, CARRIÓN (1991) determinó que la mezcla de sustrato: estiércol de vaca más cascarilla de cacao más panca de maíz más hojas de bambú resulto significativo en los parámetros de número de capullos, y número de lombrices, además informó que el sustrato que presenta mejores condiciones de calidad es en el sustrato de estiércol de vaca más hojas de bambú con 60.23% de materia orgánica, 2.59% de N y 1.97% de Fosforo, sin evaluar la relación C/N.

Con respecto a la calidad del sustrato, DEL ÁGUILA (1992) observó en sus resultados que el sustrato de la mezcla de estiércol de vaca más rastrojo de maíz más cascarilla de cacao, presenta las mejores característica de calidad de humus con 67% de materia orgánica, 2.20% de N, el autor también realizó el análisis de C/N y es por ello que se basa en los datos obtenidos del C/N que la mejor calidad de abono obtenido es con 57.3% de materia orgánica y 2.06% de N, este último detalle no se ejecutó en la investigación, pero coincide con CARRIÓN (1991) en mencionar que se obtiene un abono orgánico de calidad con el estiércol de vaca adicionándolo fibra.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en los ambientes del invernadero de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, políticamente localizado en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. Geográficamente el experimento se ubica en las siguientes coordenadas:

Latitud Sur : 09º 08’ 05”

Longitud Oeste : 75º 57’ 07”

Altitud : 640 msnm

3.2. Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos comprendidos entre los meses marzo - julio del año 2008 fueron obtenidos en la Microestación Climatológica José Abelardo Quiñones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Temperatura mensual y humedad relativa registrada durante el periodo de investigación (2008).

Temperatura mensual y humedad relativa registrada durante el periodo de investigación (2008)

Mes	Máx. (ºC)	Mín. (ºC)	Media (ºC)	%HR
Marzo	28.3	20.4	24.3	88
Abril	29.6	20.9	25.2	85
Mayo	29.2	20.2	24.7	84
Junio	29.1	19.7	24.4	86
Julio	29.4	19.3	24.3	84

Fuente: Microestación Climatológica José Abelardo Quiñones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3. Materiales

3.3.1. Limpieza de las camas

Previo a la instalación de la investigación se realizó una limpieza de las camas, utilizando baldes, carretillas, pala, costales, escobas y escobillas.

3.3.2. Instalación de las camas

Terminada la limpieza se procedió a dividir las camas utilizando: wincha de 100m, listones delgados, martillo, serrucho, clavos de ½". Luego se procedió al forrado de las camas utilizando: 10 m de plástico color negro,

chinches y para la tapa de las camas se utilizó: costal de 50m de largo x 12cm de ancho, también se utilizó palitos de chupete con cartulina dúplex para sus letreros correspondientes a cada tratamiento.

3.3.3. Insumos a utilizar

Los insumos previamente compostados, empleados en la investigación, fueron: estiércol de vacuno, estiércol de porcino, estiércol de caprino, estiércol de cuy; y como fuente de fibra: hojarasca de cacao y aserrín de madera blanda.

Los insumos fueron pesados antes de ser colocados en las camas, y su función fue actuar como alimento para la lombriz (*E. foetida*). El riego de los sustratos se realizó mediante una regadera, empleando agua no clorada.

3.3.4. Insumo biológico utilizado

El insumo biológico utilizado es la lombriz roja *Eisenia foetida.*

3.3.5. De la evaluación de los parámetros establecidos

Para realizar las evaluaciones de los parámetros establecidos (número y pesado de lombrices, cocones y biomasa), se realizó el conteo de estas utilizando ½ ciento de papel periódico, pinzas, lupa, platos descartables, bolsas transparentes, papel absorbente, balanza analítica, guantes quirúrgicos, libreta de apuntes y lapiceros.

3.3.6. Monitoreo del pH

Para realizar el monitoreo del pH se utilizó bolsas transparentes para el recojo de las muestras, balanza analítica para el pesado de las mismas, agua destilada y peachímetro.

3.3.7. Equipo para recolectar información gráfica

Cámara digital marca Sony.

3.4. Procedencia y preparación de los componentes en estudio

3.4.1. Lombriz roja

Procedente de las instalaciones del Centro de Producción de Lombricultura de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

3.4.2. De la fuente de proteína

Como fuente de proteína se utilizó estiércol de diferentes animales domésticos como el estiércol de vacuno y caprino que fue recolectado de la granja de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; y el estiércol de cuy y de porcino que fue recolectado del Fundo García en Los Laureles, Tingo María.

3.4.3. De la fuente de fibra

Las fuentes de fibra utilizadas en la investigación, fueron:

3.4.3.1. Hojarasca de cacao

Fuente de fibra recolectada del Fundo García en Los Laureles, Tingo María.

3.4.3.2. Aserrín de madera blanda

Sustrato recolectado de los aserraderos del distrito Padre Felipe Luyando.

3.5. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio estuvieron constituidos por fuentes alimenticias ricas proteína como el estiércol de vacuno, caprino, cuy y porcino; y como fuente de fibra el aserrín y la hojarasca de cacao. Se seleccionaron estos sustratos porque abundan en la zona de Tingo María, que son considerados como desechos de animales, y de actividades forestales y agrícolas que normalmente no son aprovechados.

La combinación de los diferentes sustratos generó los siguientes tratamientos:

T_1 : Estiércol de cuy

T_2 : Estiércol de caprino

T_3 : Estiércol de vacuno

T_4 : Estiércol de porcino

T_5 : Aserrín de madera blanda

T_6 : Hojarasca de cacao

T_7 : Aserrín + estiércol de cuy

T_8 : Aserrín + estiércol de caprino

T_9 : Aserrín + estiércol de porcino

T_{10} : Aserrín + estiércol de vacuno

T_{11} : Hojarasca de cacao + estiércol de vacuno

T_{12} : Hojarasca de cacao + estiércol de porcino

T_{13} : Hojarasca de cacao + estiércol de caprino

T_{14} : Hojarasca de cacao + estiércol de cuy

3.6. Descripción del experimento

3.6.1. Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizó teniendo en cuenta el tiempo de fermentación, de tal manera que pueda ser alimento adecuado para las lombrices; consistió en agregar suficiente cantidad de agua a los sustratos y voltearlos cada cinco días hasta obtener el composteado a los 30 días. El compost es un material sin olor y bastante firme para ser utilizado como alimento para las lombrices.

3.6.2. Cajas ecológicas

Fueron construidas aprovechando la existencia de cajas germinadoras con dimensiones de 90 cm de largo x 90 cm de ancho x 30 cm de alto. Se emplearon cinco cajas, dividiendo cada de ellas en cuadrados de 30 cm de lado x 30 cm de alto, cuyas divisiones se hicieron con listones delgados. Las cajas fueron forradas con plástico negro, aperturándose pequeños agujeros en la superficie con la finalidad de eliminar agua y permitir una buena aireación y drenaje. Se obtuvieron 45 cajas en total, de las cuales 42 fueron utilizadas en la investigación donde permanecieron las lombrices desde la siembra hasta la finalización del estudio.

3.6.3. Incorporación del sustrato a las cajas ecológicas

La incorporación de los sustratos a las cajas ecológicas se realizó después del compostado de los mismos, verificando mensualmente el pH. En todos los tratamientos se incorporó 1 kg de sustrato que sirvió de alimento para las lombrices; en los primeros seis tratamientos no se realizó ningún tipo de combinación, que tuvo lugar a partir del tratamiento siete con la incorporación de 70 % de proteína más 30 % de fibra.

3.6.4. Siembra de lombrices

Antes de colocar a las lombrices en contacto directo con el alimento en las cajas ecológicas, debe asegurarse que la fermentación del material haya concluido, para lo cual se procede a realizar una prueba; esta prueba garantiza la supervivencia y se llama comúnmente Prueba de 20 Lombrices (PL20), que consiste en colocar en las cajas 20 lombrices entre adultas y jóvenes, para posteriormente regarlas con cuidado y adecuadamente sin encharcar. Las lombrices se introducen solas y tratarán de descubrir si el nuevo ambiente y alimento es adecuado para garantizar primero su permanencia y después su acción productiva. Transcurridas 24 horas se verificó si las 20 lombrices se encontraban en condiciones óptimas de salud, es decir, es aceptable encontrar 18 lombrices vivas, lo cual se logró en la investigación, encontrándose entre 18 a 20 lombrices con vida, razón por la que se inocularon 30 lombrices más en cada caja ecológica.

3.6.5. Riegos

Los riegos se realizaron cada vez que el sustrato (alimento de las lombrices) lo requería, en este caso el riego se realizó cada cuatro días. Se

aconseja revisar con frecuencia el sustrato, que debe mantener de 70-80% de humedad; en la investigación se determinó tomando con la mano una muestra de sustrato, la misma que si luego de comprimirla se sentía húmeda (sin necesidad de que escurra liquido al realizar la prueba), es porque el sustrato estuvo apto para poder ser asimilado por la lombriz. Si por el contrario el sustrato se encontraba seco, había que aplicar riego.

3.6.6. Volteo del sustrato

El alimento o sustrato fue volteado cada vez que se aplicó el riego. Esta actividad se realizó con la finalidad de que las lombrices consuman el alimento en forma uniforme y rápida.

3.6.7. pH

El monitoreo mensual del pH de las muestras se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.7. Características del experimento

3.7.1. Número total de cajas ecológicas y lombrices

Nº de cajas ecológicas por tratamiento	:	3
Nº total de cajas del experimento	:	42
Nº de lombrices por caja	:	50
Nº total de lombrices por tratamiento	:	150
Nº total de lombrices por catorce tratamientos	:	2,100

3.7.2. Dimensiones de la caja ecológica

Largo : 30 cm

Ancho : 30 cm

Alto : 30 cm

3.8. Diseño experimental

Cuadro 6. Diseño Completamente al Azar con 14 tratamientos y 3 repeticiones.

Fuente Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Estadística F	Sign
Tratamientos	a-1	SCt	CMt	Fc	
Error	a(n-1)	SCE	CME		
Total	an-1	SCT			

3.9. Observaciones registradas

3.9.1. Número de lombrices

Los datos se registraron a los 30, 60 y 90 días después de la siembra de las lombrices. Se realizó el conteo y pesado de las mismas, limpiándolas de todo residuo de excremento; esta actividad se realizó con cuidado y rapidez, dado que podían morir al exponerlas a la luz y a la falta de humedad.

3.9.2. Número de cocones

Los cocones se recolectaron en un recipiente blanco para poder contarlos y luego pesarlos junto con las lombrices. Actividad que se realizó también a los 30, 60 y 90 días con el mayor cuidado posible, con la ayuda de una lupa y una pinza dado que la coloración de los cocones se confundía con el alimento de las lombrices, además de que algunos de los huevos presentaban una suave capa que los protegía.

3.9.3. Peso de la biomasa (lombrices + cocones)

Luego de registrar el número de lombrices y cocones por cada tratamiento, se procedió a pesarlos en una balanza analítica.

3.9.4. Monitoreo del pH

Esta actividad se realizó cada mes y consistió en recolectar una muestra de sustrato por cada tratamiento. En el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se pesó 100 g de cada muestra, la misma que en un envase conteniendo 100 ml de agua destilada fue mezclada durante 15 minutos; finalmente, se procedió a medir el pH de cada muestra con un peachímetro previamente calibrado.

3.9.5. Análisis físico y químico del humus producido por las lombrices

Los análisis se efectuaron siguiendo las normas del Manual Técnico del Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Anexo 1).

IV. RESULTADOS

4.1. Número de lombrices

El valor de F para los tipos de sustrato al nivel de significación α = 0.01 es altamente significativo, entonces esto implica que el F calculado también es significativo para α = 0.05, y si es significativo a este nivel, obtenemos la conclusión estadística de que los promedios de la evaluación de los 14 tratamientos son diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 19.88%.

Cuadro 7. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la primera evaluación de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	9,268.4048	712.9542	5.88	2.84	**
Error	28	3,402.0000	121.5000			
Total	41	12,670.4048				

CV= 19.88%.

La prueba de comparación de promedios de Duncan muestra que los tratamientos forman cuatro grupos. Los promedios poblacionales de los

tipos de sustrato dentro de los grupos no son diferentes. El promedio poblacional dentro de un grupo es diferente al promedio poblacional del tratamiento de cualquier otro grupo.

El mejor tipo de sustrato se presenta en el tratamiento tres (T_3) con 80 lombrices como promedio en la primera evaluación, siendo iguales estadísticamente hasta el tratamiento uno (T_1).

Cuadro 8. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la primera evaluación de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Sign.
T_3	80.00	
T_{11}	76.33	
T_{10}	75.67	
T_{13}	63.33	
T_7	57.00	
T_8	55.33	
T_{14}	54.00	
T_{12}	53.33	
T_1	53.00	
T_6	50.33	
T_9	49.67	
T_2	49.67	
T_5	36.67	
T_4	22.00	

El valor de F para los tipos de sustrato al nivel de significación α = 0.01 es altamente significativo, lo cual implica que también es significativo a un nivel de α = 0.05, por lo que se deduce que existen diferencias estadísticamente significativas entre los 14 tipos de sustrato, con un coeficiente de variabilidad de 24.63%.

Cuadro 9. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la segunda evaluación de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	603,802.7857	46,446.3681	25.32	2.84	**
Error	28	51,368.0000	1,834.5714			
Total	41	655,170.7857				

CV= 24.63%.

La prueba de comparación de promedios de Duncan en la segunda evaluación muestra que los tratamientos también forman cuatro grupos. Los promedios de cada uno de los tipos de sustrato dentro del grupo son iguales estadísticamente, mas no así entre los tratamientos de los grupos restantes.

El mejor sustrato en la segunda evaluación resultó ser el del tratamiento siete (T_7), el cual no se compara con los tratamientos restantes; si tenemos como objetivo producir humus, este tipo de sustrato es el ideal dado que a mayor cantidad de lombrices mayor cantidad de humus.

Cuadro 10. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la segunda evaluación de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_7	477.33	
T_3	322.00	
T_8	296.33	
T_{11}	221.33	
T_1	179.67	
T_{13}	158.33	
T_{14}	147.33	
T_{12}	143.00	
T_9	141.67	
T_{10}	139.33	
T_6	114.67	
T_2	61.33	
T_4	19.33	
T_5	13.33	

El valor de F para los tipos de sustrato al nivel de significación α = 0.01 indica que es altamente significativo y por ende también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que puede afirmarse que existen diferencias significativas entre los 14 tipos de sustrato, con un coeficiente de variabilidad de 28.87%.

Cuadro 11. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la tercera evaluación de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	963,447.1429	74,111.3187	20.32	2.84	**
Error	28	102,104.0000	3,646.5714			
Total	41	1’065,551.1429				

CV= 28.87%.

Se observa que en la prueba de comparación de promedios de Duncan en la tercera evaluación, los tratamientos también forman cuatro grupos. Aglomerando dos de los grupos se tiene que la mayoría de tratamientos al interior de ambos, son estadísticamente iguales; no sucediendo lo mismo entre los tratamientos de los grupos restantes.

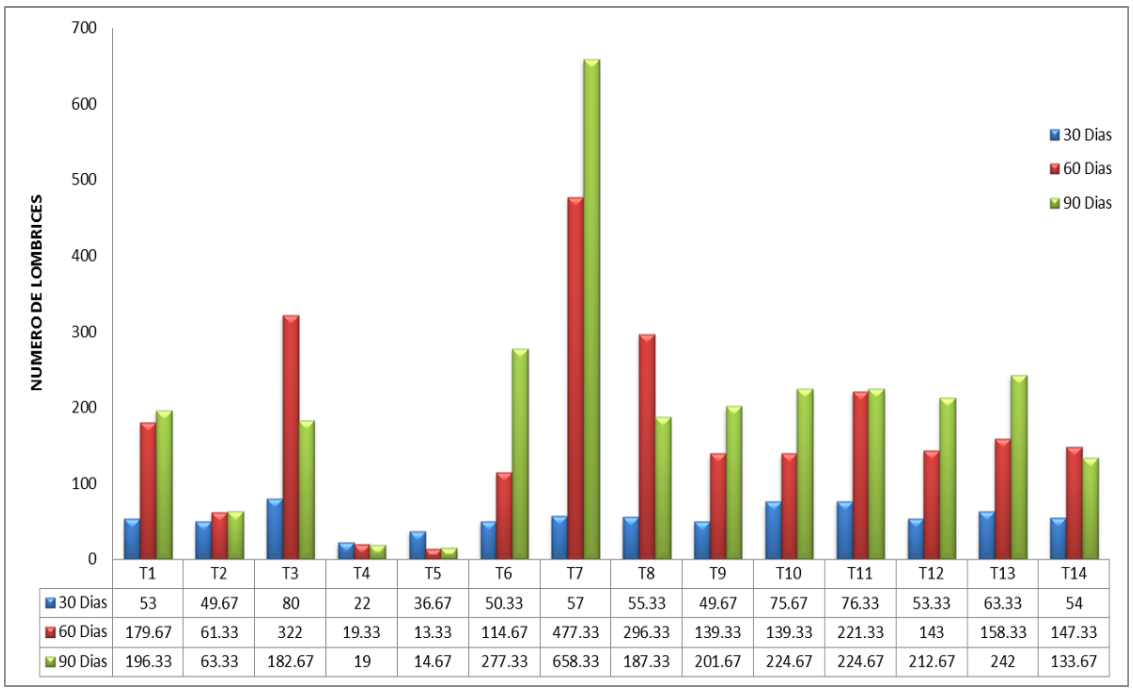
Se corrobora en la tercera evaluación que el tratamiento siete (T_7) presenta el mejor sustrato para producir humus, respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 12. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la tercera evaluación de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_7	658.33	
T_8	314.33	
T_6	277.33	
T_{13}	242.00	
T_{11}	224.67	
T_{12}	212.67	
T_{10}	201.67	
T_1	196.33	
T_9	187.33	
T_3	182.67	
T_{14}	133.67	
T_2	63.33	
T_4	19.00	
T_5	14.67	

Cuadro 13. Promedio de lombrices registrados en cada uno de los distintos tratamientos.

Tratam. \ Días	30	60	90
T_1	53	179.67	196.33
T_2	49.67	61.33	63.33
T_3	80	322	182.67
T_4	22	19.33	19
T_5	36.67	13.33	14.67
T_6	50.33	114.67	277.33
T_7	57	477.33	658.33
T_8	55.33	296.33	187.33
T_9	49.67	139.33	201.67
T_{10}	75.67	139.33	224.67
T_{11}	76.33	221.33	224.67
T_{12}	53.33	143	212.67
T_{13}	63.33	158.33	242
T_{14}	54	147.33	133.67



	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
30 Dias	53	49.67	80	22	36.67	50.33	57	55.33	49.67	75.67	76.33	53.33	63.33	54
60 Dias	179.67	61.33	322	19.33	13.33	114.67	477.33	296.33	139.33	139.33	221.33	143	158.33	147.33
90 Dias	196.33	63.33	182.67	19	14.67	277.33	658.33	187.33	201.67	224.67	224.67	212.67	242	133.67

Figura 1. Crecimiento poblacional de lombrices registrado en los distintos tratamientos durante las evaluaciones.

4.2. Número de huevos o cocones

Se observa en la prueba de F para los tipos de sustratos al nivel de significación α = 0.01 que es altamente significativo, esto implica que también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que se infiere que los 14 tipos de sustrato son diferentes, cuyo coeficiente de variabilidad es de 35.29%.

Cuadro 14. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la primera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	208,245.4524	16,018.8810	9.63	2.84	**
Error	28	46,586.6667	1,663.8095			
Total	41	254,832.1190				

CV= 35.29%.

La prueba de comparación de promedios de Duncan muestra que se formó seis grupos. En el primer grupo se tienen dos tratamientos estadísticamente iguales, donde el tratamiento 11 (T_{11}) es común en ambos grupos, el mismo que los hace diferentes. Asimismo, se observa en la primera evaluación que los tratamientos 10 y 11 (T_{10}) y (T_{11}) presentan los mejores sustratos para producir huevos; sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, el tratamiento 11 (T_{11}) pertenece también a un segundo grupo, por lo que se afirma que el tratamiento 10 (T_{10}) es el mejor.

Cuadro 15. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la primera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_{10}	267	
T_{11}	205	
T_3	156	
T_{14}	153	
T_7	139	
T_{12}	134	
T_9	116	
T_6	116	
T_8	106	
T_1	103	
T_{13}	93	
T_2	25	
T_5	5	
T_4	0	

A un nivel de significación de α = 0.01 la prueba de F es altamente significativa y por ende también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que puede inferirse que los 14 tipos de sustrato tienen diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variabilidad de 82.54%.

Cuadro 16. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la segunda evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	12,333.1429	948.7033	4.54	2.84	**
Error	28	5,855.3333	209.1190			
Total	41	18,188.4762				

CV= 82.54%.

La prueba de comparación de promedios de Duncan para la segunda evaluación muestra que los tratamientos formaron tres grupos, existiendo diferencias estadísticas entre los tres tratamientos del primer grupo respecto a los tratamientos que conforman los grupos restantes.

Se observa asimismo, que en la segunda evaluación la producción de huevos fue menor, hallándose una mayor producción en los tratamientos 9 (T_9), 12 (T_{12}) y 14 (T_{14}), lo que podría indicar que estos tipos de sustrato son mejores para producir huevos de lombrices.

Cuadro 17. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la segunda evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_9	64	
T_{12}	42	
T_{14}	31	
T_8	26	
T_7	19	
T_{10}	12	
T_6	12	
T_1	11	
T_{13}	9	
T_{11}	9	
T_3	8	
T_4	2	
T_5	1	
T_2	1	

La prueba de F para los tipos de sustratos al nivel de significación α = 0.01 muestra que es altamente significativo, lo cual implica que también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que puede deducirse que los 14 tipos de sustrato son diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 86.79%.

Cuadro 18. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la tercera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	3,916.9762	301.3059	3.13	2.84	**
Error	28	2,698.0000	96.3571			
Total	41	6,614.9762				

CV= 86.79%.

En el tercer mes de evaluación se observa que solo se formaron dos grupos, de los cuales el segundo presenta mayor cantidad de tratamientos respecto al primero.

Los mejores tipos de sustrato encontrados en la segunda evaluación corroboran su eficacia en el tercer mes, destacando que se incluye el tratamiento siete (T_7) como un tratamiento efectivo en la producción de huevos, debiendo reconocer también que este tratamiento es efectivo en la producción de lombrices.

Cuadro 19. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la tercera evaluación de huevos de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_9	33	
T_7	21	
T_{12}	19	
T_{14}	17	
T_8	17	
T_1	17	
T_4	15	
T_{11}	8	
T_{10}	4	
T_{13}	4	
T_3	2	
T_2	1	
T_6	0	
T_5	0	

Cuadro 20**.** Promedio de cocones registrados en los catorce tratamientos a los 30, 60 y 90 días.

Tratam. \ Días	30	60	90
T_1	103	11	17
T_2	25	1	1
T_3	156	8	2
T_4	0	2	15
T_5	5	1	0
T_6	116	12	0
T_7	139	19	21
T_8	106	26	17
T_9	116	64	33
T_{10}	267	12	4
T_{11}	205	9	8
T_{12}	134	42	19
T_{13}	93	9	4
T_{14}	153	31	17

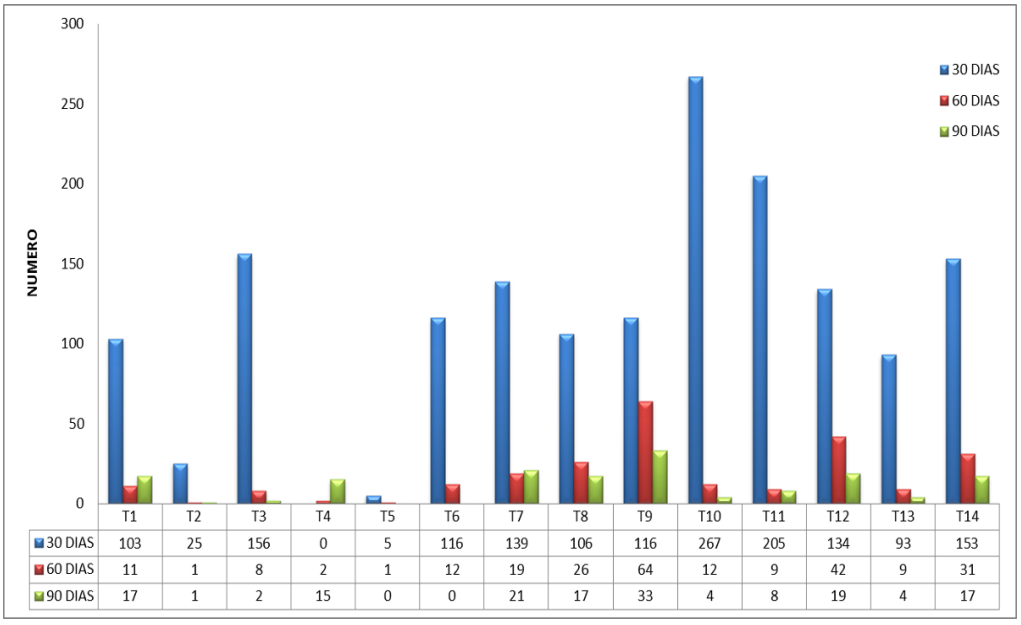


Figura 2. Promedio de cocones registrados en los distintos tratamientos.

4.3. Biomasa de lombrices

Se observa en la prueba de F para los tipos de sustratos, que para el nivel de significación α = 0.01 no existe significancia estadística, obteniendo un coeficiente de variabilidad de 7.64%.

Cuadro 21. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la primera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	33.7898	2.5992	2.67	2.84	NS
Error	28	27.2970	0.9749			
Total	41	61.0868				

CV= 7.64%.

La prueba de comparación de promedios de Duncan en la primera evaluación de tipos de sustrato, muestra que existen dos grupos que aglomeran a la mayoría de tratamientos estadísticamente iguales, con diferencias mínimas.

El promedio de biomasa o peso húmedo de las lombrices fue similar estadísticamente en todos los tratamientos, lo cual probablemente se debe a que las lombrices fueron jóvenes, seleccionadas antes de la siembra.

Cuadro 22. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la primera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_9	14.28	
T_{11}	14.07	
T_{10}	14.04	
T_3	13.83	
T_4	13.65	
T_{13}	13.26	
T_8	12.96	
T_7	12.75	
T_{14}	12.55	
T_2	12.55	
T_5	12.27	
T_1	12.01	
T_{12}	11.60	
T_6	11.47	

La prueba de F para los tipos de sustrato al nivel de significación α = 0.01 muestra alta significancia estadística, lo que implica que también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que se deduce que los 14 tipos de sustrato tienen diferencias significativas, cuyo coeficiente de variabilidad es de 14.70%.

Cuadro 23. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la segunda evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	1,829.2713	140.7132	13.30	2.84	**
Error	28	296.2493	10.5803			
Total	41	2,125.5206				

CV= 14.70%

En la segunda evaluación de tipos de sustrato, la prueba de comparación de promedios de Duncan indica que existe un grupo que aglomera a la mayoría de tratamientos estadísticamente iguales, existiendo diferencias mínimas entre los dos grupos restantes.

El promedio de biomasa o peso húmedo fue similar estadísticamente en un gran grupo de tratamientos, lo que permite afirmar que la cantidad de consumo del sustrato es similar en la mayoría de tratamientos, con pequeñas diferencias entre ellos; cabe resaltar también que el resultado puede deberse a que son lombrices de la misma especie.

Cuadro 24. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la segunda evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_{12}	29.32	
T_{14}	27.56	
T_{11}	26.72	
T_3	26.53	
T_7	26.29	
T_9	26.23	
T_1	24.58	
T_8	24.29	
T_{13}	22.66	
T_{10}	22.26	
T_6	17.39	
T_4	7.98	
T_5	7.38	
T_2	2.04	

Al realizar la prueba de F a un nivel de significación de α = 0.01 se observa que es altamente significativo, lo cual implica que también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que se deduce que los 14 tipos de sustrato presentan diferencias significativas, siendo el coeficiente de variabilidad de 20.71%.

Cuadro 25. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la tercera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	6,973.2034	536.4003	23.79	2.84	**
Error	28	631.4506	22.5518			
Total	41	7,604.6540				

CV= 20.71%.

La prueba de comparación de promedios de Duncan para los tipos de sustrato muestra que se formaron cinco grupos, no presentando diferencias marcadas entre los dos primeros grupos; sin embargo, destaca un tratamiento constituyéndose en el mejor.

El mejor promedio de biomasa o peso húmedo se logró con el tratamiento 7 (T_7).

Cuadro 26. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la tercera evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_7	55.91	
T_1	36.63	
T_8	32.45	
T_{14}	28.68	
T_9	27.15	
T_{13}	22.89	
T_{12}	22.47	
T_{11}	21.63	
T_3	19.19	
T_{10}	17.33	
T_2	15.03	
T_6	12.78	
T_4	6.95	
T_5	1.97	

A un nivel de significación de α = 0.01 se observa que existen diferencias altamente significativas y por ende también lo es para el nivel de α = 0.05, por lo que se afirma que los 14 tipos de sustrato son diferentes, con un coeficiente de variabilidad de 33.28%.

Cuadro 27. Análisis de varianza de tipos de sustrato para la cuarta evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	Sign.
T.S.	13	6,472.3532	497.8733	13.25	2.84	**
Error	28	1,052.0279	37.5724			
Total	41	7,524.3811				

CV= 33.28%.

Al aplicar la prueba de comparación de promedios de Duncan, se observa que los tipos de sustrato formaron tres grupos (similar a lo encontrado en la segunda evaluación), notándose también que un tratamiento destaca respecto a las demás.

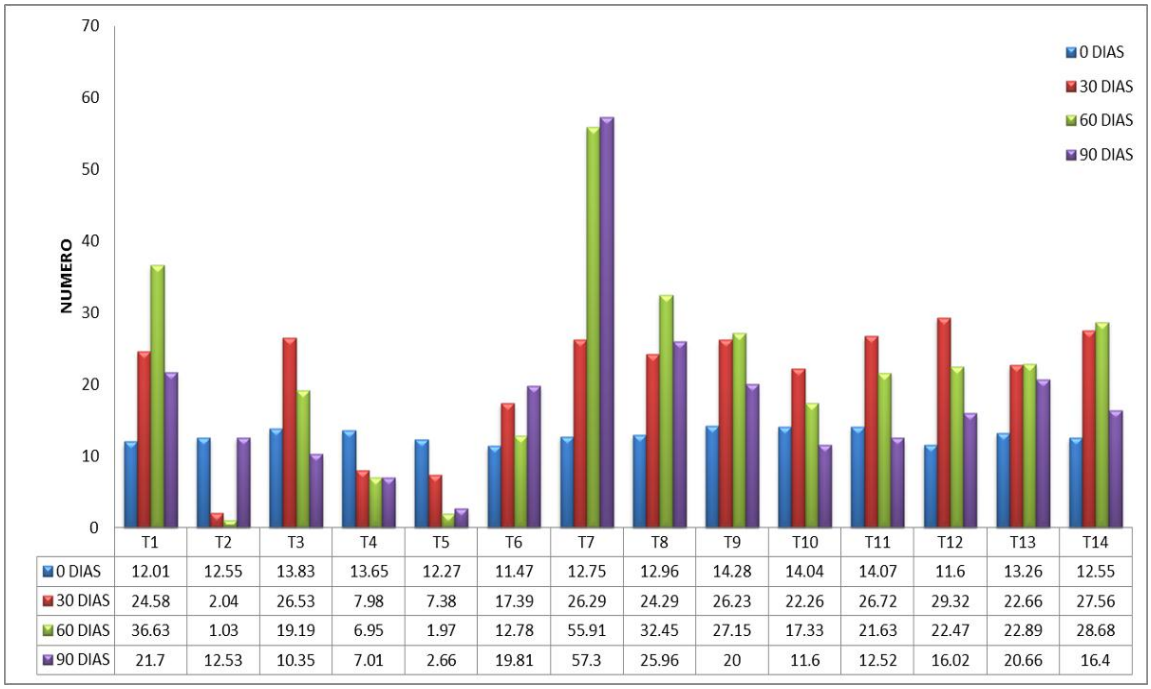
Como puede apreciarse, el tipo de sustrato del tratamiento siete (T_7) constituido por aserrín y estiércol de cuy es el que mejor resultado tuvo en los tres parámetros evaluados, lo cual nos permite recomendar como el tipo de sustrato en la cual se debe producir humus, bajo las condiciones en que la presente investigación fue realizada.

Cuadro 28. Prueba de Duncan de los tipos de sustrato para la cuarta evaluación de biomasa de lombrices (alpha 0.01).

Tipo de sustrato	Promedio	Signif.
T_7	57.30	
T_8	25.96	
T_1	21.70	
T_{13}	20.66	
T_9	20.00	
T_6	19.81	
T_{14}	16.40	
T_{12}	16.02	
T_2	12.53	
T_{11}	12.52	
T_{10}	11.60	
T_3	10.35	
T4	7.01	
T5	2.66	

Cuadro 29. Promedio de biomasa registrados en los catorce tratamientos a los 30, 60 y 90 días (en gramos).

Tratam. \ Días	0	30	60	90
T_1	12.01	24.58	36.63	21.7
T_2	12.55	2.04	1.03	12.53
T_3	13.83	26.53	19.19	10.35
T_4	13.65	7.98	6.95	7.01
T_5	12.27	7.38	1.97	2.66
T_6	11.47	17.39	12.78	19.81
T_7	12.75	26.29	55.91	57.3
T_8	12.96	24.29	32.45	25.96
T_9	14.28	26.23	27.15	20
T_{10}	14.04	22.26	17.33	11.6
T_{11}	14.07	26.72	21.63	12.52
T_{12}	11.6	29.32	22.47	16.02
T_{13}	13.26	22.66	22.89	20.66
T_{14}	12.55	27.56	28.68	16.4



	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0 DIAS	12.01	12.55	13.83	13.65	12.27	11.47	12.75	12.96	14.28	14.04	14.07	11.6	13.26	12.55
30 DIAS	24.58	2.04	26.53	7.98	7.38	17.39	26.29	24.29	26.23	22.26	26.72	29.32	22.66	27.56
60 DIAS	36.63	1.03	19.19	6.95	1.97	12.78	55.91	32.45	27.15	17.33	21.63	22.47	22.89	28.68
90 DIAS	21.7	12.53	10.35	7.01	2.66	19.81	57.3	25.96	20	11.6	12.52	16.02	20.66	16.4

Figura 3. Promedio de biomasa registrados en los distintos tratamientos.

V. DISCUSIÓN

El efecto de los catorce tratamientos con diferentes sustratos sobre el número de lombrices, número de cocones y biomasa tuvo diferentes respuestas.

En lo que respecta al número de lombrices y número de cocones (Cuadros 13 y 20) respectivamente, el tratamiento 7 (T_7) que contiene como sustrato aserrín como fuente de fibra, mezclado con estiércol de cuy como fuente proteica, produjo un mayor estímulo para la densidad poblacional de las lombrices y con ella una rápida reproducción sexual, obteniendo un mayor número de cocones. Los mayores resultados obtenidos en huevos de lombrices son a los 30 días (cocones), y a los 60 y 90 días se obtuvo un buen resultado en cuanto a número de lombrices. Estos resultados se explican en el alto contenido de materia orgánica presente en la fuente proteica del estiércol de cuy (Cuadro 2); además, considerando que el aserrín utilizado es de madera blanda y de un color claro, resulta ideal para obtener suavidad y proporcionar la celulosa a la glucosa en el sustrato, adicionando asimismo, un alto porcentaje de fibra (Cuadro 3), siendo estos suministros esenciales para el mejor desarrollo de la lombriz, tal como lo corrobora FERRUZI (1986).

De acuerdo a lo mencionado por BARBADO (2003), la lombriz roja es muy prolifera, duplicándose cada 45 a 60 días; el incremento de la población puede alcanzar rápidamente cifras astronómicas como se evidenció en la

presente investigación, alcanzando a los 90 días una población de 658 lombrices, es decir, 33 veces más que la cantidad sembrada al inicio (20 lombrices), como se aprecia en la Figura 1.

Puede observarse asimismo, que el pH del tratamiento 7 (T_7) constituido por la mezcla aserrín - estiércol de cuy, alcanzó un valor mayor de 8 llegando incluso a 9 (Cuadro 31), resultados que concuerdan con lo mencionado por EDWARDS (1988).

Se conoce que el estiércol de cerdo a pesar de estar precompostado tiene una alta acidez y una elevada dosis de proteína y es por ello que es perjudicial para la vida de las lombrices; sin embargo, en la presente investigación el pH del sustrato se mantuvo en condiciones muy favorables para las lombrices, produciéndose más bien un exceso de proteína no transformada presente en el sustrato; esta característica constituye un peligro de patología, a la que sigue un proceso de descomposición debido a la proliferación de microorganismos, cuya actividad genera una liberación de gases tóxicos produciendo la muerte de las lombrices por proteinosis como patología, causa que ocasionó la muerte de la casi totalidad de lombrices en el tratamiento 4 (T_4), coincidiendo con lo reportado por FERRUZI (1988).

Durante la investigación se observó que en el tratamiento 5 (T_5) no se obtuvo resultados satisfactorios, debido probablemente a que no se adicionó proteína al sustrato; consecuentemente, las lombrices murieron por falta de proteína y por el pH del sustrato cuyos valores oscilaron entre los 5.3 y 6.6 (Cuadro 31), siendo este uno de los factores desfavorables para el incremento poblacional de las lombrices, lo cual es confirmado por NASON (1978) y LEGAL (1993); sin embargo, los resultados difieren con los obtenidos por

ORTIGOSA (s.d.) y EDWARDS (1988), quienes sostienen que las lombrices toleran un pH de 5, hecho al cual se sumó la ausencia de partículas pequeñas en el sustrato, cuya función es la de permitir una adecuada aireación, lo cual influenció en la pérdida excesiva de humedad, convirtiendo al sustrato en alimento no adecuado para las lombrices (TINEO 1994).

Según ORTIGOSA (s.d.), la humedad y la aireación del sustrato están muy relacionadas, ambos factores influyen tanto en la ingesta de alimento como en la respiración y la reproducción, haciendo que el consumo de alimento se reduzca y que las lombrices entren en un período de latencia en el que obviamente no se produce vermicompost, se detienen los apareamientos y aumenta el tiempo de maduración de las cápsulas; en este caso la humedad estuvo por debajo de lo requerido, constituyendo una condición desfavorable para el tratamiento 5 (T_5), dado que el sustrato al encontrarse seco o semi seco dificultaba el deslizamiento de la lombriz y la ingesta de su alimento e incluso resultó mortal para ellas.

Los tratamientos cuyos contenidos de materia orgánica fueron menores tuvieron poco efecto estimulante para la puesta de cocones, peso, y el incremento del número de lombrices, como se aprecia en los tratamientos 4 (T_4) y 5 (T_5).

La biomasa registrada presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos durante todo el periodo de evaluación. De esta manera, el tratamiento en el que se obtuvo mayor biomasa corresponde al sustrato compuesto por estiércol de cuy mezclado con aserrín, es decir, el tratamiento 7 (T_7), en el que se observa una mayor densidad poblacional y con ello el incremento de la biomasa fresca, constituyendo una estrecha relación entre la

biomasa y el número de lombrices, resultados que concuerdan con los encontrados por SANTA MARÍA *et al.* (2001).

Es importante señalar que los tratamientos del 7 al 14 resultaron con una alta población de lombrices y con ello un buen peso fresco, sin embargo, dicha tendencia no fue constante observándose solo durante los primeros 30 días, notándose una alta cantidad de biomasa; posteriormente, se registró una disminución progresiva a los 60 y 90 días, observándose un constante incremento solo en el tratamiento 7 (T_7). La tendencia decreciente general al final de la evaluación probablemente se debió a la baja disponibilidad de alimento y por lo tanto de nutrientes. En un sustrato con baja calidad nutricional las lombrices lo ingerirán, pero experimentarán una muerte progresiva por desnutrición.

En los tratamientos 4 (T_4) y 5 (T_5) el 62% y 73.3% de las lombrices sembradas (20) murieron en el transcurso de los primeros 30 días. La densidad poblacional influye en la producción de capullos y peso de las lombrices (biomasa), resultados corroborados por SANTAMARÍA *et al.* (2001).

En lo que se refiere a la riqueza del humus, esta depende del sustrato que fue utilizado como alimento para las lombrices; en comparación con la composición química de los diferentes sustratos utilizados en la investigación (Cuadros 2 y 3), los sustratos tuvieron mayor riqueza en cuanto a materia orgánica, macroelementos y microelementos, resultados obtenidos debido a la acción y trabajo de las lombrices.

Por otro lado, se compararon las investigaciones realizadas por CARRIÓN (1991) y DEL ÁGUILA (1992), quienes usaron solo un recurso

animal como fuente proteica (estiércol de vaca) con diferentes fuentes de fibra; acerca de los resultados del análisis físico - químico del humus de lombriz obtenidos a partir de diferentes mezclas, CARRIÓN (1991) menciona que el estiércol de vacuno más hojas de bambú alcanzó 60.2 % de materia orgánica, por su parte, DEL ÁGUILA (1992) en su investigación menciona que el estiércol de vaca más cascarilla de cacao presentó un 67 % de materia orgánica; ambos autores coinciden que se obtiene un abono orgánico de calidad utilizando el estiércol de vaca y como fuentes de fibra al bambú y la cascarilla de cacao, datos que como se observa no se acercan a lo encontrado en la presente investigación.

Los tratamientos con mayor porcentaje de fibra y de materia orgánica (Cuadros 2 y 3) tuvieron mejor aporte en cuanto a la población, dinámica y peso fresco de lombrices, pero en cuanto a la calidad del humus no fue necesario la adición de fibra, tal es el caso del sustrato que contenía como proteína solo estiércol de cuy (T_1), lo cual se debe a que el estiércol utilizado contenía restos de pasto kudzu que debió influir en la ingesta de las lombrices para así obtener un abono orgánico de buena calidad en comparación con el tratamiento 7 (T_7) constituido por aserrín + estiércol de cuy, que según el análisis físico químico contiene 57% de materia orgánica y 1.2% de N; estos resultados son menores que los del tratamiento 1 (estiércol de cuy) donde se registró 70.0% de materia orgánica y 1.9% de N, por lo cual el tratamiento 1 (estiércol de cuy) resulta ser el más adecuado para la producción de humus en cuanto a calidad para la actividad agrícola, además presenta un pH casi neutro de 6.8 (Cuadro 30), lo cual no va a presentar efectos de toxicidad además de presentar un perfecto equilibrio y una alta disponibilidad de macroelementos. Además, los microelementos en bajas concentraciones hace que este humus

se caracterice como un enriquecedor orgánico (BASAURE, 1995). Por otra parte, el humus producido en los demás tratamientos (T_2, T_3, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}) no deja de ser importante, estando entre los menos recomendados los tratamientos 4 (T_4) y 5 (T_5), este último constituido solo por aserrín.

VI. CONCLUSIONES

1. El sustrato de estiércol de cuy con aserrín (T_7) tuvo un efecto alimenticio que influyó en la reproducción, con ello en el incremento del número de lombrices, número de cocones y la biomasa.

2. Los sustratos de los tratamientos 4 (estiércol de cerdo) y 5 (aserrín de madera blanda), son los que generaron menor dinámica en las lombrices.

3. Según el análisis físico químico del humus producido por las lombrices en los diferentes tratamientos, el sustrato que resultó ser el mejor para la obtención de humus de buena calidad fue el tratamiento 1 (estiércol de cuy).

4. Los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron de manera concreta la relación existente entre la densidad poblacional y los distintos parámetros evaluados.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se hace necesario propiciar e incentivar investigaciones en el campo de la lombricultura, con la finalidad de fomentar una agricultura orgánica sustituyendo los fertilizantes químicos.

2. Para la producción de alimento de lombrices evitar utilizar como sustrato solo proteína o solo fibras; el alimento adecuado debe contener ambos componentes, como los del tratamiento 7 (T_7) por ejemplo.

3. Realizar investigaciones empleando lombrices rojas *Eisenia foetida* con diferentes tipos de alimento que contengan proteína y fibra diferentes a los estudiados en la investigación.

EFFECT OF FOURTEEN SUBSTRATA FOR THE PRODUCTION OF HUMUS OF RED WORM (*Eisenia foetida*)

VIII. ABSTRACT

In the Peruvian Amazon the indiscriminate felling of forests, inadequate management of soils and agrochemicals, and increased demand for food due to population growth, have led to the deterioration of soil physical, chemical and biological characteristics, causing loss of agricultural productivity. As such, the following research objectives were proposed: to evaluate the effect of fourteen substrates in the population, number of cocoons and biomass of the red worm (*Eisenia foetida* (Savigny, 1826)); and quality of humus produced. The study was conducted in the greenhouse of the Faculty of Recursos Naturales Renovables of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, located politically in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huánuco region. Protein sources for different substrates were: cow dung, goat, guinea pig and pork; and sources of fiber: litter cocoa and softwood sawdust. The treatments were: guinea pig dung (T_1), goat dung (T_2), cow dung (T_3), pig dung (T_4), softwood sawdust (T_5), litter cocoa (T_6), sawdust + guinea pig dung (T_7), sawdust + goat dung (T_8), sawdust + pig dung (T_9), sawdust + cow dung (T_{10}), litter cocoa + cow dung (T_{11}), litter cocoa + pig dung (T_{12}), litter cocoa + goat dung (T_{13}), litter cocoa + guinea pig dung (T_{14}); each treatment had 3 replicates. The Completely Randomized Design was used, and the following variables were evaluated: number of worms,

number of cocoons, earthworm biomass and humus quality produced. The results indicate that in the treatment 7 (T_7) there is an increase in earthworm population, number of cocoons and biomass of the same; according to the physical chemical analysis of humus produced, with better quality substrate corresponded to treatment 1 (T_1) for its richness in organic matter and nitrogen, so its use is recommended in agricultural activities; moreover, treatments 4 (T_4) and 5 (T_5), are the least recommended by their minimal influence on the dynamics of earthworms.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANDA, D.E. 1989. Perspectivas de la utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. Boletín Técnico de Café, INMECAFÉ. 7:7.

ARLEDGE, J.E. 1988. Mayores Cosechas Con La Lombriz Coqueta Roja. Dirección General de Servicios Agrícolas. Región I. Ministerio de Agricultura, Guatemala. 152 p.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE LOMBRICULTURA (ANL). 1993. Manual Básico de Lombricultura. Lima, Perú. 60 p.

BARBADO, J. 2003. Cría de Lombrices. 1° Edición. Editorial Albatros, Buenos Aires. 124 p.

BASAURE, P. 1995. Lombricultura. Manual Técnico. Agroflor. Lombricultura. Loncoche. Chile. 43 p.

BOUCHÉ, M.B. 1972. Lombriciens de France. E`cologie et Systematique. I.N.R.A. Publ. Ann. Zool. Ecol. Anim. 72(2):671.

BOUCHÉ, M. 1984. Los gusanos de tierra, Revista Mundo Científico. Editorial Fontalba, Valencia, España. 4(40).

CALLEJAS, C., LEAL, E., OBREQUE, R. 1989. Determinación de la composición química de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) y sus

variaciones al usar como nutrientes excedentes agrícolas de la Novena Región. Tesis conducente al título de profesor en Ciencias Naturales y Biología. Pontificia Universidad Católica de Chile Sede regional Temuco. 49 p.

CARRIÓN, V.S. 1991. Efecto de mezclas de sustrato en el desarrollo y producción de humus de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en Tingo María. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo UNAS, Tingo María, Perú. 92 p.

CASTILLO, H. s.d. La Lombricultura. Fertilización orgánica. Editado por Alter Tec. Guatemala, Guatemala. p. 153-167.

COMPAGNONI, L. 1999. Cría moderna de lombrices, el abono más económico, rentable y Eficaz. Editorial de Vecchi S.A., Barcelona. 127 p.

CRISTALES, O. 2000. Módulo de capacitación de la Lombricultura. Fundación ABA. San Salvador, El Salvador. p. 15-58.

DEL ÁGUILA, T.F. 1992. Estudio del incremento poblacional de la lombriz domestica (*Eisenia foetida*), bajo condiciones de ambiente protegido y semi protegido en Tingo María. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo UNAS, Tingo María, Perú. 79 p.

DOMÍNGUEZ, J., EDWARDS, C., WEBSTER, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of earthworm *Eisenia andrei*. Pedobiología. 44:24-32.

DOMÍNGUEZ, J., VELANDO, A., FERREIRO, A. 2005. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouche´ (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species?. Pedobiologia. 49: 81-87.

DUQUE, R.D. 1984. Lombricultura. En: Esso Agrícola, Bogotá, Colombia. 2:13-15.

DURÁN, L., HENRÍQUEZ, C. 2007. Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense. 31(1):41-51.

EDWARDS, C.A. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In: Edwards CA, Neuhauser, E. F. (eds) Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. p. 21-31.

FARÍAS, D., BALLESTEROS, M., BENDECK, M. 1999. Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. Revista Colombiana de Química. 28(1):5.

FERRUZI, C. 1986. Manual de lombricultura Editorial Mundiprensa. Madrid, España. 136 p.

FERRUZI, C. 1988. Manual de Lombricultura Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 138 p.

GUNADI, B., BLOUNT, C., EDWARDS, C.A. 2002. The growth and fecundity of *Eisenia fetida* (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods. Pedobiología. 46:15-23.

INEI. 1994. Censo Agropecuario Nacional. [Línea]: http://proyectos.inei.gob.pe/bcoCuadros/IIIcenagro.htm (Abril 20 del 2013).

INFOAGRO. 2001. Abonos. [Línea]: http://www.infoagro.com/abonos/Lombricultura.htm,documentos, (Diciembre 20 del 2008).

LEÓN, G. 1991. Influencia de la densidad de lombrices en la producción de humus y reproducción. Tesis Ing. Agrónomo UNSCH. Ayacucho, Perú. 97 p.

LEGALL, M.J.R. 1993. Taller de investigación participativa en lombricultura. Escuela de Agricultura y Ganadería “Francisco Luis Espinoza Pineda”. Managua, Nicaragua. p. 1-20.

MANTONS, A. 1948. Diccionario de agricultura, zootecnia y veterinaria. 2ª edición. Salvat Editores. S.A. Barcelona, España. p. 495-496.

MEINICKE, A.C. 1988. Las Lombrices, Editorial Hemisferio Sur, Montevideo. 223 p.

NASON, A. 1978 Biología. Traducido del Inglés por Juan Sifuentes, México. 726 p.

NEUHAUSER, E.F., HARTENSTEIN, R., KAPLAN, D.I. 1980. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing. Oikos. 35:93-98.

NOVAK, A. 1990. La lombriz de tierra Curso básico lombricultura Ciencia y Tecnología Bogotá, Colombia. 192 p.

ORTIGOSA, R. s.d. Compostaje Urbano. [En línea]:

http://www.compostadores.com/v3/castellano/articulos/detalles1.asp?ArticulosID=33, (Diciembre 20 del 2008).

PINEDA, J.A. 2006. Lombricultura, Instituto Hondureño del Café. 1° Ed. Tegucigalpa, Litografía López. 38 p.

RAMÍREZ, J.G. 2013. Laboratorios vivos de la ciencia escrita a la ciencia aplicada, agroecología como estrategia de enseñanza. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales. 158 p.

RAMÓN, J. 1996. Lombricultura. Universidad de Veracruz. 132 p.

RESTREPO, J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1ª Ed., Managua, SIMAS. 262 p.

RINCÓN, O. 1991. La lombriz de tierra. Bogotá, CO. INCORA. p. 62-67.

RÍOS O.Z., SALAS, S., SÁNCHEZ, M. 1993. Manual de Lombricultura en Trópico Húmedo. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, CRI-IIAP-Ucayali. 85 p.

RUSSEL, E.J. 1964. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. 3 Ed. Trad. González. Editorial Aguilar, Madrid. 771 p.

SÁENZ, S.O. 1987. La Lombriz en el mejoramiento de la tierra Gaceta Agrícola (México). 18(47):62-64.

SANTAMARÍA, S., FERRERA, R., ALMARAZ, J., GALVIS, A., BAROIS, I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. Agrociencia. 35(4):377-384.

SANTILLÁN, R. 1997. Curso taller de agricultura orgánica; manual de Lombricultura. Zamorano, Honduras. 37 p.

SANTOS, M. 1997. Lombricultura. IICA-CRUSA. San Salvador, El Salvador. 28:38.

SATCHELL, J.E. 1971. Lombrices. En biología del suelo. Editado por Alan Burger y Frank Raw. Ed. Omega, Barcelona. p. 307-308.

SAVIGNY, J.C. 1826. Memoire sur les Lombrics par Cuvier. Mém. Acad. Francia. 5:176-184.

TINEO, B.A.L. 1990. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 33 p.

TINEO, B.A.L. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fincas agrícolas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, programa de manejo integrado de recursos naturales; Área de manejo de cuencas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 3, 4, 13, 16, 17, 25.

ULLOA, A.E. 2003. Manual Básico de Lombricultura. [En línea]: http://www.manualdelombricultura.com/manual/ (27 Abril del 2013).

VELÁSQUEZ, L. 1987. Lombricultura. Utilización industrial del invertebrado, perspectivas futuras tanto industrial como contaminante. Creces. 7:7-11.

VELÁSQUEZ, L., HERRERA, C. 1985. Producción de proteínas, humus y otros productos a partir del anélido *Eisenia foetida*. Rev. Alimentos. 10:38-41.

WERNER, M. 1990. Earthworm ecology and sustaining agriculture. Center for Agroecolgy and Sustainable Food Systems, University of California. 1(4).

ANEXO

Cuadro 30. Resultado del análisis de humus de lombriz.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universitaria s/n Telef. (064) 562341 Anexo 283 Fax (064) 561156 Aptdo. 156

"AÑO DE LAS CUMBRES MUNDIALES EN EL PERU"

Artículo I. RESULTADO DE ANÁLISIS HUMUS DE LOMBRIZ

SOLICITANTE : Rina Garrido García

PROCEDENCIA : Fac. R.N.R. Tingo María.

FECHA : 03-07-08

N°.M.	Descripción	% ºH	M.O.	pH	% N.	P %	Ca %	Mg %	Na %	K %	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
T1	Estiércol de cuy	39.5	70.0	6.8	1.9	1.40	1.2	0.40	0.10	1.2	54	75	110	256
T2	Estiércol de Cabra	29.0	68.1	7.3	1.7	1.20	1.0	0.41	0.11	1.0	60	76	111	248
T3	Estiércol de Vaca	40.3	59.7	6.1	1.2	0.80	1.2	0.40	0.10	1.2	52	78	110	260
T4	Estiércol de Cerdo	34.0	66.0	7.4	1.1	1.00	1.0	0.34	0.10	1.0	61	74	112	250
T5	Aserrín	40.3	50.7	6.0	0.5	0.40	0.40	0.30	0.08	0.80	38	40	84	125
T6	Hojarasca de cacao	29.8	68.4	7.7	1.0	1.00	1.2	0.44	0.12	1.3	60	75	110	240
T7	As + Est de cuy	43.0	57.0	7.7	1.2	1.20	1.4	0.45	0.11	1.4	61	74	115	258
T8	As + Est de Cabra	33.0	67.0	7.8	1.3	1.40	1.6	0.40	0.13	1.2	62	75	112	260
T9	As + Est de cerdo	32.9	67.1	6.7	1.0	1.00	1.8	0.42	0.12	1.3	60	76	111	255
T10	As + Est de vaca	41.8	58.2	5.9	1.2	0.60	1.8	0.44	0.11	1.4	58	70	114	260
T11	H.de Cacao+E.V.	35.6	64.4	6.7	1.4	1.30	2.0	0.42	0.10	1.4	62	72	115	256
T12	H.de Cacao+E.Ce	28.1	60.5	6.9	1.5	1.00	2.0	0.40	0.11	1.3	61	75	111	250
T13	H.de Cacao+E.Ca	32.2	67.8	7.8	1.5	1.40	1.8	0.45	0.11	1.3	60	78	112	280
T14	H.de Cacao+E.Cu	36.9	63.1	7.6	1.5	1.20	1.9	0.42	0.10	1.2	62	76	114	260

Nota: Muestra proporcionada por el interesado.

.....
Ing. Luis Mansilla Minaya
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos

Cuadro 31. Monitoreo del pH a los catorce tratamientos.

	PRIMERA EVALUACIÓN				SEGUNDA EVALUACIÓN				TERCERA EVALUACIÓN				CUARTA EVALUACIÓN			
T/R	**1**	**2**	**3**	**PROM**	**1**	**2**	**3**	**PROM**	**1**	**2**	**3**	**PROM**	**1**	**2**	**3**	**PROM**
T1	8.4	8.4	8.6	**8.5**	8.1	8	8.2	**8.1**	7.8	8	8.2	**8**	7.4	7.6	7.7	**7.6**
T2	8.4	8.5	8.3	**8.4**	7.7	7.7	7.8	**7.7**	7.9	7.8	7.9	**7.9**	7.7	7.6	7.6	**7.6**
T3	8	5.2	7.8	**7**	6.6	6.5	6.9	**6.7**	6.5	6.4	6.6	**6.5**	6.4	6.1	6.3	**6.3**
T4	7.7	8.2	7.5	**7.8**	7.1	7.1	7.1	**7.1**	7.4	7.4	7.4	**7.4**	7.1	7.2	7	**7.1**
T5	5.7	7.8	6.2	**6.6**	5.4	5.3	5.4	**5.4**	5.7	5.6	5.8	**5.7**	5.8	5.8	6.2	**5.9**
T6	7.1	6.2	7.1	**6.8**	7.3	7.5	7.5	**7.4**	7.8	8	7.9	**7.9**	8.1	8.2	8.2	**8.2**
T7	8.4	7	8.6	**8**	8	8.1	8.6	**8.2**	8.2	8.5	8.9	**8.5**	7.8	8.1	9	**8.3**
T8	8	8.3	8.3	**8.2**	8.1	8.2	8.1	**8.1**	8.3	8.4	8.2	**8.3**	8.1	8.1	7.7	**8.0**
T9	7.7	7.4	7.4	**7.5**	7	7	7	**7**	7.3	7.3	7.2	**7.3**	6.9	6.9	6.8	**6.9**
T10	7.6	7.6	7.6	**7.6**	6.9	7.2	7.3	**7.1**	6.7	6.7	6.9	**6.8**	6	6.1	6.3	**6.1**
T11	7.3	7.5	7.5	**7.4**	7.3	7.3	7.4	**7.3**	7.3	7.2	7.2	**7.2**	6.8	6.9	7	**6.9**
T12	7.6	7.6	7.6	**7.6**	7.2	7.4	7.5	**7.4**	7	7.5	7.3	**7.3**	6.7	7.3	7.1	**7.0**
T13	8.1	7.9	7.9	**8.0**	8	8.1	8.1	**8.1**	8.2	8.2	8.2	**8.2**	8.1	8.1	8	**8.1**
T14	8.2	8.3	8.3	**8.3**	7.9	8	7.9	**7.9**	8.1	7.9	7.5	**7.8**	8.1	8	7.6	**7.9**

Figura 4. Pesado de los sustratos.

Figura 5. Sustratos utilizados como alimento para las lombrices en el trabajo de investigación.

Figura 6. Elemento biológico a utilizar en el trabajo de investigación.

Figura 7. Mostrando el ambiente donde se realizó el trabajo.

Figura 8. Riego de los catorce tratamientos.

Figura 9. Realizando la evaluación de los diferentes parámetros.

Figura 10. Pesado de las muestras para monitorear el pH de los catorce tratamientos.

Figura 11. Adicionando agua destilada a las muestras pesadas de los catorce tratamientos.

Figura 12. Monitoreando el pH de los catorce tratamientos en cada evaluación.

Figura 13. Mostrando el humus y la cantidad de lombrices producida.

Figura 14. Mostrando la densidad de población de las lombrices.

Figura 15. Diferentes estadios de la lombriz roja *Eisenia foetida*.

Figura 16**.** Cocón producido por las lombrices.

Figura 17. Cocones producido por las lombrices.

Figura 18. Evaluación de la biomasa.

Figura 19. Forma de pesado en balanza analítica.

Figura 20. Relación estrecha entre el alimento y la lombriz roja.