

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agropecuarias



“PRODUCCIÓN DE COMPOSTAS Y REPRODUCCIÓN DE *Eisenia foetida* PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ A PARTIR DE ESTIERCOL DE DIFERENTE ESPECIE ANIMAL”

Tesis
Para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias

Presenta:
Sarahi de Jesús Heras Sierra

Director de Tesis
Dr. Horacio Dávila Ramos

Co-Director
Dr. Jesús José Portillo Loera

Asesores:
Dr. Juan Carlos Robles Estrada
M. en C. Juan Martín Parra Delgado

Culiacán Rosales, Sinaloa 22 de Agosto del 2015.

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **SARAHÍ DE JESÚS HERAS SIERRA**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO(A) EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**(SELLO DE
POSGRADO)**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR(A)

Dr. Horacio Dávila Ramos

CO-DIRECTOR(A)

Dr. Jesús José Portillo Loera

ASESOR(A)

Dr. Juan Carlos Robles Estrada

ASESOR(A)

MC. Juan Martín Parra Delgado

CULIACÁN, SINALOA, 22 DE AGOSTO DEL 2015

DEDICATORIA (Opcional)

CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
2.1 Agricultura orgánica.....	3
2.2 Compostaje	4
2.2.1 Producción de estiércol en México.....	6
2.2.2 proceso del compostaje.....	6
2.3 Lombricompostaje	10
2.3.1 <i>Eisenia foetida</i>	11
2.5 Clasificación taxonómica y fisiológica de la lombriz <i>Eisena foetida</i>	11
2.6 Harina de lombriz.....	6
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
IV. JUSTIFICACIÓN.....	8
V. HIPÓTESIS.....	8
VI. OBJETIVO.....	10
VII. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
7.1 Localización del lugar de trabajo.....	12
7.2 Preparación de los sustratos.....	13
7.3 Fuente de inóculo.....	15

7.4 Obtención de la harina de lombriz.....	16
7.5 Mediciones analíticas.....	17
7.6 Análisis estadístico.....	18
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
IX. CONCLUSIONES.....	19
X. LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Toneladas de estiércol por especie al año, a nivel estatal y nacional.....	6
2	Fases del compostaje	10
2	Clasificación taxonómica de <i>Eisenia foetida</i>	7
3	Principales factores que inciden sobre el comportamiento de la lombriz	8
4	Rendimiento productivo de <i>Eisenia foetida</i>	8
5	Contenido nutrimental de las lombricomposta.....	10
6	Composición de la harina de lombriz.....	11
7	Ingredientes para la elaboración de sustratos (compostas).....	12
8	Análisis químico de las compostas tipo Bocachi a base de diferentes sustratos.....	13
9	Contenido de materia orgánica de las compostas elaboradas a partir de estiércol de diferentes especie animal.....	23
10	Efecto de la interacción del sustrato en la densidad poblacional de la <i>Eisenia foetida</i>	24
11	Análisis químico de lombricomposta a base de diferentes sustratos (ppm).....	25
12	Porcentaje de proteína cruda en harina de lombriz <i>Eisenia foetida</i>	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Temperatura promedio durante el proceso de compostaje para el sustrato testigo.....	14
2	Temperatura promedio durante el proceso de compostaje del sustrato estiércol ovino.....	15
3	Temperatura promedio durante el proceso de compostaje del sustrato estiércol bovino.....	16
4	Temperatura promedio durante el proceso de compostaje del sustrato estiércol equino.....	17
5	Valores de pH de las diferentes compostas durante los días 5, 10 y 15 del proceso de compostaje.....	18
6	Valores de conductividad eléctrica (CE) de las diferentes compostas durante los días 5, 10 y 15 del proceso de compostaje.....	19

RESUMEN

Producción de compostas y reproducción de *Eisenia foetida* para la obtención de harina de lombriz a partir de estiércol de diferente especie animal

Sarahi de Jesús Heras Sierra

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la composta con estiércol de ovino, bovino o equino en las características de reproducción de *Eisenia foetida* y el contenido de proteína cruda en la harina. El trabajo de investigación constó de tres fases; Fase 1) elaboración y valoración de compostas elaboradas a partir de estiércol de diferente especie animal (cuatro tratamientos: T1) Testigo (sin estiércol); T2) estiércol de ovino; T3) estiércol de bovino y T4) estiércol de equino, se evaluó temperatura y humedad relativa (T) durante el proceso de compostaje, pH, CE, MO, macro y micro elementos nutritivos (MEN); Fase 2) preparación de 4 mezclas de sustrato para formar lombricompostas, se utilizaron 16 canteros (250 lombrices por cantero; 4 repeticiones/tratamiento), las variables analizadas fueron pH, CE, MEN, MO, peso de lombrices (PL), número de lombrices adultas (A), juveniles (J), larvas (L) y huevecillos (H); Fase 3) Obtención de la harina de lombriz, el material harinoso se colocó en frascos de plástico almacenado a 0°C para la realización del análisis proximal de las harinas de cada tratamiento por triplicado en el laboratorio de nutrición animal. Los resultados se analizaron bajo un diseño completamente al azar, se realizó prueba de normalidad por tratamiento con el procedimiento de Kolmogorov-Smirnov y homogeneidad e las varianzas, se utilizó la prueba de comparación de medias por Tukey. El peso de lombriz adulta mostró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en el tratamiento de ovino con un incremento de 44.83 %; este mismo comportamiento se observó para la variable de huevecillos, la mayor cantidad de larvas se registró en el tratamiento de equino. El porcentaje de proteína cruda de la harina de lombriz fue 18.7 % mayor ($P < 0,05$) para los tratamientos ovino y bovino con respecto al tratamiento testigo y equino (47.186 vs 38.34 %).

Palabras clave: Composta, lombricomposta, *Eisenia foetida*

ABSTRACT

Compost production and reproduction of *Eisenia foetida* for obtaining meal worm from manure of different animal species

Sarahi de Jesús Heras Sierra

The aim of this study was to evaluate the effect of compost from manure of lamb, bovine or equine on reproduction characteristics of *Eisenia foetida* and the content of crude protein in the earthworm meal. The research consisted of three phases; Phase 1) Development and evaluation of compost made from manure of different animal species (four treatments: T1) control (without manure); T2) lamb manure; T3) bovine manure and T4) horse manure, temperature, relative humidity, pH, EC, MO and macro and micro nutrients (MMN); was recorded during the composting process, Phase 2) Preparation of 4 substrate to form mixtures of vermicompost, 16 boxes (250 worms were used by stonemason; 4 replicates / treatment), the variables analyzed were pH, EC, MEN, MO, weight of worms (WW), number of Adult worms (A), juveniles (J), larvae (L) and eggs (H); Phase 3) Obtaining earthworm flour, floury material was placed in plastic bottles stored at 0 ° C to carry out the proximate analysis of the flours of each treatment in triplicate laboratory animal nutrition. The results were analyzed under a completely randomized design, normality test was performed by treatment with the process of Kolmogorov-Smirnov and homogeneity and the variances, the test of comparison of means by Tukey was used. The weight of adult worm showed statistically significant difference ($p < 0.05$) in the treatment of lamb with an increase of 44.83% comparing with others treatments. The same behavior is observed for the variable of eggs, as many larvae were recorded in equine treatment. The percentage of crude protein meal worm was 18.7% higher ($P < 0.05$) for lamb and cattle compared with the control and equine treatment (47 186 vs 38.34%).

Keys words: Compost, vermicompost *Eisenia foetida*,

I. INTRODUCCIÓN

La acumulación de residuos orgánicos originados por las actividades ganaderas, agrícolas, forestales, las basuras urbanas y agroindustriales han generado problemas ambientales y de salud humana, en este contexto, se tiene que buscar estrategias que permitan mitigar el impacto ambiental que provocan estos desechos, y dentro de éstas, el compostaje y el lombricompostaje, son alternativas para el tratamiento de éstos residuos, al emplearlos como sustratos para criar lombrices, y de esta manera, contribuir a mitigar la contaminación (Pattnaik y Reddy, 2009; Félix-Herrán *et al.*, 2010; Gheisari *et al.*, 2010; Pramanik y Chung, 2010). Este proceso no solo elimina al desecho, sino que del mismo modo se pueden generar ingresos, debido a que la lombriz es utilizada como alimento en la avicultura y piscicultura. Además se puede producir un material útil como abono que pueda ser empleado en los cultivos, huertos familiares o en los jardines de las comunidades rurales y urbanas (Rodríguez- Dimas *et al.*, 2008; Cruz-Lázaro *et al.*, 2010; Hatti *et al.*, 2010). Por su parte el compostaje es en un proceso biológico, que se realiza en condiciones aeróbicas, con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable por el suelo (FAO 2012), el lombricompostaje se sitúa como una estrategia para el manejo de los residuos orgánicos, ya que con éstos procesos se obtienen sustratos orgánicos que permiten el reciclaje de éstos materiales. Los agricultores han recuperado y adecuado estas técnicas para potenciar sus ventajas y restringir insumos contaminantes y con ello se hace un reciclamiento de estiércoles y residuos orgánicos, estabilización del nitrógeno, producción de humus y se incrementa la salud del suelo y como consecuencia, se obtiene un impacto benéfico agrícola, social, económico y en la protección del medio ambiente (Guadarrama y Taboada, 2004). La lombricultura es una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombrices (*Eisenia foetida*) como una herramienta de trabajo (Recalde, 2008), ésta técnica, utilizada en un sistema de producción agropecuario, en donde se hace necesario el reciclaje de los

residuos sólidos, lo cual trae beneficios económicos al transformarlos en abono orgánico de gran calidad; así como biomasa de lombriz que puede ser aprovechada en la nutrición animal (Velásquez *et al.*, 1985). La búsqueda de nuevas fuentes proteicas no convencionales, constituye un objetivo clave para la alimentación animal, la importancia de la proteína en la alimentación de animales para producción es reconocida por la industria que elabora alimentos para el ganado, ya que ésta, se incluye en todas las dietas diseñadas para la alimentación animal, al respecto, el valor nutritivo de la harina de lombriz ha sido previamente estudiado en la alimentación de peces, obteniéndose resultados alentadores, que dependen de la especie de la lombriz y del nivel de inclusión de su harina en la dieta estos, además del manejo es sencillo y de bajo costo de producción, hacen probable su uso como componente proteico de la dieta de las diferentes especies animales, tales como roedores, aves, peces, reptiles, anfibios, mascotas domésticas, entre otros; así como su empleo como fertilizante orgánico para la producción de algas unicelulares suministradas como alimento para larvas (Velásquez *et al.*, 1985).

II. ANTECEDENTES

2.1. Agricultura orgánica.

La agricultura ecológica ofrece una posibilidad de mejorar sus condiciones de vida y la no dependencia de la compra de insumos químicos para mejorar sus producciones, por otra parte, en las regiones productivas más marginadas existen factores socioeconómicos y ambientales como la pobreza, contaminación, erosión, mala estructura del suelo, deficiente gestión de recursos hídricos y mal manejo de residuos, todo esto, hace y necesario e interesante la consideración de la posibilidad de empleo de insumos orgánicos de elaboración propia (Porta *et al.*, 2003; Stoffella y Kahn, 2004).

Ésta tecnología considera la interrelación hombre-cultivo-animal-medio ambiente, propicia la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos durante todo el año y está basada en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos orgánicos (Lok, 1998, Gómez-Tovaret *et al.*, Anónimo 1999).

Los productos orgánicos mantienen tasas de crecimiento ascendente debido a que tienen cada vez más demanda en el mercado de alimentos a nivel mundial (Gómez y Tovar, 2004), debido a la preocupación de los consumidores por la salud y la protección del medio ambiente, prefieren productos sin residuos tóxicos, modificaciones genéticas, ni uso de aguas negras y radiaciones. El dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos está estimulando poderosamente la reconversión de la agricultura convencional a la agricultura orgánica, en el mundo se registran más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 10.7 millones de áreas de recolección silvestres, entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina con 3 millones, e Italia con 1.2 millones, a estos países les siguen en importancia Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España y Francia (Gómez Tovar 2004).

En México, durante el año 2005, se sembraron 498 265 ha de hortalizas, de las cuales 24 725 ha fueron orgánicas, lo que equivale al 5 % del total cosechado (Gómez-Cruz *et al.*, 2005). La agricultura orgánica nacional representa una superficie de 216 mil ha y genera 280 millones de divisas, revaloriza la agricultura tradicional, crea empleos (34.5 de jornales anuales) y mayores ingresos para los productores, bajo un esquema de producción sustentable, sin deterioro del ambiente. (Gómez Tovar *et al.*, 2000). Dependiendo de la actividad que los produce, estos materiales pueden ser clasificados como de origen agrícola, ganadero, forestal, industrial y urbano. Por lo general, los abonos orgánicos, son producidos a partir del proceso de compostaje y en algunos casos pueden ser reforzados con productos químicos con el afán de mejorar su calidad final (López, 1994, Bertoldi, 1995, Bertsch, 1995).

En los últimos años, la creciente preocupación de los consumidores sobre cuestiones como la inocuidad y calidad de los alimentos, la conservación de la seguridad del medio ambiente y el suelo ha conducido a un aumento sustancial en el uso de prácticas agrícolas sostenibles (Tilman *et al.*, 2002), por lo que se hace imprescindible la búsqueda de alternativas que mejoraren la estructura del suelo, provean los nutrientes indispensables para los cultivos, además de ser sostenibles y con un mínimo impacto sobre los ecosistemas (Schriefer, 2000), dentro de éstas alternativas la lombricomposta y humus de lombriz, que constituyen una alternativa con características físicas y químicas estables con propiedades de biofertilizante (Pérez, 1994; Acevedo y Pire, 2004).

2.2. Compostaje.

El incremento el tamaño de la explotaciones pecuarias, conlleva a que una gran cantidad de animales estén concentrados en un espacio reducido, así como el creciente desarrollo de la población en las zonas urbanas en áreas cercanas a la explotaciones ganaderas, incrementando el riesgo de contaminación por excretas del ganado hacia los humanos (Callaway *et al.*, 2009; Weinberg *et al.*, 2011).

La combinación de la agricultura y la ganadería manejada adecuadamente, origina un sistema de producción sostenible desde el punto de vista ecológico y

económico. En un mismo sitio es posible cultivar granos, frutas y otros productos, además, de generar alimento para la ganadería, se reducen la necesidad de fertilizantes comerciales en alta cantidad y frecuencia, esto puede representar una disminución en los costos de producción y diversificar los ingresos del propietario de la unidad de producción, además, se conserva un suelo más productivo (SAGARPA, 2011).

El estiércol animal es un recurso valioso como fertilizante del suelo ya que proporciona grandes cantidades de macro y micronutrientes para el crecimiento del cultivo además de tener un bajo costo, alternativa ecológica a los fertilizantes minerales (Hutchison *et al.*, 2005). El estiércol no solo es una fuente de nutrimentos para las plantas (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, sodio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y otros) o fuente de bióxido de carbono (CO₂) para la atmósfera y el suelo, sino que las sustancias que contiene influyen en las propiedades químico-físicas del suelo, como la agregación del suelo, la disolución de minerales, los ciclos bioquímicos de los elementos, la formación y la estabilidad de su estructura y además constituye una fuente de alimento para los microorganismos del suelo (SAGARPA, 2011).

Entre los animales domésticos, los bovinos figuran como los principales productores de estiércol (Dungan, 2010). El ganado bovino es el principal hospedero de una variedad de bacterias patógenas, virus y parásitos, la *Escherichia coli*, es reconocida como el principal indicador de contaminación fecal en agua y alimentos (Dungan, 2010) donde algunos de los cuales representan un riesgo para la salud de otras especies animales y los seres humanos (Callaway *et al.*, 2009; Heras, 2013).

Grandes cantidades de excremento procedentes de la producción bovina son producidas continuamente en todo el mundo; se estima que más de 100 mil millones de kilogramos de excretas de bovino se producen diariamente en Estados Unidos (Weinberg *et al.*, 2011). El ganado bovino es el principal productor de estos desechos, seguido por los pollos y los cerdos (Dungan, 2010). Debido a la amplia diseminación de material fecal procedente de animales en el medio ambiente, las bacterias pueden estar presentes en áreas que se utilizan para la producción de alimentos; por ejemplo

Escherichia coli se puede encontrar en estiércol de animales y agua residuales hasta su transformación en composta destinados a áreas agrícolas(Callaway *et al.*, 2009).

Una parte de los alimentos que consume el animal es asimilada y aprovechada por su organismo, lo que se elimina como estiércol y con el tiempo se transforma en humus. Los nutrimentos que no son utilizados por el animal, son excretados en las heces y orina. En promedio, los animales retornan en el estiércol entre el 75 y el 80% del N, el 80% del P, del 85 al 90 % del K y cerca del 50 % de la materia orgánica contenida en las partes vegetales que consumieron (SAGARPA, 2011).

2.2.1. Producción de estiércol en México.

En el cuadro 1 se muestra la producción de estiércol anual de los distintos sistemas de producción en México y en el estado de Sinaloa, se registró según las estadísticas del servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) al año 2013.

Cuadro 1. Toneladas de estiércol por especie al año, a nivel estatal y nacional.

Especie animal	Sinaloa	México
Bovino carne	2,187,147.16	43,788,571.12
Bovino leche	38,016.21	5,278,532.91
Caprino	42,403.03	2,213,808.62
Ovino	50,675.60	2,171,072.15
Porcino	61,073.07	2,661,116.91
Equino		2,819,625.00

(SIAP,2013)

2.2.2 Proceso del compostaje

El compostaje es una descomposición predominantemente aeróbica, que se puede dividir en tres fases, una fase inicial de descomposición de los materiales más lábiles, tales como azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosas, son descompuestos más rápidamente. Luego una segunda fase de temperaturas más

altas, donde se degradan los materiales más recalcitrantes como celulosa y la lignina, para pasar finalmente a la fase de síntesis, donde se forman sustancias húmicas (Soto y Meléndez 2003)

Por su parte, Álvarez (2013), describe que el proceso de compostaje va desde la preparación donde se acondicionan y mezclan los materiales de partida para regular su contenido en agua, el tamaño de las partículas, eliminar los elementos no transformables y ajustar los nutrientes para lograr una relación adecuada carbono nitrógeno C/N. Una vez preparada la materia orgánica pasa por una fase de descomposición mesófila (<40°C) donde se produce una degradación de azúcares y aminoácidos por la acción de grupos de bacterias (*Bacillus sp* y *Thermus sp*). El proceso continúa con una fase de descomposición termófila (40-60°C) en la que se degradan ceras, polímeros y hemicelulosas por acción de hongos del grupo de los actinomicetos (*Micromonospora*, *Streptomyces* y *Actinomyces*). La descomposición termófila es seguida por una fase mesófila de enfriamiento (<40°C), donde se realiza la degradación de las celulosas y ligninas por acción de bacterias y hongos (*Aspergillus* y *Mucor*). La última fase es la de maduración, donde se estabiliza y polimeriza el humus a temperatura ambiente, desciende el consumo de oxígeno y desaparece la fitotoxicidad.

Soto y Meléndez (2003), mencionaron que el proceso de compostaje es una descomposición predominantemente aeróbica, que se puede dividir en tres fases. Una fase inicial de descomposición de los materiales más lábiles, tales como azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosas, son descompuestos más rápidamente. Luego una segunda fase de temperaturas más altas, donde se degradan los materiales más recalcitrantes como celulosa y la lignina, para pasar finalmente a la fase de síntesis, donde se forman sustancias húmicas.

Por su parte, Álvarez (2013), describe que el proceso de compostaje va desde la preparación donde se acondicionan y mezclan los materiales de partida para regular su contenido en agua, el tamaño de las partículas, eliminar los elementos no transformables y ajustar los nutrientes para lograr una relación adecuada C/N. Una vez

preparada la materia orgánica esta pasa por una fase de descomposición mesófila (<40°C) donde se produce una degradación de azúcares y aminoácidos por la acción de grupos de bacterias (*Bacillus sp* y *Thermus sp*). El proceso continúa con una fase de descomposición termófila (40-60°C) en la que se degradan ceras, polímeros y hemicelulosas por acción de hongos del grupo de los actinomicetos (*Micromonospora*, *Streptomyces* y *Actinomyces*). La descomposición termófila es seguida por una fase mesófila de enfriamiento (<40°C), donde se realiza la degradación de las celulosas y ligninas por acción de bacterias y hongos (*Aspergillus* y *Mucor*). La última fase es la de maduración, donde se estabiliza y polimeriza el humus a temperatura ambiente, descendiendo el consumo de oxígeno y desaparece la fitotoxicidad.

El proceso de compostaje consta de cuatro fases, estas fases son: fase Mesófila I, fase Termófila, fase Mesófila II o de enfriamiento, y fase de Maduración. En la fase Mesófila I, las temperaturas de la composta oscilan entre los 10-45°C manteniéndose por debajo de los 45°C, en esta fase hay mayor actividad bacteriana (crecimiento de los microorganismos *Bacillus sp.*; *Azotobacter sp.*; *Pseudomonas sp.*). La fase Termófila presenta temperaturas en un rango de 45-70°C, los microorganismos con mayor actividad en esta fase son las bacterias (*Thermus sp* y *Hydrogenobacter spp*), actinomicetos (*Actinomyces sp* y *Streptomyces sp*) y hongos termofílicos (*Aspergillus sp*, *Rhizopus sp*). Durante la fase Mesófila II, la composta disminuye su temperatura, y esta oscila entre los 50-20°C; se presenta una reactivación de bacterias mesófilas (*Bacillus sp.*; *Azotobacter sp.*; *Pseudomonas sp*), la población de hongos (*Nocardia sp*) y actinomicetos (*Actinomyces sp* y *Streptomyces sp*) se incrementa significativamente. En la fase de maduración, se encuentra la presencia de actinomicetos y hongos importantes en la degradación de la celulosa, hemicelulosa, quitina y proteínas; las bacterias representan el 80% del recuento total de microorganismos. La mayoría de los microorganismos presentes en esta fase, poseen actividad proteolítica, amonificante, amilolítica y celulolítica. Esta diversidad microbiana juega un papel fundamental en la estabilidad del compost (Laich, 2011).

El cuadro 2 muestra las fases del proceso del compostaje. El proceso consta de cuatro fases, estas fases son: fase Mesófila I, fase Termófila, fase Mesófila II o de

enfriamiento, y fase de Maduración. En la fase Mesófila I, las temperaturas de la composta oscilan entre los 10-45°C manteniéndose por debajo de los 45°C, en esta fase hay mayor actividad bacteriana (crecimiento de los microorganismos *Bacillus sp.*; *Azotobacter sp.*; *Pseudomonas sp.*). La fase Termófila presenta temperaturas en un rango de 45-70°C, los microorganismos con mayor actividad en esta fase son las bacterias (*Thermus sp* y *Hydrogenobacter spp*), actinomicetos (*Actinomyces sp* y *Streptomyces sp*) y hongos termofílicos (*Aspergillus sp*, *Rhizopus sp*). Durante la fase Mesófila II, la composta disminuye su temperatura, y ésta oscila entre los 50-20°C; Se presenta una reactivación de bacterias mesófilas (*Bacillus sp.*; *Azotobacter sp.*; *Pseudomonas sp*), población de hongos (*Nocardia sp*) y actinomicetos (*Actinomyces sp* y *Streptomyces sp*). En la fase de maduración, se encuentra la presencia de actinomicetos y hongos importantes en la degradación de la celulosa, hemicelulosa, quitina y proteínas; las bacterias representan el 80% del recuento total de microorganismos. La mayoría de los microorganismos presentes en esta fase, poseen actividad proteolítica, amonificante, amilolítica y celulolítica. Esta diversidad microbiana juega un papel fundamental en la estabilidad de la composta (Laich, 2011)

Cuadro 2. Fases del compostaje

Fase	Duración	°C	Especies útiles	Patógenos y parásitos
Latencia	1 d	20	Bacterias, hongos, protozoarios.	Insectos larvas, huevos de parásitos, gérmenes patógenos, semillas de maleza.

Mesófila 1	15 h	20-35	Numerosos mesófilos, pocos termófilos, hongos mesófilos	Eclosión forzada de huevos de parásitos, evolución de larvas, fuga de insectos.
Termófila 1	55 h	35-45	Hongos termófilos, sustancias antibióticas.	Destrucción de larvas y larvas de insectos, parásitos, semillas, comienzo de destrucción de patógenos.
Termófila 2	12 d	65-75	Desaparición de termófilos patógenos, aparición de bacterias termófilas y de actinomicetos.	Destrucción de larvas intestinales, coliformes, etc.
Termófila 3	15 d	75-35	Bacterias, hongos y actinomicetos termófilos.	Finalización de bacterias patógenas. Incluso esporuladas.
Mesófila 2	50 d	25-20	Microorganismos no patógenos.	Ausencia de patógenos

(Martínez 1996)

2.3. Lombricompostaje.

La lombricultura es una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombrices (*Eisenia foetida*) como una herramienta de trabajo, bajo ciertas condiciones (temperatura, humedad, pH), se puede reciclar todo tipo de materia orgánica y como producto final se puede obtener humus y carne de lombriz (Recalde, 2008). Esta técnica, utilizada en un sistema de producción agropecuario en donde se hace necesario el reciclaje de los residuos sólidos, trae beneficios económicos al transformarlos en abono orgánico de gran calidad; así como biomasa de lombriz que puede ser aprovechada en la nutrición de aves y peces (Velásquez *et al.*, 1985) y cerdos (García *et al.*, 1995).

2.3.1 *Eisenia foetida*

Eisenia foetida o lombriz roja californiana, es la especie más utilizada en la lombricomposta, es de color rojo púrpura, alcanza de 5 a 9 cm de longitud, 3 a 5 mm de diámetro y entre 1 a 1.2 g de peso. El número de segmentos varía entre 80 y 120 con un promedio de 95, cuando son adultas presentan un clitelo o abultamiento en forma de silla de montar situado entre los segmentos 24 al 32, que es donde se localizan los órganos sexuales masculinos y femeninos. Madura sexualmente a los 2 meses de vida, indicado por la aparición del clitelo. Del acoplamiento se obtienen 1 ó 2 capullo por lombriz. En condiciones óptimas, después de 14 a 21 días de la incubación, eclosiona el capullos y nacen entre 2 a 9 lombricillas rosado pálidas traslucidas, con capacidad de movimiento y nutrición. Las lombrices nuevas alcanzan su madurez sexual a los 45 días, *Eisenia foetida* es extremadamente voraz, come diariamente un equivalente a su peso corporal de lo cual excreta un 60% en forma de abono y un 40% utiliza para su energía. La lombriz se nutre de todo tipo de desechos orgánicos, este alimento debe tener un pH no inferior a 6 ni superior a 8.5, de éste balance del alimento depende el éxito de la crianza de las lombrices, el alimento estará listo una vez que su pH se encuentre entre 6.0 y 8.5, sin olores desagradables y con una humedad entre 70 y 80% (Álvarez, 2010).

2.3.2 Clasificación taxonómica y fisiológica de la lombriz *Eisenia foetida*

La clasificación taxonómica se muestra en el cuadro 3. La lombriz es un animal que respira por la piel y no posee dientes, razones por la cual el alimento debe estar siempre con una humedad del 70% para facilitarle la succión. El principio general de la alimentación de las lombrices consiste en proveerlos de desechos orgánicos compostados; es decir de materiales biodegradables. Los desechos orgánicos pueden provenir de las actividades agropecuarias, basuras de mercado y desechos orgánicos industriales; todos ellos son la materia prima para la lombricultura. Con ellos se prepara la composta, que aparte de ser el alimento es también el hábitat de la lombriz (Sales, 1996).

La lombriz utilizada generalmente en lombricultura es la Californiana (*Eisenia foetida*), la cual se logró en la Universidad Agrícola de California, Estados Unidos de

América (Ferruzzi, 1987), y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo, por lo que la hace la especie más cultivada en el mundo dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento (Guadarrama y Taboada, 2004).

Cuadro 3. Clasificación taxonómica.

Reino	Animal
Sub-reino	Metazoa
Clase	Oligoquetas
Orden	Opistóporos
Familia	Lombricidos
Género	<i>Eisenia</i>
Especie	<i>Eisenia foétida</i>
Nombre común	Lombriz de estiércol o Lombriz cebra.

(Martínez 1996)

La lombriz roja californiana (LRC) es un anélido que se adapta a un amplio rango de temperaturas, siendo su óptimo 22 °C; temperaturas extremas (0 y 42 °C), reducen drásticamente su ingesta de alimentos y reproducción (Galvis, 1991). Un hábitat con características adecuadas de temperatura, humedad, pH, vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales, favorece en su desarrollo y adecuada reproducción (Lee 1985).

Las lombrices son hermafroditas insuficientes, reúnen en el mismo individuo los sexos femeninos y masculinos, por lo que producen óvulos y espermatozoides en el mismo individuo. Sin embargo, no se autofecunda y necesitan del apareamiento con otro individuo (fecundación cruzada) (Álvarez, 2010). Su cruce es recíproco, se aparea cada 7 días, desde los 3 meses de edad cuando alcanza la madurez sexual, observándose un anillo de mayor diámetro que el resto del cuerpo llamado clitelium, lugar donde se conforma la cápsula que contiene los embriones (Fuentes, 1982).

El cuadro 5 muestra información de la mayoría de las investigaciones realizadas sobre el cultivo de la lombriz roja californiana reportado como producto de la fecundación, una cápsula por semana con 1 a 21 lombrices por cápsula (Ferruzzi, 1987); (Galvis 1991) informó 12 lombrices por cápsula, sin embargo, se ha encontrado que a una temperatura promedio de 29 °C se obtienen de 4 a 6 cápsulas por semana con un promedio de 2.3 lombrices por cápsula (Hernández *et al.*, 1997).

Durante la cópula cada lombriz recibe el esperma de la otra y lo retiene en su espermateca hasta el momento de la reproducción (Salazar y Rojas, 1992), la madurez sexual se alcanza entre los 30 y 45 d a medida que la temperatura sobrepasa los 25°C (Hernández *et al.*, 1996), ante estas características los principales factores que inciden sobre el comportamiento de la lombriz son pH, humedad y la temperatura, cuadro 4.

Cuadro 4. Principales factores que inciden sobre el comportamiento de la lombriz

Parámetro	Producción de humus					
	Muerte	Letargo	Rango	Valor óptimo	Letargo	Muerte
pH	<5	<6.5	6.8-8	7.5	>8.5	>9
Humedad %	<50	<75	80-85	82	>88	>90
Temperatura °C	0	<7	14-27	20	>33	>42

(Martínez 1996)

La lombricomposta se obtiene mediante la combinación de procesos, diseños y técnicas usadas sistemática e intensamente para cultivar grandes cantidades de ciertas especies de lombrices de tierra, para acelerar la estabilidad de desechos orgánicos, que son consumidos y digeridos por las lombrices con la ayuda de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos y convertidos a un material fecal que es mucho más fino, con mayor contenido de humus y con una actividad microbiana más activa que el material original donde los nutrientes se encuentran en una forma más soluble y disponible para las plantas (Aranda *et al.*, 1999).

En el caso particular de la lombricomposta también llamada vermicomposta, el proceso consiste en la bio-oxidación y estabilización de los sustratos orgánicos a través de la acción de descomposición conjunta de lombrices y microorganismos, que lo convierten en un material humificado y mineralizado (Martínez, 1996, Domínguez *et al.*, 1997, Bollo, 1999), las deyecciones de la lombriz poseen una riqueza en flora bacteriana muy grande, con cerca de 10^{12} colonias por g^{-1} de humus producido en vez de los pocos centenares de millones presentes en la misma cantidad de estiércol fermentado, esto permite la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica cuando este material es aplicado al suelo (Ferruzi, 1986).

La lombricomposta tiene un marcado efecto sobre la transformación del N en los materiales iniciales, lo que sugiere que estas producen condiciones que favorecen la nitrificación, excretando también una cantidad importante en forma de amonio y mucoproteínas (Bollo 1999).

La adición de lombrices al suelo produce un incremento en el crecimiento de varias especies de cereales en zonas templadas. Más recientemente mediante una serie de experimentos de campo se ha demostrado que la inoculación de lombrices en terrenos agrícolas tropicales puede tener también efectos notables sobre el crecimiento y rendimiento vegetal (Spain *et al.*, 1992, Brown *et al.*, 1999, Lavelle y Spain 2001).

Cuadro 5. Rendimiento productivo de *Eisena foetida*.

Inicio	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
--------	---------	---------	---------	----------

	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Población inicial de lombrices	Generación	Generación	Generación	Generación
1000	10,000	100,000	1000,000	10,000,000
Lombrices kg	10	100	1000	10
Alimento kg/día	10	100	1000	10
Humus kg/ día (60% del Consumo)	6	60	600	6
Proteína kg/ día (harina)	0.6	6	60	600

(Martinez, 1996)

Cuadro 6. Contenido nutrimental de las lombricompostas.

Elemento	Unidades.	Rango
PH	-	6.8 a 7.2
N	%	1.5 a 3.35
P	ppm	700 a 2500
K	ppm	4400 a 7700
C / N	-	10 a 13
C I C	meq / 100 g	75 a 81
Ca	%	2.8 a 8.7
Mg	Ppm	260 a 576
Cu	Ppm	85 a 490
Zn	Ppm	87 a 404

(Martinez 1996).

Entre los efectos benéficos de las lombrices se incluyen la mejora de algunas propiedades físicas del suelo como la estructura (Jongmans *et al.*,2003), turbación (Edwards, 1998), la capacidad de retención de agua, el drenaje y la formación y

degradación de agregados, así como efectos químicos y biológicos en la degradación de la materia orgánica y en el ciclado de nutrientes todos estos procesos contribuyen de forma fundamental a la fertilidad del suelo y por lo tanto al crecimiento vegetal y la productividad de los cultivos (Edwards y Bohlen 1996; Edwards 1998).

Se ha demostrado además que las lombrices pueden incrementar la actividad y la biomasa microbiana del suelo (Schindler Wessels *et al.*, 1996). La aceleración de la descomposición de la materia orgánica inducida por las lombrices de tierra, especialmente del tipo epigeas, ha sido aprovechada para el tratamiento de residuos orgánicos como residuos animales, agrícolas, urbanos e industriales y su transformación en fertilizantes orgánicos. Las lombrices se encargan de fraccionar el sustrato orgánico estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización de forma que el residuo orgánico se transforma rápidamente en un sustrato humificado cuya textura y tamaño de partícula son mucho más finas que las de los compostajes termofílicos tradicionales (Edwards, 1998 y Domínguez, 2004). La lombricultura es una actividad en expansión y en el futuro será el medio más rápido, eficiente y ecológico para la recuperación de suelos, siendo la técnica que transforma los residuos sólidos orgánicos (humus de lombriz, vermicompost, lombricompost o lombrihumu) por acción combinada de lombrices y microorganismos.

En los últimos años muchos agricultores han estado experimentando exitosamente el uso de lombrifertilizante. Al principio fueron sólo algunos pioneros de la agricultura orgánica, pero hoy se han sumado muchos floricultores, horticultores, más por el aumento de la producción y el ahorro en fertilizantes, que por sus convicciones ambientales. Todo esto ha incrementado la demanda y está alentando a la instalación de nuevas granjas de lombricultura. Si se tiene en cuenta que el mercado de fertilizantes químicos mueve miles de millones de dólares en todo el mundo y que la lombricultura y sus derivados, le están quitando terreno año tras año, se comprenderá que las perspectivas económicas para lombricultores con visión empresarial resultan muy atractivas. Esta práctica se inició en la década de los 50's en los Estados Unidos, siguiendo Japón en los 70's, pero fue en Europa donde se introdujo a nivel comercial. La industria necesita sólo de una mínima inversión e infraestructura, y significa un gran

avance contra la contaminación y el problema de los residuos orgánicos, al igual que una concientización de la importancia de volver a abonar y fertilizar con abonos 100% orgánicos y no con químicos creados por la revolución verde de los años 50 y 60s. Darwin demostró durante la mayor parte de su vida su inclinación hacia las lombrices, por este motivo llevó a cabo experimentos que hoy son modelos de metodología, como lo es su libro —La Formación del Suelo Vegetal por Acción de la Lombrices. (Martínez y Mexia 2004).

2.6. Harina de lombriz

La carne de lombriz se define, en relación a su proceso de elaboración, como el producto obtenido después del sacrificio, purga y lavado cuidadoso de las lombrices frescas. Mientras que la harina de lombriz se ha definido como el producto seco y molido obtenido de la carne de lombriz desecada (Curi 2006). Durante muchos años se han buscado diferentes materias prima alternativas que sean ricas en proteínas de calidad y económicamente rentable, varios investigadores refieren que la harina de lombriz (*Eisenia foetida*), ha demostrado ser una alternativa viable para la alimentación que debe ser considerada (Pérez, 1999; Vielma *et al.*, 2003). La disponibilidad de la proteína, valor biológico y valor fisiológico de la harina de *E. foetida* es tan alta como la de la harina de pescado (Flores 1988).

La harina de lombriz se caracteriza por un elevado contenido de proteínas (> 60%, base seca) de interés nutricional ya que proporciona aminoácidos esenciales para la dieta humana. La obtención a un bajo costo de la harina de lombriz rica en proteínas se debe a que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos, crecen a una alta velocidad y se multiplican rápidamente. De la lombriz roja californiana, no sólo se obtiene carne rica en proteínas, sino también los aminoácidos esenciales, entre ellos es importante mencionar a la lisina, aminoácido que suele estar ausente en los alimentos básicos. El contenido de este aminoácido en la harina de lombriz es significativo (5.9%). ya que satisface los requerimientos para niños entre 2 a 5 años recomendados por la FAO/OMS3 (Vielma Rondón *et al* 2003)

El contenido corporal de la carne de lombriz en agua es de un 80% aproximadamente, al someterse al proceso de secado su peso queda reducido a un 20%, ejemplo si una lombriz adulta pesa un gramo, al deshidratarla pesará 0.2 gramos. Por lo que para obtener 1.000 gramos de harina se necesitaran 5.000 lombrices. La carne de lombriz puede ser utilizada en la alimentación de animales tales como peces, pollos, cerdos, ranas, en forma cruda y directa o en la elaboración de harina de carne de lombriz para ser mezclada con otros productos y elaborar concentrados de excelente calidad, actualmente existen algunos ejemplos que hablan de las alternativas que ofrece la lombriz roja para la alimentación humana, en especial para ofrecerla como fuente de proteínas a la población con bajos recursos (Martínez y Mexia 2004).

La búsqueda incesante de recursos alimenticios que sean capaces de proveer al ganado de adecuadas proporciones de proteína y energía, con el requerimiento de mínimos insumos, es uno de los objetivos fundamentales que se persigue para hacer más eficiente la producción animal. La suplementación con concentrados comerciales a base de oleaginosas de elevada calidad y valor nutritivo; así como con la inclusión del follaje de árboles forrajeros constituyen las estrategias más utilizadas en los sistemas de alimentación en Latinoamérica. Por otra parte, la utilización de dietas no convencionales en la alimentación animal ha tomado un papel preponderante en los últimos años por los buenos resultados productivos que se han obtenido. Al respecto, la utilización de harinas de carnes, específicamente de anélidos, en la suplementación de roedores, aves, peces, reptiles, anguilas, anfibios, mascotas domésticas y pequeños rumiantes constituyen una estrategia viable en el manejo de estos animales. En este sentido, la harina deshidratada de *Eisenia* spp., conocida comúnmente como lombriz roja, es una de las alternativas para buscar una solución a dicha problemática. Los análisis químicos de su carne (Cuadro 7) han mostrado una elevada concentración de proteínas (>60% base seca) y de aminoácidos esenciales para la dieta, no obstante, existe poca información disponible sobre la cantidad de otros nutrimentos importantes presentes en la biomasa, su valor nutritivo y el efecto que pudiera ocasionar el sustrato

en la calidad de la harina de lombriz (Flores y Alvira, 1987; Flores y Alvira, 1988; Garcia *et al.*, 1995 y Vielma-Rodón *et al.*, 2001).

Por otra parte, no se han encontrado diferencias significativas en el contenido proteico de la harina de algunas especies de lombrices (*E. foetida* y *Endrilus eugeniae*), no obstante, se carece de información relacionada con el comportamiento en el tiempo de los estadios poblacionales de este tipo de anélido cuando se usan sustratos con diferencias acentuadas en cuanto a su composición nutricional en grandes volúmenes. (Garcia *et al.*, 2007).

El poder utilizar la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* como fuente nutritiva para el consumo animal y humano, se debe a su alto contenido en proteínas (50-75 %) (Velásquez *et al.* 1986; Dash, 1990; Medina y Araque, 1999; Vielma *et al.* 2003). Es por ello, que actualmente es considerado como un recurso biotecnológico de elevado interés nutricional y ecológico.

Los minerales son micronutrientes indispensables para el funcionamiento óptimo del organismo y están disponibles a través de los alimentos. Algunos como el Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo (como molibdato), K, Se (como selenato), Na y Zn, (Crews, 1998) participan en procesos bioquímicos y fisiológicos. La composición química, específicamente el perfil mineral, de la harina de lombriz fue estudiada por (Salazar y Rojas 1992), (Segovia, 1996) y (Gonzalvo *et al.* 2001) reportando presencia de Al, Ca, Mg, Fe, Cu, Na, K y P. Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, la harina de lombriz *Eisenia foetida* podría representar una aporte mineral importante en el campo nutricional. Sin embargo, la lombriz presenta un nivel de organización característico de los invertebrados, pertenece al reino animal, subreino metazaos, división vermes y subdivisión anélidos, tiene la capacidad de bio-concentrar algunos elementos (metales), lo que ha permitido utilizarla como detector de contaminación química (Edwards *et al.*, 1998; Spurgeon y Hopkin, 1999; Gruber *et al.* , 2000). En tal sentido, se hace imprescindible la determinación de metales pesados (Hg y Pb) si se quiere utilizar la harina de lombriz para alimentación humana.

Cuadro 7. Composición de la harina de lombriz

Componente	Valor
Humedad, %	6.2- 6.7
Grasas, %	7.13- 9.82
Cenizas, %	8.33-9.22
Proteína, %	56.8- 61.4
Metionina, %	2.2
Metionina + cistina, %	3.8
Arginina, %	4.1
Glisina, %	2.9
Lisina%	4.3

(Mirabelli, 2008)

V.HIPÓTESIS

La composta con estiércol de ovino, bovino o equino tiene las características que favorecen la reproducción de *Eisenia foetida* para producir harina con porcentaje de proteína cruda superior al 40%

VI. OBJETIVO

Evaluar el efecto de la composta con estiércol de ovino, bovino o equino en las características de reproducción de *Eisenia foetida* y el contenido de proteína cruda en la harina.

Objetivos específicos:

1. Determinar las características químicas de las composta con estiércol de ovino bovino y equino
2. Determinar la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida* en las vermicompostas con estiércol de ovino bovino y equino
3. Determinar las características químicas de lasvermicompostas.
4. Determinar el contenido de proteína cruda de la harina de lombriz en por sustrato.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Localización del lugar de trabajo

El experimento se efectuó en las Unidades Avícola y Experimental, además de las instalaciones de Engorda para Pequeños Rumiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo ubicada en el km 38.5 carretera México - Texcoco, Chapingo, Estado de México, en los laboratorios de análisis químicos de suelos Agro-diagnóstico y Phytomonitor, geográficamente la ciudad de Culiacán se localiza a 24° 48' latitud norte y 107° 25' longitud oeste a una altura promedio de 60 msnm (INEGI, 1997), la temperatura promedio anual es de 25.9 °C con máxima de 30.4°C en Junio y Julio, y mínima de 20.6 °C en Enero; con la humedad relativa promedio es de 68 %, con máxima de 81 % en Septiembre y mínima de 51 % en Abril; la precipitación anual promedio es de 688.5 mm (CIAPAN, 2002).

7.2 Formulación de los sustratos

El cuadro 8 muestra los ingredientes utilizados para la preparación de los 4 sustratos (Tratamientos), estos fueron compostados durante un periodo de 16 días. Durante el proceso, se registraron los valores de temperatura y humedad, posteriormente se mezclaron dos veces al día durante los primeros tres días para controlar temperaturas, posteriormente se mezclaron una vez diariamente hasta completar el periodo de composteo de 16 días.

La composición de ingredientes para la elaboración de las compostas se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Ingredientes para sustratos

Ingrediente, kg	Testigo	Ovino	Bovino	Equino
Estiércol	184	184	184	184
Tierra	184	184	184	184
Carbón	55.2	55.2	55.2	55.2
Salvado	9.2	9.2	9.2	9.2
Levadura	0.1816	0.1816	0.1816	0.1816
Paja	92	92	92	92
Azufre	1	1	1	1
Agua	400 L	400 L	400 L	400 L
Melaza	3.8	3.8	3.8	3.8
Cascarilla de arroz	9.2	9.2	9.2	9.2

7.3 Preparación de los sustratos

Para la preparación de las compostas se mezclaron los siguientes ingredientes: agua, melaza y levadura y se utilizó un contenedor de 200 L de capacidad en el cual se mezclaron. Por separado se añadieron y se mezclaron homogéneamente los ingredientes siguientes: paja de frijol, estiércol, tierra, carbón, cascarilla de arroz, salvado y azufre. Se homogeneizó la mezcla añadiendo la mezcla de agua, melaza y levadura, se revolvió para su proceso cuatro veces, finalmente, después de la preparación, el abono quedó en montones de aproximadamente 50 cm de altura protegido del sol y la lluvia.

Una vez terminada la etapa de la mezcla de todos los ingredientes del abono y controlada la uniformidad de la humedad, se dejó en el piso de tal forma que la altura del montón constó en lo máximo de un metro y cuarenta en los primeros días y después gradualmente el abono fue disminuyendo su altura de 50 a 30 centímetros.

Durante el proceso, se midieron temperatura y humedad ambiental (higrómetro, marca SPER) y temperatura de las compostas a las 09:50 y 15:50 h utilizando un (termómetro para compostas, marca REOTEMP de 40 cm). Las temperaturas fueron controladas volteando el montón dos veces al día cuando fue necesario (una vez en la mañana y otra en la tarde), lo que permitió darle una mayor aireación y enfriamiento al abono. El resto de los días solo fue necesario revolver una vez al día. Entre los 12 y 15 días, el abono orgánico fermentado logro su maduración y su temperatura fue igual a la temperatura ambiente, su color se tornó gris claro, y quedo seco con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta.

Al finalizar el proceso de fermentación se tomaron muestras aleatoriamente de cada uno de los sustratos para su análisis químico donde los parámetros a analizar fueron: pH (potenciómetro Hanna Instrument), y la solución de CaCl 20.01 M (Aguilar *et al.*, 1987; Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002), conductividad eléctrica (CE) se determinó a partir del extracto de saturación en una relación de 1:2 suelo y agua (Aguilar *et al.*, 1987; Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2000, 2002); la cuantificación de CE se realizó con un conductímetro modelo Soul-Bridge, cenizas por método de combustión en mufla a 600 °C por 2 h en material secado a 70 °C y cribado en tamiz No. 2, la materia orgánica (MO) se determinó con el método de Walkley y Black (Jackson, 1964, Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002 y la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002 para macroelementos (Cationes Intercambiables: Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ y K⁺) y micro elementos (Fe, Mn, Zn y Cu) se determinaron mediante el método AS- 12 (NOM-021-RECNAT-2000) y AS-14 (NOM-021-RECNAT-2000), respectivamente.

7.4 Fuente de inóculo

Se prepararon 4 mezclas de cada sustrato para formar las lombricomposta: Testigo (sustrato sin estiércol; 1.380 kg), Ovino (2.525 kg); Bovino (1.800 kg) y Equino (3.010 kg). Los canteros se colocaron sobre bloques de cemento a 15 cm separados del suelo, con el objetivo de recolectar el lixiviado en un contenedor de plástico de 10 x 20 x 8 cm, el cual se vaciaba en un vaso de precipitado para medir su volumen

recolectado, una vez que se realizaba esta actividad, el lixiviado era almacenado en contenedores de 200 L.

Las lombrices fueron criadas, en 16 cajas de plástico con su respectiva tapa (canteros) de 45 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Se requirieron 4000 lombrices de inóculo total donde se distribuyeron a razón de 250 lombrices de inóculo por cantero. Previamente se calculó el peso de la biomasa (g). Para medir el efecto de los tipos de alimentación, las densidades de población y el grado de dependencia entre cualquiera de los niveles del factor sustrato respecto a los niveles del factor densidad de población se consideraran las siguientes variables: Peso total de lombrices (g), peso promedio de lombriz (g), número total de lombrices, número total de lombrices en su diferente etapa fisiológica (adultas, juveniles, larvas y huevecillos), pH, conductividad eléctrica (dSm), temperatura (°C), cantidad de lixiviado (L), cantidad de agua utilizada (L).

Peso promedio de lombrices (kg): se determinó considerando los pesos de las lombrices de cada tratamiento, esta medición se realizó previo a la inoculación en el inicio del experimento, las cuales fueron pesadas en una balanza semianalítica con una capacidad de 110 g. y una sensibilidad de 0,0001 g, posterior, al peso total de la 250 lombrices se dividió entre el número de lombrices y así obtener el peso promedio por lombriz.

Número total de lombrices: Al finalizar el ensayo, en cada caja se separaron las lombrices del sustrato manualmente, se consideraron adultas aquellas lombrices rojas con clitelium, jóvenes rosadas sin clitelium, larvas con apariencia blancuzca o transparente y extranjeras aquellas con características diferentes a *E. foetida* (coloración negruzca y actividad saltarina).

Al finalizar el proceso de evaluación de la densidad de población de las lombrices se tomaron muestras aleatoriamente de cada uno de los sustratos para su análisis químico donde los parámetros a analizar fueron: pH (potenciómetro Hanna Instrument), y la solución de CaCl 20.01 M (Aguilar *et al.*, 1987; Norma Oficial

Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002), conductividad eléctrica (CE) se determinó a partir del extracto de saturación en una relación de 1:2 suelo y agua (Aguilar *et al.*, 1987; Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2000, 2002); la cuantificación de CE se realizó con un conductímetro modelo Soul-Bridge, cenizas por método de combustión en mufla a 600 °C por 2 h en material secado a 70 °C y cribado en tamiz No. 2, la materia orgánica (MO) se determinó con el método de Walkley y Black (Jackson, 1964, Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002 y la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002 para macroelementos (Cationes Intercambiables: Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ y K⁺) y micro elementos (Fe, Mn, Zn y Cu) se determinaron mediante el método AS- 12 (NOM-021-RECNAT-2000) y AS-14 (NOM-021-RECNAT-2000), respectivamente.

7.5 Obtención de la harina para el análisis

Se utilizó la biomasa de cada tratamiento para la confección del material harinoso las lombrices se sacrificaron mediante ahogamiento, se lavaron profusamente con agua durante 15 minutos y fueron depositadas en una bandeja con capacidad de 5 L con suficiente agua hasta la evacuación total del bolo alimenticio, posteriormente fueron expuestas a tratamiento térmico (0°C) por 18 horas; al día siguiente se colocaron en bandejas plásticas y se expusieron al sol para su presecado durante ocho horas. Después fueron colocadas en una estufa analógica (YRH 02-3, Kaltein) con ventilación forzada a 60°C por 12 horas. Posteriormente la biomasa fue molida en un crisol y se colocaron en frascos de plástico con su respectiva tapa y se almacenaron a 0°C hasta el momento del análisis, el cual se llevó a cabo en el Laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

7.6 Mediciones analíticas de la harina de lombriz

A la harina por triplicado se le determinó el contenido de proteína cruda. Para esta determinación se utilizó el método Kjeldahl y el cálculo de contenido de cenizas fue efectuado por calcinación a 550 °C durante tres horas (AOAC, 1975).

7.7 Análisis estadístico

A los datos registrados en cada tratamiento (estiércol) y en cada una de las fases del trabajo se les aplicó prueba de normalidad y homogeneidad de las varianzas, luego se realizó análisis de la varianza para un diseño completamente al azar, con el procedimiento para modelos lineales generales de SAS (SAS, 2002), bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta,

μ = Media total,

T_j = Efecto fijo de tratamientos,

ε_{ij} = Error experimental

Se utilizó la comparación de múltiples medias por Tukey. Para determinar diferencias entre tratamientos se usó un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de elaboración de los cuatro tratamientos, se observó que se cumplió con todas las fases de temperatura del compostaje, desde la fase de latencia hasta la fase termófila 3, teniendo esto como consecuencia, la destrucción de larvas, insectos, parásitos y de manera más importante, la destrucción de larvas intestinales y coliformes, esto debido a que se llegó a una temperatura máxima de 70 °C (figuras 1, 2, 3 y 4) valor que asegura que la composta es libre de patógenos (Mirabelli, 2008). Los valores de pH se muestran en la (figura 5). En general para los cuatro tratamientos se mostró un comportamiento donde se disminuyó al inicio del proceso, debido a la formación de ácidos orgánicos durante el proceso de degradación de las fracciones de materia orgánica, posteriormente, el pH aumentó, debido a la degradación de compuestos de naturaleza ácida y a la mineralización de compuestos nitrogenados hasta la forma de amoníaco, esta conducta y la variación durante el proceso de compostaje, permite que el pH sea tomado como parámetro indicativo de la buena evolución del proceso, ya que esta variable es un parámetro que puede condicionar la actividad biológica en la degradación de la materia orgánica y puede seleccionar a las poblaciones microbianas presentes en cada momento (Mondragon-Ancelmo, *et al.*, 2011).

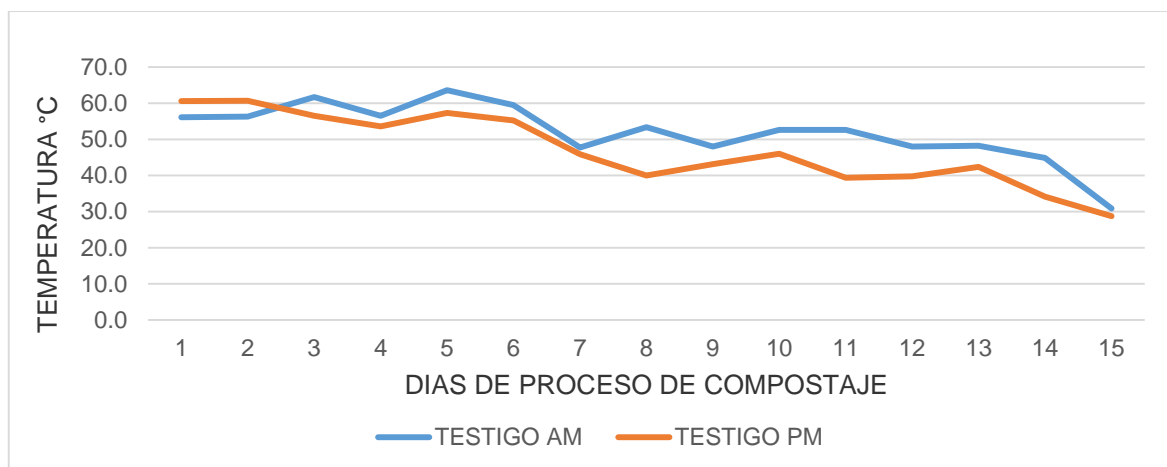


Figura 1. Temperatura promedio durante el proceso de compostaje para el sustrato testigo.

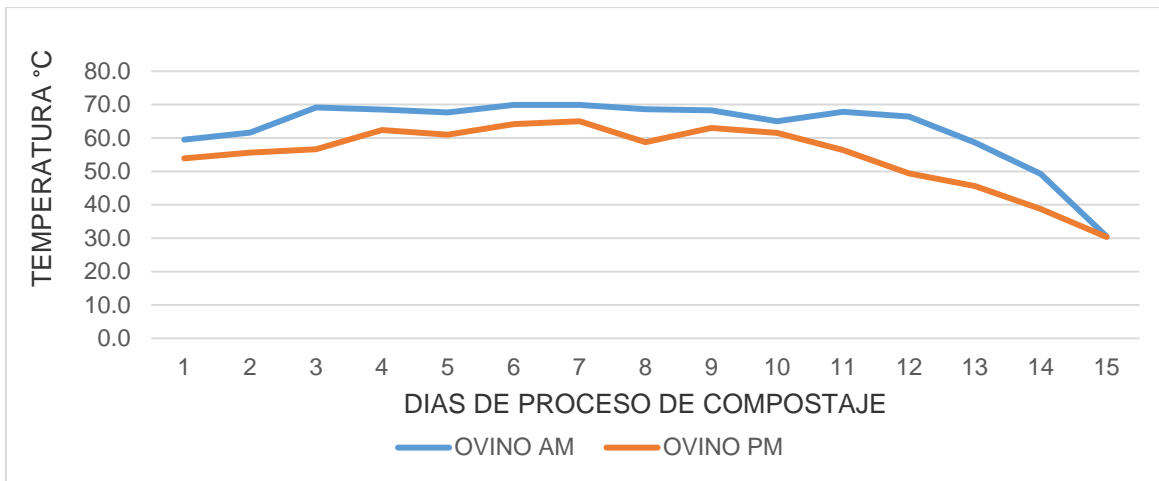


Figura 2. Temperatura promedio durante el proceso de compostaje del sustrato estiércol de ovino

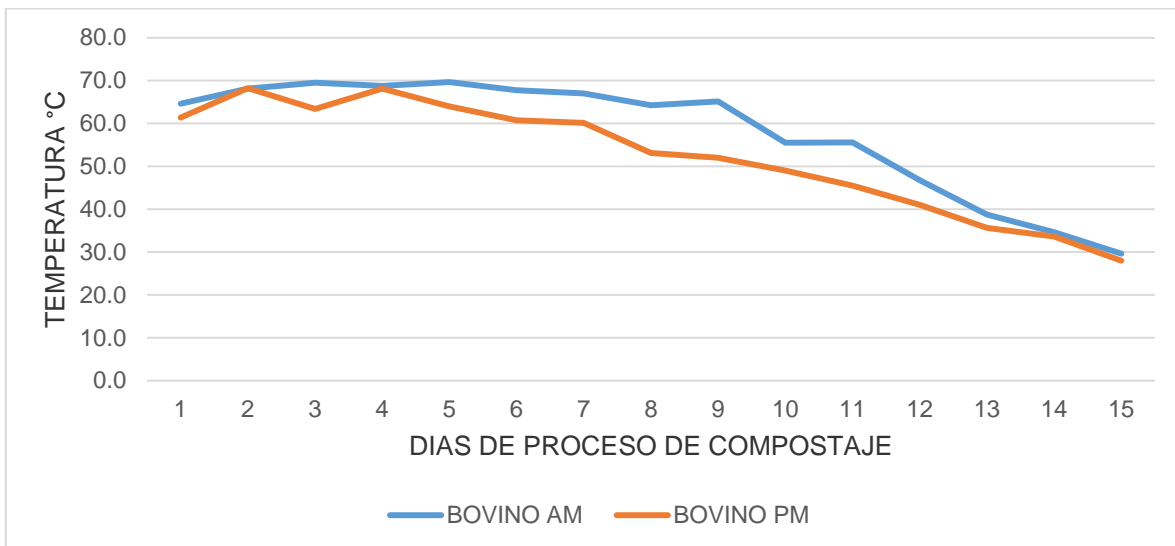


Figura 3. Temperatura promedio durante el proceso de compostaje del sustrato estiércol de bovino

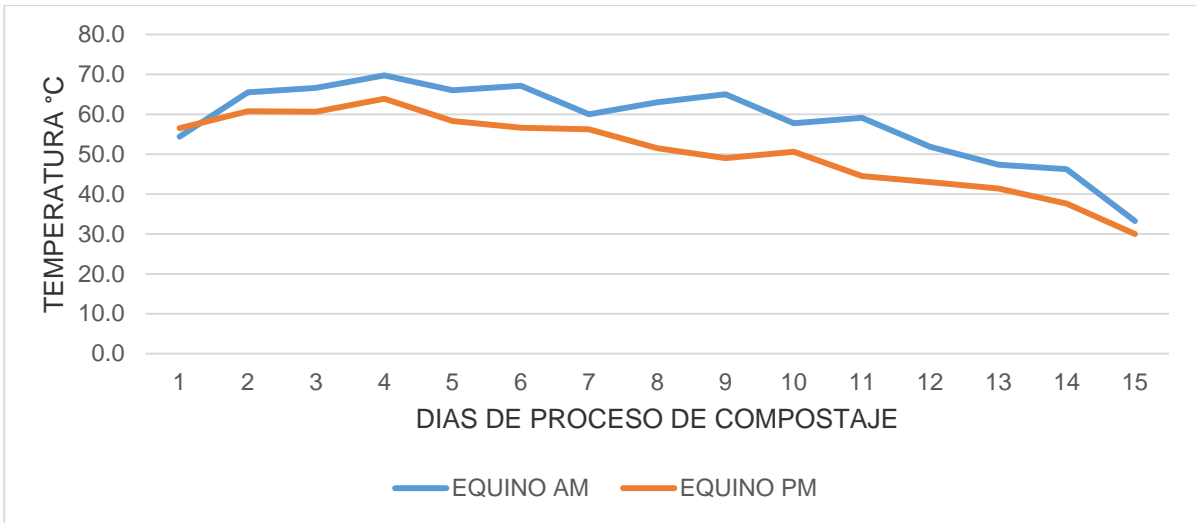


Figura 4. Temperatura promedio durante el proceso de compostaje del sustrato estiércol de equino.

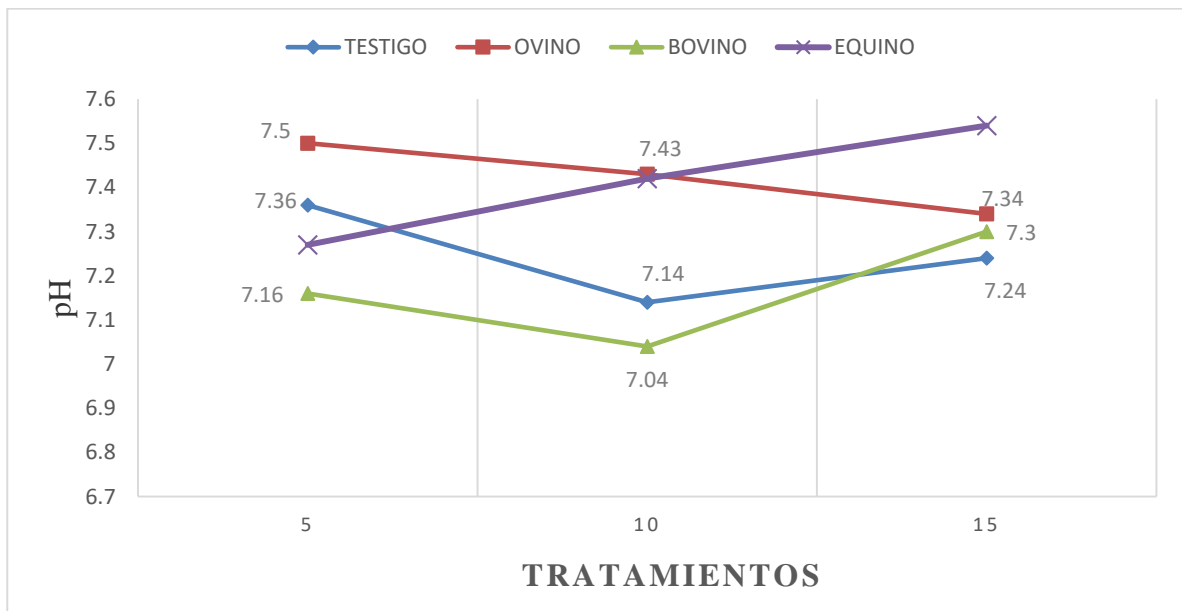


Figura 5. Valores de pH de las diferentes compostas durante el día 5, 10 y 15.

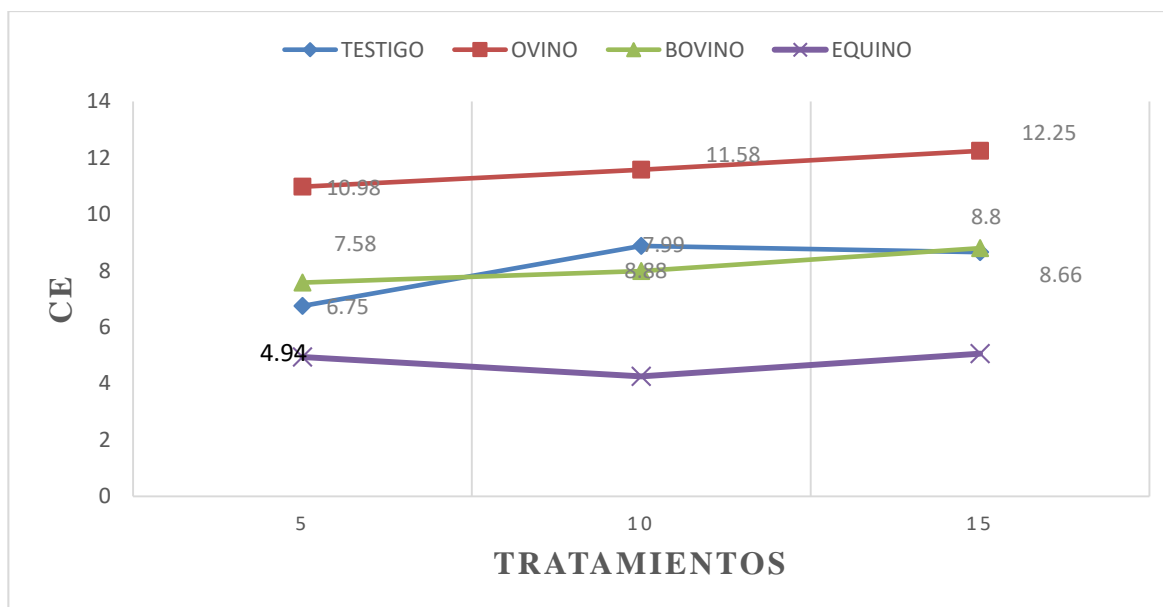


Figura 6. Valores de CE de las diferentes compostas durante el día 5, 10 y 15.

El análisis de las muestras recolectadas en las tres fechas del proceso de compostaje sobre diferentes tipos de excretas de origen animal (ovino, bovino, equino y sin estiércol) demostró la existencia de variaciones en las características químicas de los parámetros evaluados por el tipo de materiales utilizados en su elaboración. En general las bacterias prefieren un pH cercano a la neutralidad con un rango comprendido entre 6-7.5, mientras que los hongos se desarrollan mejor en medio ácido, aunque toleran un margen más amplio de pH (5-8), así, aunque el compostaje puede desarrollarse dentro de un amplio rango de pH (3-11), se consideran como valores óptimos los comprendidos entre 5,5 y 8,0 (Mondragon-Ancelmo, *et al.*, 2011).

La composta tipo de bocashi elaborada con excretas de ovino mostró los mayores contenidos K con (2.74 ppm), Ca (2.14 ppm), Mg (0.59 ppm) y de micronutrientes como Cu (0.36 ppm), Zn (1.72 ppm) y Mn (3.27 ppm). El contenido de N orgánico fue similar entre los tratamientos de ovino y bovino en comparación con el resto de los tratamientos (Cuadro 9).

Con respecto a la variable de materia orgánica (cuadro 10), se observó el mayor contenido en el tratamiento testigo (41 %), seguido de ovino y bovino con un 33.6 % y

por último se encontró 12.17 % para el tratamiento a partir de estiércol de equino, los resultados muestran que no se puede demostrar un efecto positivo sobre la fertilidad del suelo, pero si se puede predecir que a mayor contenido de materia orgánica en la compostas tipo bokashi, se encuentra un mayor contenido de nutrientes, lo cual está relacionado con el tipo de material usado y el proceso de elaboración de la composta (Castillo *et al.*, 1999).

Cuadro 9. Análisis químico de la composta tipo Bocachi a base de diferentes sustratos.

Elementos nutritivos	N	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
Testigo	0.55	1.97	1.80	0.56	0.19	1.21	0.17	0.48	3.18
Ovino	0.91	2.74	2.14	0.59	0.40	0.76	0.36	1.72	3.27
Bovino	0.92	1.38	1.43	0.46	0.50	1.17	0.24	0.76	2.99
Equino	0.48	1.69	1.45	0.45	0.26	0.73	0.35	0.69	2.17

Cuadro 10. Contenido de materia orgánica de las compostas elaboradas a partir de estiércol de diferente especie animal

Tratamientos	Materia orgánica, %
Testigo	41.03
Ovino	34.23
Bovino	33.1
Equino	12.17

Los resultados en el crecimiento de las lombrices se muestran en el (cuadro 11). Se inocularon 250 lombrices en cada tratamiento, con un promedio de peso inicial de 133 g, donde se observó que no hubo diferencia estadística en la cantidad de lombrices adultas, sin embargo, numéricamente, el tratamiento de ovino, mostro un incremento en la cantidad de lombrices recolectadas. De acuerdo al análisis de la prueba de

comparación de medias, en la variable peso de lombriz adulta, se mostró diferencia estadísticamente significativa, destacando el incremento del peso en el tratamiento de ovino en un 44.83 %; este mismo comportamiento se observó para la variable de huevecillos, la mayor cantidad de larvas se registró en el tratamiento de equino.

Cuadro 11. Efecto de la interacción del sustrato en la densidad poblacional de la *Eisenia foetida*.

Variables	Tratamientos				EEM	Valor de P
	Testigo	Ovino	Bovino	Equino		
Lombriz inicial	250	250	250	250		
Peso lombriz inicial (g)	131.50 ^a	125.75 ^a	140.25 ^a	134.50 ^a	0.55	0.79
Lombriz adulta	183.50 ^a	234.50 ^a	189.75 ^a	163.50 ^a	0.86	0.17
Peso lombriz adulta (g)	73.43 ^b	136.79 ^a	87.20 ^b	65.79 ^b	0.71	<0.01
Juveniles	27.50 ^a	18.50 ^a	70.75 ^a	52.00 ^a	0.83	0.33
Larvas	424.0 ^{ab}	145.0 ^b	37.0 ^b	1033.5 ^a	2.93	0.02
Huevecillos	1296.3 ^{ab}	1663.0 ^a	627.5 ^b	1235.8 ^{ab}	2.94	0.04

(a,b) medias con letras no comunes en el mismo renglón muestran diferencia significativa Valor de P<0.05

Cuadro 12. Análisis químicos de lombricomposta a base de diferentes sustratos (ppm).

Concepto	Tratamientos				EEM	Valor de P
	Testigo	Ovino	Bovino	Equino		
K	1637 ^b	2562 ^a	2030 ^{ab}	1895 ^{ab}	2.84	0.05

P	53 ^a	45.1 ^{ab}	49.2 ^{ab}	28.4 ^b	0.47	0.04
Ca	62 625 ^a	101 202 ^{ab}	105 711 ^{abc}	79 659 ^{abc}	17.74	0.01
Mg	1147 ^a	1892 ^a	1745 ^a	1558 ^a	2.94	0.27
Na	748 ^a	1045 ^a	15 ^a	825 ^a	6.78	0.10
Cu	22.67 ^b	81.62 ^a	64.37 ^{ab}	38.38 ^{ab}	0.72	0.04
Fe	907 ^b	3 265 ^a	2 575 ^{ab}	1 535 ^{ab}	4.57	0.04
Mn	19 ^a	38 ^a	42 ^a	22 ^a	0.50	0.07
Zn	784 ^a	796 ^a	84 ^a	92 ^a	3.06	0.15

(a,b) medias con letras no comunes en la misma columna muestran diferencia significativa Valor de P<0.05

Ppm partes por millón

Cuadro 13. Porcentaje de proteína cruda en harina de lombriz *Eisenia foetida*

Tratamientos	Testigo	Ovino	Bovino	Equino	EEM	Valor de P
PC,%	36.786 ^b	46.851 ^a	47.523 ^a	39.891 ^{ab}	0.168	0.01

%PC porcentaje de proteína cruda

(a,b) medias con letras no comunes en la misma columna muestran diferencia significativa Valor de P<0.05

Respecto al análisis bromatológico de la harina de lombriz utilizada en este experimento (Cuadro 12) las harinas obtenidas con el sustrato, Ovino y Bovino presentaron concentraciones significativamente superiores a los sustratos Testigo y Equino, con respecto al resto (P<0.5). Al analizar los resultados de la composición química de la harina de lombriz según los sustratos alimenticios, en todos los casos los niveles de PC fueron ligeramente menores a las informadas por algunos autores en la cría de *Eisenia foetida*. (García *et al.*, 2007) (56%), (Medina *et al.*, 2003) (61.8%), (Gonzalvo *et al.*, 2001) (88.7%). No obstante, la concentración proteica en estos anélidos puede variar con el tipo de alimento suministrado durante el periodo experimental, el nivel de nitrógeno en la dieta, la frecuencia de consumo y la cantidad de éste que sea asimilado por la lombriz(Vielma *et al.*,2003).

IX. CONCLUSIONES

Los sustratos utilizados en la alimentación de *Eisenia foetida*, en sentido general, produjeron cambios sustanciales en la calidad de las harinas en términos de la

composición bromatológica y las diferentes concentraciones de elementos nutritivos obtenidos en las lombricomostas comparados con las compostas, se encuentran condicionados por las características de cada fuente de alimento y la asimilación de estos por parte de las lombrices.

X. LITERATURA CITADA

AcademicPress. Orlando, Florida, USA. 423. 1985.

Aranda, E.; Barois, I.; Arellano, P.; Irisson, S.; Salazar, T.; Rodriguez, J.; Patron, J..In: Lavelle, P.; Brussaard, L.; Hendrix, 1999P. Eds. Earthworm management in tropical agroecosystems. CABI Publishing. London, UK. CABI Publishing.

Association of OfficialAnalyticalChem- ists. AOAC. OfficialMethods of Analysis. 15th Ed. Vol. II EditedByKennetHelrich. Washington, DC. 777-881 pp. 1990.

Bollo E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito. SobocGrafic. 149 p.

Bravo, A. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz Roja Californiana (Eiseniafoetida). Facultad de humanidades. Universidad de Yacambu. <http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/index.html> Investigado el 14 de octubre de 2005. 1996.

Cadavid, J. Manual de la granja integral. Biblioteca del campo. Tercera edición. Disloque editores I: 95p.1995.

Callaway T. R., M. A. Carr, T. S. Edrington, R. C. Anderson, and D. J. Nisbet. 2009. Review. Diet, Escherichiacoli O157:H7, and Cattle. Mol. Biol. 11:67-80.

Capistrán, F., E. Aranda, and J.C. Romero. 1999. Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. 3ª Edición. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver. México. 151 p.

Castillo, A. E., Vasquez, S., Subosky, M. J., Rodríguez, S. C., Sogari, N. 1999. Disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos abonados con lombricompuesto. Información Tecnológica. 10: 179-182.

CONOVER, W.J. Statistics of theKolmogorov-Smirnovtype. PracticalNonparametricStatistics. 3rd Ed. John Wiley and Son Editions Inc. New York, USA. 428-473 pp. 1999

Cruz-Lázaro, E., R. Osorio-Osorio, E. Martínez-Moreno, A. J. Lozano del Río, A. Gómez-Vázquez y R. Sánchez-Hernández. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363- 368.

CTNNPAP. 2007. Humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba. Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios (CTNNPAP). México. NMX-FF-109SCFI-2007. p. 1-29. Disponible: http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/comp/it/normas/noti/PROY_NMX_HUMUS_24072007_DGN.pdf.

Daniel, W. 2013. *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. 4ta. Ed. Limusa, México D. F

Díaz D, y Torres, D. Efecto de la inclusión de la harina de lombriz en la dieta de las tres primeras semanas de vida sobre el comportamiento productivo de la codorniz para engorde. XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Maracay - Venezuela. 10p. 2004.

Dungan, R. S. 2010. Review. Fate and transport of bioaerosol associated with livestock operations and manures. *J. Anim. Sci.* 88:3693-3706.

Edwards, C. A. 1998. *Earthworm ecology*. CRC/Lewis Press, Boca Raton. Edwards, C. A., P. J. Bohlen, D. R. Linden & S. Subler. 1995. Earthworms in agroecosystems. In: P. F. Hendrix (Ed.). Pp. 185-213. *Earthworm ecology and biogeography in North America*. CRC Press, Boca Raton. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Las Brujas, Canelones, Uruguay.

Escovino, C. Transformado Bosta en bolívaes. *Rev. Venezuela Avícola* 14 (28): 24 – 26. 1999.

Félix-Herrán, J. A., R. Martínez Ruiz, H. S. Azpiroz Rivero, R. Serrato Flores, A. D. Armenta Bojorquez, G. Rodríguez Quiroz y V. Olalde Portugal. 2010. Propiedades físico-químicas y orgánicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica en el libro Biotecnología aplicada a recursos forestales. Libro técnico: Serie forestal, ISBN: 875-935-543-2, pp. 275-290, editado por la Universidad Autónoma Indígena de México Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

Ferruzi C. 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.

Ferruzzi, C.1987. Manual de lombricultura. Editorial Mundi Prensa. Madrid-Castelo 37. Madrid, España. 138p.

Ferruzzi. C. Manual de lombricultura. Trad. De la 1ª ed. Italiana por C. Buxade (2ª Reimpresión de la 1ª edición Española) Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España. 138pp.1994.

Flores, M.T. y Alvira, P. 1988. La lombriz de tierra (*E. foetidasav* y *L.RubellusHoff*), Biología y usos mas importantes. Anales de Edafología y Agrobiología 7(78): 771-784.

Flores, M.T.; Alvira, P.1987. Composición químico-bromatológica y proporción de aminoácidos de la harina de la lombriz de tierra (*E. foetidaSav.* Y *L. rubellusHoff.*). An. Edof. Agrobiol., 785-798.

Flores, M.T.; Alvira, P.1988. Theearthworm (*E. foetidaSav.* and *L. rubellusHoff.*). Biology and uses. An. Edof. Agrobiol., 771-778.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2012. Técnicas del compostaje.

Fraga, M.J. Alimentación de los animales monogátricos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 283pp. 1985.

Francisco Sales Dávila 1996. Harina de lombriz, alternativa proteica entrópico y tipos de alimento folia amazónica vol. 8(2)-1996 IIAP 77

Fuentes, J.1982. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Colombia. Hojas divulgadoras No-1/87 HD.

Galvis, A.1991. Un auténtico reciclaje natural. La lombricultura. Caja Agraria.Dpto. Risararlda. Pereira, Colombia, 4p.

Gary Tsai, Lérica Borges, Pierina Petrosino, Ana Luisa Medina, José Angel Cova, Guillermo Bianchi Efectos del uso de harina de lombriz Eiseniaspp. sobre la respuesta inmune humoral específica y presencia de lesiones intestinales en ratones Revista Científica, vol. XXI, núm. 4, julio-agosto, 2011, pp. 298-304, Universidad del Zulia Venezuela.

Gheisari, S., S. Danesh and S. M. Mousavi. 2010. Growth and Reproduction of Eisenia fetida in Vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. Asian Journal of Chemistry 22(2):1266-1274.

Gómez Tovar, L., Gómez Cruz, M.A y SchwenteSius, R., Hortalizas orgánicas. Revista de Riego. 13, 8-13, 2000.

Gómez-Tovar L, Gómez-Cruz MA, Schwentesius- Rindermann R (2003). La agricultura orgánica en México. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en México, Edición CUESTAAMAUNA, UACH. Texcoco: 91-108 pp.

Guadarrama R. O. y Taboada S. M. 2004. La Lombricultura, una Propuesta al Medio Rural. Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Guadalajara, Jal. Méx.

Guadarrama R. O. y Taboada S. M. 2004. La Lombricultura, una Propuesta al Medio Rural. Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Guadalajara, Jal. Méx.

Haji, A.M.A.Comercialstrategyforefficientproduction of Japonesequails. WorldPoultry-Misset 10(5): 24-27.1994.

Hatti, S. S., R. L. Londonkar, S. B. Patil, A. K. Gangawane, C. S. Patil. 2010. Effect of Eisenia foetida vermiwash on the growth of plants. Journal of Crop Science 1(1) pp. 6-10

Hernández, J.A.; Rincón, M.L.; Jiménez, R.1997. Comportamiento de la lombriz roja (E. foetida) baja condiciones de clima cálido. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 14: 387-392.

Hutchison, M.L. Walters, L.D. Avery, S.M., Munro, F. and Moore, A. (2005).Analysesoflivestockproduction, wastestorage, and pathogenlevels and prevalence in farmmanures.Applied and EnvironmentalMicrobiology 71, 1231–1236.

Jongmans, A.G., M. M. Pulleman, M. Balabane, F. van Oort& J. C. Y. Marinissen.2003.Soil structure and characteristics of organic matter in two orchards differing in earthworm activity.Applied Soil Ecology. 24: 219-232.

Kaimowitz, D.; Trigo, E y Flores, R. Hacia una estrategia para un desarrollo agropecuario sostenido. II Taller internacional de sistemas agropecuarios sostenibles y desarrollo rural para el trópico. Centro para la investigación en

sistemas sostenibles de producción agropecuario (CIPAV). Cali Colombia. 35-56 p. 1991.

KAPS, M; LAMBERSON, W Repeated Measures. Biostatistics for Animal Science. CABI Publishing. London, UK. 365-383 pp. 2004.

Katherine Curi Quinto. 2006. Determinación biológica de la calidad proteica de la harina de lombriz. Tesis para obtener título de licenciada en nutrición. Lima-Perú.

Lara, I; 2001 "consolidación de una granja coturnicola en la finca el RETO" trabajo de grado de Técnico Superior Pecuario; NURR Universidad de los Andes – Trujillo

Lazcano, C., Gómez-Brandón, M. and Domínguez, J. (2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*, 72, 1013-1019.

Lee, K.I. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use.

León, A.; Angulo, I. y Vilariño, M. Estrategias alimenticias para las aves en Venezuela. VI Congreso Nacional de Avicultura. Editores: Colina de Portal, Rafael Fernández. 190-208p. 1996.

López A. 1994. El biocompostaje de los residuos agroindustriales y el mejoramiento de la agricultura. *Biocenosis* 11(1):2125.

Martínez C. 1996. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. A. Carballo; S. Bravo (eds). Texcoco, MX. 140 p.

Martínez C.C. 1996. Potencial de la Lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo. *Lombricultura técnica mexicana*. México. 146p.

Martinez C.C. 2003. Abonos Orgánicos: Origen, Usos y Aplicación. Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno del Estado de Chiapas. Dirección de Promoción Social. Chiapas México.

Moitalta, P. Potencialidad de la carne de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la fabricación de alimentos para animales domésticos. 3er Congreso de Ciencias Veterinarias "Eduardo Mendoza Goiticoa" Maracay- Venezuela. 110-113p (Memorias).1996.

Mondragon – A. J., Rojas- Sandoval L. A., Juarez- Caratachea A., Gutierrez- Vazquez E., 2011., La lombricultura en la producción agropecuaria y en el ambiente. pp. 14-113.

Montilla, JJ. Agricultura y desarrollo humano en Venezuela. Un plan para el nuevo siglo. 1era edición. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) 255 pp. 1999.

National Research Council. Nutrient requirements of Ring-Necked Pheasants, Japanese Quail, and Bobwhite Quail. In: Nutrient requirements of poultry: 9th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC. 44-45 pp. 1994.

Neber Franquíl Martínez Rodríguez y Sarquiz Ernesto Abaunza Mejía 2004. Producción y comercialización de productos obtenidos del vermicultivo san bernardo de la ciudad de Duitama. Universidad nacional abierta y a distancia unadcead duitama facultad de ciencias agrarias tecnología en producción animal.

NMX-FF-109-SCFI-2008. "Humus de lombriz (lombricomposta)-Especificaciones y métodos de prueba".

- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Pattnaik, S. y Reddy, M.V. 2009. Vermi-composting of Municipal (Organic) Solid Waste and its implications. In: Singh, S.M. (Ed.), Earthworm ecology and environment. International Book Distributing Co., Lucknow, India, pp. 119-113.
- Pérez, L. 1999. La producción de lombrices: Alternativa alimenticia del futuro. Reportaje del periódico Impulso. C8. Barquisimeto –Venezuela. 25/05/1999.
- Pramanik, P., and Chung Y. R. 2010. Efficacy of vermicomposting for recycling organic portion of hospital wastes using *Eisenia fetida*: standardization of cow manure proportion to increase enzymatic activities and fungal biomass. Earth and Environmental Science The Environmentalist 30(3):267-272.
- Recalde, 2008. L. Proyecto: Lombrices Californianas (*Eisenia foetida*). <http://www.getiopolis.com>, Acceso: el 30 de Mayo de 2014
- Recalde, 2008. L. Proyecto: Lombrices Californianas (*Eisenia foetida*). <http://www.getiopolis.com> Investigado el 30 de Mayo de 2008. 8p
- Salazar, E.; Rojas, C.1992. Conferencia curso fundamental de lombricultura. Aspectos generales. Teoría. Asociación Colombiana de Lombricultores. Asolombríz. 8p.
- SAS Inc. 2002. The SAS System for Windows 9.0. Cary, NC, USA.
- Sause, J. Pavos, Pintadas y Codornices. Ediciones marzo 80. 1era edición. Barcelona España. 95 pp.1982.

SCHEAFFER, R.L.; MENDENHALL, W.; OTT, L. Muestreo irrestricto aleatorio. En: Elementos de Muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F. 39-76 pp. 1987.

Schindler-Wessells, M. L., P. J. Bohlen, D. A. McCartney, S. Subler & C. A. Edwards. 1996. Earthworm effects on soil respiration in corn agroecosystems receiving different nitrogen inputs. *Soil Biology and Biochemistry*. 29: 409-412.

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. México, D.F. 17 pp. 1995.

Spain, A V., P. Lavelle & A. Mariotti. 1992. Stimulation of plant growth by tropical earthworms. *Soil*

Statistical Analysis System Institute (SAS). User's Guide Statistics. Cary, North Carolina, EUA. 646 pp. (Version 8,1). 2001

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Análisis de la varianza II. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da Ed. Editorial McGraw Hill. México. 188-230 pp. 1986.

Técnicas del compostaje. FAO 2012.

Teresa de Jesus Heras Sierra 2013. Influencia de la adición de taninos en la presencia de *Escherichia Coli*, en la heces de bovinos en engorda.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. (2002). Tiquia et al., 2002; Pérez-Piqueres et al., 2006). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671-677.

TRUJILLO, F.V. Cuadrado de Pearson. Métodos matemáticos en la nutrición animal. Editorial McGraw-Hill. México. 21-32 pp. 1987.

- Velásquez, L.; Delgado, M.J.; Herrera, C.; Ibáñez, I. 1985. Estudio preliminar de la utilización de harina de lombriz (*Eisenia Foetida*) en nutrición de broilers. Universidad Católica de Chile, pag 12.
- Velásquez, L.; Delgado, M.J.; Herrera, C.; Ibáñez, I. 2010. Estudio preliminar de la utilización de harina de lombriz (*Eisenia foetida*) en nutrición de broilers. Univ. Católica de Chile, 12p.
- Vielma Rondón et al., 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA) Universidad de Los Andes. Mérida 2P 5101. República Bolivariana de Venezuela. E-mail: rosavvefr@yahoo.com.
- Vielma, R.; Ovalles, J.; León A. y Medina, A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con O-ftalaldehído (OPA). *Ars Pharmaceutica* 44 (1): 43 – 58.
- Vielma-Rondón, R.; Carrera, P.; Rondón, C.; Medina A. 2001. Contenido de minerales y elementos traza en harina de lombriz californiana *Eisenia foetida*. LI Convención. Anual de ASOVAC. Universidad del Táchira Venezuela.
- Weinberg, Z., Y. Chen, P. Khanal, R. Pinto, V. Zakin and S. Sela 2011. The effect of cattle manure cultivation on moisture content and survival of *Escherichia Coli*. *J. Anim. Sci.* 89:874-881.

