

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Comportamiento reproductivo de *Eisenia fetida*
durante el ciclo otoño-invierno en diferentes
estiércoles**

POR:

DAVID SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2009

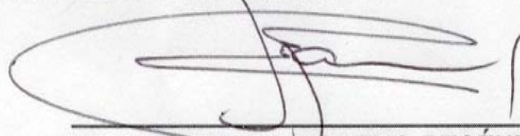
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

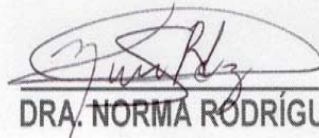
Comportamiento reproductivo de *Eisenia fetida* durante el ciclo otoño-invierno en diferentes estiércoles

REVISADO POR EL COMITÉ ASESOR



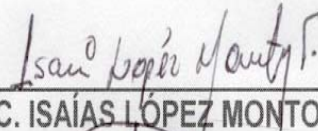
ASESOR PRINCIPAL

DR. ALEJANDRO MORENO-RESÉNDEZ



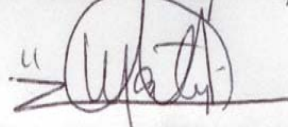
ASESOR

DRA. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS



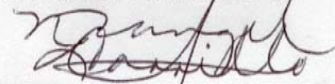
ASESOR

MC. ISAIAS LÓPEZ MONTOYA



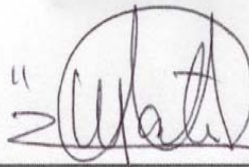
ASESOR

ME. VICTOR MARTINEZ CUETO



ASESOR

QFB. NORMA LIDYA RANGEL CARRILLO



ME. Víctor Martínez Cueto

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
DICIEMBRE DEL 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

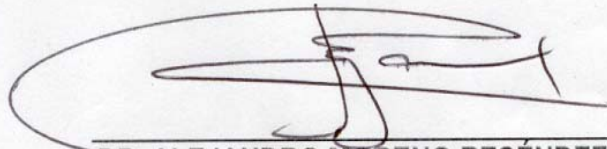
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

APROBADO POR EL JURADO



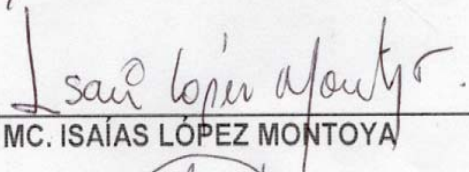
PRESIDENTE

DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ



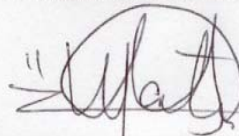
VOCAL

DRA. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS



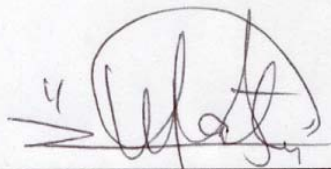
VOCAL

MC. ISAÍAS LÓPEZ MONTOYA



VOCAL

ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



ME. Víctor Martínez Cueto

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2009

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por darme la fuerza en los momentos difíciles y por haberme permitido llegar a este momento. Gracias señor en ti, por ti y contigo a esta instancia de mi vida.

A la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO- UNIDAD LAGUNA**, por abrirme sus puertas y facilidades brindadas a lo largo de mi carrera y sobre todo por permitirme realizarme como profesionista.

De manera muy especial y con mucho respeto al **DR. ALEJANDRO MORENO REZÉNDEZ**, por todo el apoyo y paciencia que me brindo para la realización de este trabajo de investigación y sobre todo por sus consejos y conocimientos que he adquirido de el.

A MIS ASESORES: DRA. Norma Rodríguez Dimas, QFB. Norma Lydia Rangel Carrillo, MC. Isaías López Montoya y ME. Víctor Martínez Cueto. Quienes me apoyaron y colaboraron para la realización del presente trabajo.

A todo el personal que conforma el **DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**, por haberme brindado los conocimientos durante mi formación profesional. Para todos ellos mi respeto y admiración.

A mis todos mis compañeros de Grupo, en especial a Elvia Carreón Saldivar, Celia Xalpa Rangel, Gilberto Epitafio Vázquez y a un gran amigo el cual ya ha partido hacia el cielo que desde aya nos esta cuidando "**JOSE IVAN BASTARRACHEZ FONSECA**".

DEDICATORIA

A MIS PADRES

SIMEON SÁNCHEZ CASTAÑEDA Y MA. DEL PILAR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

A ustedes por darme la vida y que desde niño siempre me inculcaron el camino del bien. Que con su apoyo incondicional puedo compartir con ustedes este gran sueño que hoy se ve realizado. Gracias por el amor y cariño, que me han brindado a lo largo de mi vida, y sobre todo por confiar en mí y por darme fuerzas para seguir adelante. **LOS QUIERO MUCHO.**

A mis **HERMANOS JUAN PABLO, JOSE GUADALUPE, MANUEL, ANTONIO Y ANA GABRIELA** por todo el apoyo incondicional, por los buenos y malos momentos que hemos compartido juntos, por sus consejos, por ser ejemplo a seguir, por su franqueza y lo mas importante por creer en mi, **LOS QUIERO MUCHO.**

A mis **TIAS**, En especial a mi **MADRE MAGO** y mi **TIA FLOR**, por darnos tanto cariño y siempre recibirnos con los brazos abiertos mil gracias, **LAS QUIERO MUCHO.**

A mis **CUÑADAS LUPITA, IVET, ESTHER**, a ustedes también les doy las gracias por formar parte de mi familia, por escucharme y apoyarme en los momentos difíciles.

A mis **SOBRINOS (A)** Samuel, Ximena y todos los que vendrán por haber llenado de esperanza, cariño y sonrisa mi vida. Espero que algún día lean estas líneas. **LOS QUIERO MUCHO.**

A la Familia **NAJERA QUIÑONES** (Don Lupe, Doña Meche, Omar, Iván, Lupita y Juan) por abrirme las puertas de su casa cuando mas lo necesite, gracias por hacerme sentir como en casa, siempre los recordare mil **GRASIAS.**

A mis **AMIGOS** Daniel Carpio Hernández, Gustavo Acosta Paredes y Miguel Ángel Hinojosa Rodríguez, Banda López Oscar Fabián y Joaquín Pérez Canchola Que dios los bendiga y les deseo todo el éxito como profesionistas.

INDICE GENERAL

	PÁGINAS
Agradecimientos	I
Dedicatoria	II
Índice general	IV
Índice de cuadros	VI
Índice de figura	VII
Resumen	VIII
I.- INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	2
1.3 Metas	3
II.- REVICION DE LITERATURA	4
2.1 Estiércoles y sus Características	4
2.2 Características particulares de los estiércoles y calidad para las Lombrices	5
2.3 Producción nacional y local de estiércoles	6
2.4 El estiércol y sus aplicaciones	7
2.5 Lombricultura	8
2.6 Principales especies empleadas en la lombricultura e Importancia	9
2.7 Historial de la lombriz <i>Eisenia fetida</i>	10
2.8 Clasificación taxonómica de la lombriz <i>Eisenia fetida</i>	11
2.9 Características Anatómicas, Morfológicas y Reproductivas de <i>E. Fetida</i>	11
2.9.1 Anatomía	11
2.9.2 Morfología	13
2.9.3 Reproducción y Ciclo Biológico	13
2.10 Condiciones ambientales para el desarrollo de <i>Eisenia fetida</i>	14
2.11 Usos principales de la lombriz <i>Eisenia fetida</i>	16
2.12 Papel de las lombrices en el vermicomposteo	17
2.13 Calidad del humus de las lombrices	18
2.13.1 Características químicas del humus de lombriz	19
2.14 Sustratos	20
III.- MATERIALES Y METODOS	22
3.1 Localización Geográfica de la Comarca Lagunera	22
3.2 Localización del Experimento	22
3.3 Condiciones del lugar del Experimento	22
3.4 Materias Primas y Organismos Utilizados	22
3.4.1 Estiércoles	23

3.4.2 Lombriz	23
3.5 Unidades Experimentales	23
3.6 Sustratos	24
3.7 Desarrollo del experimento	24
3.7.1 Precomposteo	24
3.7.2 Muestras de los Tratamientos	25
3.7.3 Riegos	25
3.7.4 Aireación de los Tratamientos	25
3.7.5 Registro de temperatura	25
3.8 Métodos Utilizados Para los Análisis Químicos de los Tratamientos.	26
3.8.1 Ph	26
3.8.2 Conductividad Eléctrica	26
3.8.3 Materia Orgánica	27
3.8.4 Nitrógeno	27
3.8.5 Fósforo	28
3.8.6 Ácidos Húmicos y Fúlvicos	29
3.9 Diseño experimental	31
 IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 32
4.1 Dinámica de la temperatura en los Sustratos Vermicomposteados	32
4.2 Dinámica del pH en los Sustratos Vermicomposteados	33
4.3 Dinámica de la Conductividad Eléctrica en los sustratos Vermicomposteados	34
4.4 Conteo Final de <i>Eisenia fetida</i> en los sustratos Vermicomposteados	36
4.5 Conteo Final de Cocones en los sustratos vermicomposteados	37
4.6 Nitrógeno total	39
4.7 Fósforo	40
4.8 Potasio	41
4.9 Materia Orgánica	42
4.10 Ácidos Húmicos	43
4.11 Ácidos Fúlvicos	44
 V.- CONCLUSIONES	 45
 VI.- BIBLIOGRAFIA	 46
 VII.-APENDICE	 56

INDICE DE CUADROS

Cuadros

2.1	Composición del estiércol en diferentes especies de ganado	6
3.1	Composición de los Sustratos Vermicomposteados con lombriz <i>E. fetida</i>	24
4.1	Ecuaciones de Regresión lineal del Comportamiento de la Variable Temperatura	33
4.2	Ecuaciones cuadraticas del Comportamiento de la Variable Ph	34
4.3	Ecuaciones Cuadraticas del Comportamiento de la Variable C.E.	35
4.4	Comparación de medias de los tratamientos con prueba de DMS (5%) para la variable de lombrices finales.	37
4.5	Comparación de medias de los tratamientos con prueba de DMS (5%) para la variable número de cocones	39
4.6	Contenido de Nitrógeno total en los sustratos.	39
4.7	Concentración de Fósforo en los sustratos	41
4.8	Concentración de potasio en los sustratos	42
4.9	Concentración de Materia Orgánica en los sustratos	43
4.10	Concentración de Ácidos Húmicos en los sustratos	43
4.11	Concentración de Ácidos Fúlvicos en los sustratos	44

INDICE DE FIGURAS

Figuras

4.1	Cambios de Temperatura Durante el Composteo de los Materiales Utilizados Como Medio de Crecimiento Para la Reproducción de la Lombriz <i>Eisenia fetida</i> .	32
4.2	Comportamiento del pH Durante el Vermicomposteo con <i>E.fetida</i>	33
4.3	Comportamiento de la C.E durante el Vermicomposteo con <i>E. fetida</i>	35
4.4	Conteo Final de poblaciones de <i>E. fetida</i> en los sustratos Vermicomposteados	36
4.5	Conteo Final de Cocones de <i>E. fetida</i> en los Sustratos Vermicomposteados	38

RESUMEN

La creciente demanda de alimentos ha establecido como alternativa un manejo sustentable de los sistemas de producción, promoviendo prácticas que preserven los recursos naturales y la biodiversidad y que permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario. Los desechos son un gran problema que lleva mucho tiempo afectando a las grandes ciudades debido a los enormes volúmenes que se producen.

Actualmente en el sector rural también se generan una gran cantidad de residuos, de estiércol del ganado estabulado. Una alternativa para el tratamiento de estos residuos sería la utilización de sistemas biológicos. Como la crianza de lombrices (lombricultura) para estabilizar diferentes residuos orgánicos a través del vermicomposteo. El vermicomposteo consiste en aprovechar la capacidad de adaptación y reproducción de organismos como las lombrices *Eisenia foetida*, ya que aceleran la descomposición de residuos orgánicos como los estiércoles.

El presente trabajo se evaluó en las instalaciones de la UAAAA-UL la técnica de vermicomposteo para la producción de sustratos de diferentes estiércoles así como la reproducción de la lombriz epigea *Eisenia fetida* y el comportamiento de las propiedades químicas (pH, Conductividad Eléctrica, Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Ácidos húmicos y fúlvicos de los sustratos vermicomposteados con la lombriz *Eisenia fetida* en los tres diferentes estiércoles los cuales fueron inoculados cada uno con 25 lombrices *Eisenia fetida* por tratamiento con el clitelo ligeramente desarrollado. Los tratamientos fueron regados con agua de la llave y mezclados cada tercer día, se realizaron muestreos a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 días para determinar pH, Conductividad Eléctrica y para Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Ácidos húmicos y fúlvicos. Se hizo un muestreo a los 0 y 90 días.

Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza y de regresión, ajustándose con ecuaciones cuadráticas. El tratamiento 2 presentó los valores más bajos en las características químicas en comparación con el T1 y T3. Sobresaliendo el T1 en fósforo, potasio y ácidos fúlvicos, mientras que el T3 tuvo valores más altos en nitrógeno, materia orgánica y ácidos húmicos. En el pH se mantuvo alrededor de la neutralidad en los tres tratamientos, esto permite resaltar el papel estabilizador de la lombriz, aumento de la materia orgánica por parte de la lombriz y reducción de la CE. En lo que se refiere a temperatura disminuyó de 29, 28.3, y 30 °C a 13°C en los tres tratamientos respectivamente. En cuanto a la adaptación y sobrevivencia el 100 % de las lombrices en los tres tratamientos sobrevivieron y tuvieron un aumento considerable aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa, cabe resaltar al estiércol equino con mayor número de lombrices así como de cocones. Al término del vermicomposteo, se reflejó en las características físicas del material original dados los cambios en la estructura y color, además los olores fétidos de los estiércoles fueron eliminados.

Palabras clave: lombriz de tierra, *Eisenia fetida*, reproducción, substratos orgánicos, estiércoles.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos ha establecido como alternativa un manejo sustentable de los sistemas de producción, promoviendo prácticas que preserven los recursos naturales y la biodiversidad, que permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario (Porter, 2000). El hombre aparentemente no se ha dado o no quiere darse cuenta de que el camino que está siguiendo, lo lleva a la destrucción del medio que lo rodea; que los recursos energéticos no renovables de los que dispone se van agotando y que los sistemas que enmarcan su vida destruyen el planeta día a día en forma inmisericorde (Bravo-Varas, 2006).

La SAGARPA (2008) establece que los desechos son un gran problema que lleva mucho tiempo afectando a las grandes ciudades debido a los enormes volúmenes que se producen, en la actualidad dentro del sector rural se está presentando este problema sobre todo por las formas de producción intensiva que generan una gran cantidad de residuos, como ejemplo se tiene la cantidad de estiércol del ganado estabulado.

En la naturaleza se ha encontrado la respuesta a muchos problemas de contaminación orgánica y es justamente allí donde nace la lombricultura como una alternativa y una respuesta simple, racional y económica a este problema. Hoy en día, la lombricultura es una Biotecnología que utiliza a las lombrices de tierra, algunas de ellas domesticadas, como una herramienta de trabajo; éstas reciclan diversos residuos orgánicos y generan como fruto de su trabajo el humus de lombriz (SAGARPA, 2008).

Las lombrices de tierra desempeñan un importante papel en la ecología del suelo. Al ser removido y aireado, por la acción de éstas, el suelo se vuelve más fértil (Moreno-Reséndez, 2005). Dentro de este contexto, la lombricultura aporta una interesante iniciativa destinada a regenerar y abonar las tierras en forma natural y económica (Luévano y Gálves, 2001).

Los excrementos de las lombrices contienen cinco veces más nitrógeno, siete veces más fósforo, cinco veces más potasio y dos veces más calcio que el material orgánico que ingirieron por estas razones el “lombricompost”, también conocido como vermicompost (VC) ofrece una excelente alternativa para la conservación de los terrenos agrícolas, ya que a éstos se les puede incorporar los residuos orgánicos que se producen en una finca, una vez que han sido previamente vermicomposteados. Además de que esta práctica ayuda a reducir la utilización fertilizantes sintéticos que contaminan los suelos, los cuerpos de agua y el ambiente en general (Pastorelly, s/f).

En este trabajo de investigación se evaluó la calidad del vermicompost generado a partir de diferentes estiércoles, así como la adaptación y reproducción de las lombrices a diferentes medios de crecimiento.

1.1 Objetivos

-Determinar el tipo de estiércol que facilite la adaptación y reproducción de las lombrices *Eisenia fetida* en el ciclo otoño-invierno.

-Evaluar el comportamiento de la temperatura, pH, la conductividad eléctrica en los diferentes sustratos durante el proceso de vermicomposteo con lombrices. *Eisenia fetida*.

1.2 Hipótesis

-La capacidad de adaptación y reproducción de las lombrices *Eisenia fetida* se ve afectada por el material empleado en los sustratos de crecimiento.

1.3 Metas

- Determinar en un lapso de 1 año el tipo de estiércol que represente una mejor alternativa, por sus características fisicoquímicas, para la reproducción de las lombrices *Eisenia fetida*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estiércoles y sus características

Los estiércoles producidos cerca de los grandes núcleos de población son considerados agentes de desechos cuya utilización agrícola es antieconómica y fuente de un problema de contaminación ambiental; a pesar de lo cual no se les ha prestado atención adecuada (Capulín *et al.*, 2001).

Vázquez-Alvarado (2003), menciona las siguientes características generales de los estiércoles:

- a) Los estiércoles se pueden usar para la reutilización de elementos nutritivos al suelo.
- b) Los estiércoles presentan menor concentración en elementos nutritivos que los fertilizantes minerales.
- c) Los fertilizantes minerales se dosifican en kilogramos por hectárea y los abonos orgánicos se dosifican en toneladas.
- d) Los estiércoles son poco transportables y conviene emplearlos mejor en los campos y lotes más cercanos.
- e) La descomposición de los estiércoles aporta:
 - 1) Elementos nutritivos a las plantas: Mejora la nutrición por las raíces
 - 2) Anhídrido carbónico (CO₂): que pudiera favorecer la fotosíntesis de las plantas.
- f) Los estiércoles, por su variada composición, son material energético y fuente nutritiva para los microorganismos del suelo.

2.2 Características particulares de los estiércoles y calidad para las lombrices.

El estiércol bovino presenta una condición de manejo fácil, debido a su menor compactación y acidificación ya que tiende a ser más atractivo para diversos organismos, algunos de los cuales se pueden convertir en plagas, tiene la ventaja de que contiene enzimas que ayudan a facilitar la acción bacteriana al pasar por el tracto digestivo de la lombriz, el contenido de nitrógeno que oscila entre 1.0 y 2.0 %, depende del tipo de alimentación suministrado a los animales, ya sea forrajes, mezcla con leguminosas o con complemento a base de concentrados, adicionalmente contiene vitaminas y antibióticos que ayudan al crecimiento de la lombriz, por tanto resulta una excelente fuente de alimentación, se requiere un periodo previo de añejamiento antes de su uso como alimento, este periodo puede oscilar entre 8 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas especialmente la temperatura (Vázquez-Alvarado, 2003; Hernández, 2004).

Al igual que el estiércol bovino, el caprino presenta condiciones óptimas para ser utilizado en la alimentación de las lombrices, tanto por su contenido de nitrógeno, como de minerales, vitaminas y baja acidez, además presentan la ventaja de su fácil manejo y acarreo, debido a la condición de textura sólida y con poca humedad; por lo que su uso para la lombriz requiere aplicar mayor cantidad y frecuencia de riego, este estiércol se puede manejar solo o en mezcla con restos de vegetales u otros desechos, siempre y cuando se mantenga un riego oportuno, esto por la condición seca de las excretas (Vázquez-Alvarado, 2003; Hernández, 2004).

El estiércol equino tiene como característica su alta porosidad que lo hacen un material muy accesible al manejo con lombrices por su alto contenido de paja, es decir celulosa. Muy indicado tanto para constituir el sustrato inicial para inocular las lombrices así como para ser fuente de alimento en el periodo invernal (Ferruzzi, 1986).

El estiércol de conejo se presenta como una masa compactada que carece totalmente de aire y de oxígeno constituyendo un sustrato donde las lombrices, que necesitan estos dos elementos, no pueden sobrevivir. Como las deyecciones están compuestas por bolitas ovales, es posible separar directamente la orina de las partes sólidas, colocando debajo de la rejilla de donde se encuentran los conejos una capa fina de viruta, en esta forma constituye un alimento óptimo para la lombriz (Ferruzzi, 1986).

La composición química del estiércol varía de acuerdo al tipo de animales que se trate y en función de la dieta del ganado (INIFAP, 2005). Como se puede observar en el Cuadro 1, la gallinaza presenta en general el mayor contenido de N, así como de fósforo y magnesio.

Cuadro 2.1. Composición del estiércol de diferentes especies de ganado.

Elemento (%)	Tipos de estiércol						
	Bovino ▲	Gallinaza ▲	Porcino ▲	Ovino ▲	Caprino ▼	Conejo ▼	Equino ▼
Nitrógeno	2-8	5-8	3-5	3-5	1.55	1.94	3
Fósforo	0.2-1.0	1-2	0.5-1.0	0.4-0.8	1.92	1.82	1.6
Potasio	1-3	1-2	1-2	2-3	0.74	0.95	0.96
Magnesio	1.0-1.5	2-3	0.08	0.2	0.57	0.45	0.3

Fuente: ▲INIFAP, 2005, ▼ Mendoza, 2006

2.3 Producción nacional y local de estiércoles

La SAGARPA (2008), señala que la producción anual de estiércol en México se estima en 61 millones de toneladas por año considerando únicamente el proveniente del ganado estabulado y semiestabulado; si esta cantidad se pudiera capitalizar adecuadamente, a cada hectárea de terreno agrícola le corresponderían $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, cantidad suficiente para mantener los suelos con excelentes contenidos de materia orgánica, fertilidad y capacidad productiva.

La Comarca lagunera es la cuenca lechera más importante del país, con más de 2,000,000 de litros diarios de leche dado sus 200,000 cabezas de ganado bovino en producción aproximadamente. Sin embargo para tener ese número de cabezas de ganado bovino se requiere tener ganado de reemplazo y en desarrollo por lo que en total se tiene más de 400,000 cabezas con el principal objetivo de producir leche en la región. Lo anterior deriva en mas de 1'000,000 de kilogramos de estiércol base seca, producido por día, por lo que este tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y el agua del acuífero subterráneo (SAGARPA, 2007).

2.4 El estiércol y sus aplicaciones

Una práctica usada por mucho tiempo, tanto en sistemas agrícolas convencionales como alternativos, ha sido la aplicación de estiércol al suelo para mejorar su contenido de materia orgánica o como fuente de elementos nutritivos para los cultivos, sin embargo, se ha demostrado que la aplicación directa del estiércol también provoca problemas como los olores fetidos, presencia de moscas en el campo de cultivo y pérdidas de nitrógeno (Gliessman, 2002). Además, puede existir el riesgo de incrementar los niveles de microorganismos indeseables, causando efectos adversos en la higiene y calidad nutricional de los cultivos desarrollados en los lugares donde se realiza su incorporación (Johansson *et al.*, 2005).

En Estados Unidos de Norteamérica (USA), el sistema de manejo del estiércol mas comúnmente usado, consiste en asperjarlo directamente sobre el suelo para suministrarle los elementos nutritivos necesarios en la producción de cultivos. Ésta es una forma efectiva para el reciclado de elementos nutritivos, pero tiende a intensificar los olores fetidos en los campos de cultivo (Wilkie, 2003). Este sistema también es muy utilizado en México, principalmente en las regiones potencialmente ganaderas.

La degradación biológica del estiércol, es una alternativa atractiva para su aplicación directa al suelo mediante el vermicomposteo, pues se reduce el peso, volumen, y por lo tanto, el costo de transporte (Hao *et al.* 2004). Esta reducción se produce durante el proceso de degradación de los materiales orgánicos debido a la descomposición de los componentes orgánicos estructurales y a la mineralización de la materia orgánica para formar CO₂ y H₂O (Breitenbeck y Schellinger, 2004).

En lo que respecta al impacto ecológico de los estiércoles es principalmente la contaminación del agua y los alimentos por microorganismos, presentes en éstos, ya que ha sido un problema importante en la salud pública, para lo cual es necesario proponer y operar sistemas de tratamiento de estos residuos, a fin de evitar que esto suceda (Hess *et al.*, 2004). Actualmente se usan varios sistemas de manejo y tratamiento para el estiércol y otros desechos biológicos y sistemas de procesamiento aerobios como el composteo y vermicomposteo (Adler y Sikora, 2005). Un sistema óptimo de manejo del estiércol debería proveer un método sustentable diseñado para minimizar los impactos ambientales y maximizar la recuperación de recursos (Wilkie, 2003).

2.5 Lombricultura.

Es la cría masiva, sistemática y controlada de lombrices composteadoras, además de ser una técnica que involucra varios procesos biológicos, que aceleran la transformación y mineralización de diversos residuos orgánicos en descomposición y los convierten en abonos para las plantas (Mendoza, 2008). Hasta la actualidad se conocen entre 6 y 7 mil especies diferentes de lombrices (Schuldt, 2001).

El vermicomposteo realizado por la acción de diversas especies de lombrices, se utiliza para provocar la estabilización de diferentes residuos naturales y antropogénicos. Por medio de este proceso, las lombrices mantienen condiciones aeróbicas en los residuos orgánicos, ingieren sólidos,

convierten una porción de estos residuos orgánicos en biomasa y excretan un producto que permanece parcialmente estabilizado (el vermicompost), las lombrices y los microorganismos actúan para incrementar la biodegradación de los residuos orgánicos (Baca *et al.*, 1992; Elvira *et al.*, 1998). Estos residuos orgánicos procesados por las lombrices, denominados lombricompuestos o vermicompost, son de tamaño fino como los materiales provenientes del musgo de turba, estos materiales tienen alta porosidad, aireación y drenaje y una elevada capacidad de intercambio catiónico y elevado contenidos de ácidos húmicos totales (Gajalakshmi *et al.*, 2001).

2.6 Principales especies empleadas en la lombricultura e importancia

Eastman (1999), menciona a las siguientes especies de lombrices utilizadas en la lombricultura:

- ***Eisenia fetida***

Pertenece a la familia Lumbricidae, de origen Europeo, es llamada lombriz de estiércol, híbrido rojo californiano, lombriz tigre o lombriz cebra; en la década 1940 fue la precursora de la lombriz norteamericana. Se emplea en los Estados Unidos, España, Italia, Japón y algunos países latinoamericanos. Es una de las mejores especies mas utilizadas en la lombricultura y por lo tanto la mejor estudiada como procesadora de materia orgánica y como fuente proteica.

- ***Eisenia andrei***

Pertenece a la familia Lumbricidae, de origen Europeo. Hace poco tiempo se separo de la especie de *E. fetida*, la cual no presenta las evidentes bandas amarillas.

- ***Perionys excavatus***

Pertenece a la familia Megascolecidae, de origen Asiático. Conocida como lombriz roja de Taiwán, se utiliza en Filipinas y Asia como especie de cría.

- ***Eudrilus eugeniae***

Pertenece a la familia Eudrilidae, de origen Africano. Tiene una distribución proporcional, conocida como rastrera nocturna africana, lombriz Africana, gigante roja, lombriz azul, es de mayor tamaño y presenta tonalidades azules o violetas sobre su color rojo vino. Tiene altas tasas de reproducción, de crecimiento y conversión. Las lombrices actúan como descomponedoras, aunque no se puedan aislar de las acciones de los microorganismos ya que algunos de éstos viven tanto en el suelo como en su tracto digestivo.

2.7 Historial de la lombriz *Eisenia fetida*.

Hace más de tres mil años, antes de Cristo, la civilización de los Sumerios, conocidos por sus adelantos agrícolas y de ser uno de los primeros pueblos en dejar de ser nómadas, y que le dieron importancia a las lombrices, pues los productores agrícolas determinaban la calidad de los suelos de cultivo sobre la base de la densidad de lombrices, que encontraban al excavar un hueco en la tierra (Mejía-Araya, 2007; Mendoza, 2008).

Ya en el antiguo Egipto se consideraba a la lombriz como animal enormemente valioso. Ello llegaba al extremo, que se tenían previstos castigos muy rigurosos, incluso la pena de muerte para quien intentara exportar fuera del reino una sola lombriz. Uno de los acontecimientos anuales que se producía en el antiguo Egipto era el desbordamiento de las aguas del río Nilo, las que al retirarse dejaban sobre el suelo una capa de limo, el cual bajo el trabajo de una variedad muy activa de lombrices, era humificado y lograba que el nivel de fertilidad de esas tierras fuera realmente excepcional (Mejía-Araya, 2007; Mendoza, 2008).

La lombriz roja *Eisenia fetida*, mal llamada “de California”, ya que es originaria de eurasia, dónde hace 10,000 años se hallaba confinada y peregrinando de la mano del hombre se extendió por todo el planeta. Las lombrices rojas "californianas" fueron criadas intensivamente en California

(EUA), es una especie que algunos investigadores la denomina "rojo híbrido", lo que ha dado lugar a muchas confusiones ya que no se trata de un híbrido, sino de una lombriz que al igual que el resto de sus parientes son el resultado de la selección natural, la lombriz *Eisenia fetida* es la especie más cultivada en el mundo entero, dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales (pH, temperatura, humedad), potencial reproductor y capacidad de apiñamiento (Spurgeon y Hopkin, 2000; González *et al.*, 2006; Mendoza, 2008).

2.8 Clasificación taxonómica de la lombriz *Eisenia fetida*.

De acuerdo al Ministerio de Agricultura Técnica de Chile (MAT, 2007), la lombriz *Eisenia fetida* se clasifica como:

Reino: Animal

Tipo: Anélido

Clase: Oligoqueto

Orden: Opisthoro

Familia: Lombricidae

Genero: *Eisenia*

Especie: *fetida*.

2.9 Características anatómicas, morfológicas y reproductivas de la lombriz *Eisenia fetida*.

De la consulta a diversos documentos relacionados con este organismo se describen las siguientes características.

2.9.1 Anatomía

El tubo digestivo, de importancia en el proceso de humificación, reinicia en la boca ubicada bajo el prostomium, primer anillo o segmento de la cabeza, ésta puede ser proyectada o invaginada, a ella le sigue una faringe de gruesas paredes musculares, que conducen a un esófago portador de cilios en el cual se abren los conductores de las glándulas calcíferas o

glándulas de Morren. Los cuales son órganos especiales de regulación de los equilibrios iónicos del medio interno del oligoqueto. En el estómago existe una estructura dilatada que recibe el nombre de buche que se constituye de un estómago muscular o molleja. La molleja conduce a las paredes musculares, hasta llegar al intestino, que recorre internamente todo el animal hasta el ano situado en la cola de la lombriz. El intestino posee un pliegue dorsal que aumenta la superficie de absorción (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

El sistema nervioso está constituido por un cerebro cefálico ganglionar de posición dorsal, que emite cordones alrededor del esófago, para conectarse con masas ganglionares pequeñas, que se ubican en la región ventral del animal a lo largo de todo el cuerpo. Las lombrices carecen de ojos pero poseen grupos de receptores repartidos por la piel que permite percibir la luz y sustancias químicas diversas, funcionando esta percepción también, a modo de olfato, estos receptores facilitan la orientación de las lombrices para la búsqueda de alimentos (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

En la región esofágica del cuerpo de la lombriz se sitúa un número variable de cinco vasos contráctiles y que reciben el nombre de corazones y también poseen un par de riñones. El aparato circulatorio del animal es un sistema de canales cerrados que se ramifican en una red de finos capilares en el tegumento sobre el intestino y los diversos órganos. Debido al sistema circulatorio cerrado la sangre fluye por los vasos. Los trayectos principales recorren la parte dorsal y ventral de la lombriz. El vaso dorsal lleva sangre pigmentada de rojo, detrás y adelante y en el tercio anterior se produce al menos cinco pares de conexiones circulares pulsátiles corazones con el vaso central que lleva la sangre nuevamente hacia atrás (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

Las partes de las células de la piel de las lombrices generan una cutícula. Otras células intercaladas producen moco que mantienen húmeda la cutícula. Cuando se seca, ésta no permite el intercambio gaseoso. Las

lombrices respiran únicamente por la piel y en tales circunstancias el oxígeno no ingresa a la sangre (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

2.9.2 Morfología

La longitud de la lombriz normalmente es de 2.5 a 3.0 cm creciendo hasta 6 a 7 cm, su diámetro oscila entre los 3 y 5 mm, normalmente tienen un peso de 0.25 g, es de color rojo oscuro, respira a través de la piel y el abdomen es más pálido que el resto del animal (Schuldt *et al.*, 2007).

2.9.3 Reproducción y ciclo biológico

Las lombrices, por tener los órganos genitales masculinos y femeninos en un mismo individuo, se conocen como monoicos, son organismos hermafroditas. El aparato genital masculino está integrado por los testículos que son glándulas secretoras de espermatozoides. Su situación es anterior, muy cerca de la boca. El aparato genital femenino recibe el espermatozoides y lo retiene hasta el momento de fecundación; este aparato genital se encuentra en una posición relativa posterior al aparato genital masculino (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

Cuando la lombriz alcanza la madurez sexual desarrolla en el tercio anterior un anillo mucoso; el clitelium o clitelo que se sitúa en la parte anterior del cuerpo, aproximadamente a la altura de su primer tercio, si se considera la longitud total de la lombriz. El clitelo se puede ver cuando las lombrices son adultas, el anillo contiene una glándula que segrega un líquido especial, cuya finalidad es de proteger a los capullos embrionales conocidos como cocones. La fecundación se efectúa a través del clitelium. Las lombrices empiezan a reproducirse a los tres meses, no hay época definida para la reproducción debido a que es durante todo el año (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

Las lombrices copulan entre una y cinco veces por semana, produciendo cada animal una puesta o cocon conteniendo dos a cinco embriones o lombrices, lo abandonan al cabo de 23 días que es cuando adquieren la madurez sexual, antes de los 60 días deben permanecer a una temperatura de 25 °C. Las lombrices se nutren dentro del cocon por las secreciones del clitelium, en el momento del nacimiento, las crías rompen la envoltura que han adquirido un color café oscuro. Estos pequeños animales son parecidos a los padres, con los mismos hábitos alimenticios y dieta similar; en una población de lombrices pueden distinguirse diferentes estadios en un mismo nucleo: cocones, juveniles, animales subadultos y adultos lombrices (Eastman, 1999; Tocalino *et al.*, 2004; Schuldt *et al.*, 2007).

2.10 Condiciones ambientales para el desarrollo de *Eisenia fetida*.

El control de los factores ambientales, así como la correcta alimentación con el sustrato orgánico, son determinantes para una correcta y eficiente crianza de lombrices. Los cuidados mas comunes que se deben observar para mantener sano y eficiente el procesamiento con las lombrices, tiene que ver con proporcionarles la temperatura, humedad, acidez, aireación, así como el alimento, en el tipo y en las cantidades adecuadas (Ferruzzi, 1986; Mendoza 2006; Shult *et al.*, 2007).

Temperatura

La temperatura más propicia para el desarrollo óptimo de las lombrices se encuentra alrededor de los 20 °C. en el extremo inferior las lombrices no pueden sobrevivir en temperaturas inferiores a 10 °C, mientras que por el otro extremo temperaturas mayores a 30 °C pueden ser mortales para ellas. Estas temperaturas extremas son difíciles de alcanzar en un medio sombreado o protegido. Sin embargo se pueden alcanzar en una noche invernal o provocarse por una adición desmedida de materia orgánica fresca (Ferruzzi, 1986; Mendoza, 2006; Shult *et al.*, 2007).

Humedad

El riego debe ser fino para mantener húmedo el medio de crecimiento, donde se encuentra la lombriz, en este sentido la humedad promedio más favorable para las lombrices es del 75 al 85 %. Se debe de revisar el deposito donde se encuentra la vermicompost y verificar que esté siempre presente una apariencia húmeda, al grado de poder extraer unas cuantas gotas, si se toma en las manos y se aprieta, exprimiéndolo con los dedos; por otra parte se debe de prevenir la entrada de agua en grande volúmenes que puedan llegar a inundar el sustrato, lo que reduce la aireación necesaria y provoca al escape o ahogamiento de las lombrices (Ferruzzi, 1986; Mendoza, 2006; Shult *et al.*, 2007).

Aireación

Las lombrices al igual que los seres aeróbicos necesitan de aire, por que respiran y eliminan el bióxido de carbono, por lo que el compost o el sustrato deberá permitir la suficiente ventilación interna para que este proceso se lleve a cabo. Adiciones exageradas de alimento fresco, muy denso o pastoso pueden también provocar una falta de ventilación, esto se evita distribuyendo el material en capas más delgadas, o agregar materiales porosos (Ferruzzi, 1986; Mendoza, 2006; Shult *et al.*, 2007).

Alimentación

El alimento debe estar lo suficientemente asimilable para las lombrices. Un kilogramo de lombrices se come un kilogramo de alimento al día. Las lombrices se alimentan de materiales orgánicos en descomposición. Antes de comer los residuos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una predigestión (Ferruzzi, 1986; Mendoza, 2006; Shult *et al.*, 2007).

pH

La acides o alcalinidad en el sustrato de crecimiento donde se desarrollan las lombrices es una característica difícil de observar y reconocer a simple vista, por lo que es conveniente que se tenga a la mano un papel indicador de pH, con el cual se podrá identificar el cambio de coloración, en

base a la escala, que va determinar la acidez o alcalinidad en el medio de crecimiento. Las lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH está entre 5, moderadamente ácido, y 6, ligeramente ácido, es decir un rango cercano al 7, que representa al pH neutro. En caso muy extremo en el que el valor de pH se encuentran persistentemente inclinado hacia uno u otro extremo, se puede tratar de neutralizar añadiendo pequeñas cantidades de cal disuelta para casos de acidez o vinagre en forma disuelta para reducir alcalinidad (Ferruzzi, 1986; Mendoza, 2006; Shult *et al.*, 2007).

2.11 Usos principales de la lombriz *Eisenia fetida*.

La principal utilidad de la lombriz recae en la transformación de los desechos orgánicos para la fertilización de los cultivos, sin embargo, sus usos se extienden a la alimentación de peces, pastos, camarones, cerdos, gallinas, etc. Debido a su alto contenido de proteínas, también se ha intentado utilizar, el cuerpo de la lombriz procesada como fuente alimenticia, incluso para el hombre, ya que la harina de las lombrices contiene más de 70% de proteína de alto valor biológico (Mejía-Anaya, 2007; Vielma *et al*; 2007).

Actualmente la cría de las lombrices *Eisenia fetida* tiene diferentes objetivos, de éstos, dos son los que mas sobresalen, primero como una alternativa de reciclaje de desechos orgánicos de diferentes fuentes, y segundo como una fuente de proteína no convencional de bajo costo, esto se debe a que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos. Es importante resaltar, que el prejuicio cultural y la falta de información de los beneficios que presenta esta lombriz, son los que no han permitido su utilización oficial en el campo alimenticio humano. Sin embargo algunos países orientales tales como China, Japón, Filipinas, Taiwán etc., la han incorporado al consumo humano. De la lombriz roja Californiana, no solo se obtiene carne rica en proteínas, sino también aminoácidos esenciales, entre ellos es importante mencionar a la lisina, aminoácido que suele estar ausente en los alimentos básicos. El contenido de estos aminoácidos en la harina de lombriz es significativo ya que satisface los requerimientos para

niños de entre 2-5 años exigidos por la FAO/OMS (Mejía-Anaya, 2007; Vielma *et al*; 2007).

Otra utilidad, por cierto bastante rentable, es la reproducción masiva de lombrices para venderlas como carnada para la pesca, ya que la carne de este anélido es dura, y sólida y no se suelta de los anzuelos, por lo que es muy apreciada por los pescadores (Mejía-Anaya, 2007 y Vielma *et al*; 2007).

Vielma *et al.* (2007) mencionan algunas ventajas de la lombriz, en cualquiera de los fines antes señalados, los cuales son:

- Se manejan altas densidades de lombriz por metro cuadrado.
- Es muy prolífica.
- Es resistente a cambios bruscos de temperatura, pH y humedad.
- Es adaptable a diferentes materiales en descomposición, muchos de ellos desperdicios y contaminantes.

2.12 Papel de las lombrices en el vermicomposteo

Las lombrices de tierra son consumidores voraces de residuos orgánicos y aún cuando sólo utilizan sólo una pequeña porción para la síntesis de sus cuerpos, ellas excretan una gran parte de los residuos consumidos en una forma medio digerida, puesto que los intestinos de las lombrices contienen una amplia gama de microorganismos, enzimas, hormonas, etc., estos materiales medio digeridos se descomponen rápidamente y son transformados a una forma de vermicompost en un período de tiempo corto (Ghosh *et al.*,1999).

Las lombrices, durante el proceso de alimentación, fragmentan los residuos, incrementan la actividad microbiana y los índices de descomposición y/o mineralización de los residuos orgánicos, alteran las propiedades físicas y químicas de los materiales, provocando un efecto de composteo o humificación mediante el cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada, el producto final, comúnmente llamado vermicompost

es obtenido conforme los residuos orgánicos pasan a través del intestino de la lombriz, y es bastante diferente al material original (Atiyeh *et al.*, 2000).

Mientras los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica en el proceso de vermicompost, las lombrices son importantes para acondicionar el sustrato y para promover la actividad microbiana. Las lombrices actúan como batidoras mecánicas ya que éstas desintegran el material orgánico, incrementan el área superficial expuesta a los microorganismos y mueven los fragmentos y los excrementos ricos en bacterias, en consecuencia homogenizan el material orgánico (Domínguez *et al.*, 2003). También, la actividad de las lombrices en el proceso de vermicomposteo es tanto física/mecánica y bioquímica. Los procesos mecánicos incluyen: aeración del sustrato, mezclado, y molienda. El proceso bioquímico es afectado por la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices (Buck *et al.*, 2000).

2.13 Calidad del humus de las lombrices

Altieri y Uphoff (2000), mencionan que se calcula que la producción media de nitrógeno de algunas especies de lombrices es de 460 kg de nitrógeno por año, el nitrógeno es excretado por las lombrices en forma de amoníaco y urea, fácilmente asimilable por la planta. Así la cantidad de nitrógeno que producen las lombrices es de la misma magnitud que la aportada por abonos químicos en los cultivos que en promedio es de 200 kg•ha⁻¹•año⁻¹. Además las lombrices constituyen por si mismo una importante reserva de nitrógeno movilizable cuando mueren.

El vermicompost contiene la mayor parte de los elementos nutritivos en forma disponible para las plantas, tales como nitratos, fosfato, calcio intercambiable, potasio soluble, etc., y tiene un área superficial particularmente grande que proporciona muchos micros sitios para la actividad microbiana y para la fuerte retención de los elementos nutritivos, los reguladores de crecimiento de la planta y otros materiales que afectan

este crecimiento como: auxinas, sustancias húmicas, etc., generadas por los microorganismos (Sharma *et al.*, 2005).

Entre otras características del vermiopost destacan: el material o sustrato es de color oscuro, su gran biodiversidad evita la fermentación o putrefacción, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos que se van liberando paulatinamente, incrementa la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la CIC de los suelos, los ácidos húmicos y fúlvicos que contienen, regeneran las características químicas del suelo, y al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento, que favorecen el desarrollo de las especies vegetales, posee un pH neutro y también se caracteriza por tener una gran porosidad, drenaje, aireación y capacidad de retención de humedad, por lo tanto sus propiedades fisicoquímicas y biológicas son de mejor calidad para el crecimiento de las plantas (Moreno-Reséndez, 2005).

2.13.1 Características químicas del humus de lombriz.

Por lo general el vermicompost es obtenido a partir de la aplicación de lombrices sobre residuos orgánicos, algunas de las propiedades químicas que modifican estos microorganismos en los residuos orgánicos son las siguientes: pH, Conductividad Eléctrica, Capacidad de Intercambio Catiónico, Porcentaje de Materia Orgánica, Porcentaje de Sodio Intercambiable, Nitrógeno, etc. Por otro lado la mayoría de los casos el vermicompost, está compuesto por C, O₂, N, así como macro y micro elementos en diferentes cantidades, tales como Ca, K, Fe, Mn, y Zn entre otros (Duran y Enríquez, 2006).

Igualmente de acuerdo al Ministerio de Agricultura Técnica de Chile (MAT, 2007), el humus presenta las siguientes características físicas:

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación del suelo

- Reduce la erosión del suelo. Incremente la capacidad de retención de humedad
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica
- Favorece un buen desarrollo de las raíces de las plantas

De acuerdo al Ministerio de Agricultura Técnica de Chile (MAT, 2007), el humus presenta las siguientes propiedades biológicas:

- El lombrihumus es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- El lombricompost contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan los elementos nutritivos para ponerlos a disposición de las plantas y previenen el desarrollo de altas poblaciones de otros microorganismos causantes de enfermedades en las plantas.

2.14 Sustratos

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo *in situ*, que colocado, en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para las plantas (Calderón, 2003).

Sustratos orgánicos

Se define como orgánico, o químicamente activos, todos aquellos materiales que por su origen están sujetos a descomposición, es decir, liberan los elementos nutritivos de que están constituidos. Así las turbas negras y rubia, la cascarilla de arroz y de trigo, la cáscara de almendra, el aserrín, la fibra de coco, la paja de algunos cereales, las compostas y aquellas otras que poseen nutrientes asimilables por la planta en pequeñas cantidades. (Samperio-Ruíz, 2004).

Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen el compost y el vermicompost, debido a que sus procesos de elaboración incluyen métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (De la Cruz *et al.*, 2009). Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, al incorporarlos mejoran las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto-Garibay *et al.*, 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (De la Cruz *et al.* 2009)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La región lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 101° 40' y 104°45' de longitud Oeste, y los paralelos 25° 05' y 26°54' de latitud norte. La altitud de esta región sobre el nivel del mar es de 1139 m. la región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan áreas agrícolas, así como las áreas urbanas (Wikipedia, 2009).

3.2 Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en una bodega del área de producción de vermicompost de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, la universidad se localiza en el Periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa Fe, Km. 15, en Torreón, Coahuila México.

3.3 Condiciones del lugar del experimento

El experimento se realizó en una bodega de forma cuadrada, con las siguientes dimensiones; cinco metros de ancho por cinco metros de largo. Cuenta con techo de láminas de asbesto a dos aguas, paredes de block, y ventanas protegidas con malla de alambre y piso de concreto.

3.4 Materias primas y organismos utilizados

En este experimento al igual que en el trabajo realizado por Capulin *et al.* (2001) y Giuliatti *et al.* (2008), se utilizaron como sustratos, diversos materiales, como son los estiércoles de caballo, bovino y caprino.

3.4.1 Estiércoles

Se utilizaron estiércoles de ganado bovino, caprino y equino, éstos se recolectaron en las unidades de producción pecuaria donde están confinados estos animales dentro de las instalaciones de la Universidad, para uniformizar el tamaño de la partícula se utilizó una criba de 0.5 mm, haciendo pasar los estiércoles por ella y el material cribado se recolectó en una carretilla.

3.4.2 Lombriz

La lombriz que se utilizó para este experimento fue la especie *Eisenia fetida* (Cardoso y Ramírez, 2002), por su alto índice de reproducción y escaso tiempo de adaptación en comparación con otras especies, y además debido a que es fácilmente cultivada y criada fuera de su hábitat natural (Spurgeon *et al.*; 2000; Capulín *et al.*, 2001). Las lombrices se obtuvieron del banco de germoplasma del proyecto de “Producción de vermicompost” que se maneja en la misma institución. Las lombrices que se seleccionaron fueron jóvenes con el clitelo ligeramente desarrollado.

3.5 Unidades experimentales

Como unidades experimentales se utilizaron vasijas de plástico con orificios, con unas medidas de 45 cm de largo, 30 cm de ancho y 15 cm de profundidad siendo tres por tratamiento para darnos un total de nueve repeticiones. Todos los recipientes se colocaron sobre una base metálica para evitar que estuvieran en contacto con el suelo así como para no darles facilidades de invasión a los insectos, principalmente a las hormigas, también se taparon con madera para impedir el paso de la luz.

3.6 Sustratos

Se manejaron tres sustratos diferentes, estiércol Caprino, estiércol Equino y Estiércol Vacuno (Capulin *et al.* 2001; Giuletta *et al.* 2008). La composición de los tres sustratos evaluados fue la siguiente:

Cuadro 3.1. Composición de los sustratos vermicomposteados con lombriz *E. fetida*.

Tratamiento	Inoculación de lombrices <i>E. fetida</i>	Estiércol seco (2 kg)
T1	25	Vacuno
T2	25	Caprino
T3	25	Equino

Una vez etiquetados los recipientes, éstos se llenaron con los sustratos

3.7 Desarrollo del Experimento

3.7.1 Precomposteo

Antes de la inoculación de las lombrices en los sustratos se realizó su precomposteo durante un mes con el fin de bajar la temperatura de los estiércoles así como el pH; esto consistió en poner los estiércoles en camas, voltearse a diario por la tarde con un biello y regarse cada tercer día (Moreno y Cano, 2002). Una vez logrado esto, se realizó la inoculación de las lombrices, colocando 25 especímenes por cada unidad experimental, quedando así 75 organismos por tratamiento. Los sustratos se removieron cada tercer día para lograr una mejor aireación y al mismo tiempo se les aplicaba riego para mantener la humedad entre 75 y 85 % en promedio de acuerdo a Mendoza (2006) pues es un factor determinante en la supervivencia de la lombriz.

3.7.2 Muestreo de los tratamientos

Se realizaron seis muestreos uno cada 15 días durante el desarrollo del experimento, en cada muestreo, realizado con palas de jardinería, se extrajeron 150 g de material por repetición y se homogenizaron los medios de crecimiento con las muestras correspondientes, que se pesaron en una balanza analítica Sartorius, modelo A200S. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico con la identificación respectiva del tratamiento y se procedió a trasladarlas al laboratorio de Suelos de la misma Universidad para su análisis respectivo.

3.7.3 Riegos

Los riegos se aplicaron cada tercer día con agua de la llave, durante el periodo que duro el experimento, cuidando siempre mantener el porcentaje de humedad adecuado para la supervivencia de la lombriz, éste osciló entre el 75 y 85 %, debido a que las lombrices no soportan mezclas que pasen del 93 % de humedad (Cardoso y Ramírez, 2002).

3.7.4 Aireación de los sustratos

Cada tercer día se realizó la aireación de los sustratos, volteándolos con ayuda de un trinche de jardinería, esta práctica facilitó la presencia de aire necesario para el desarrollo del proceso de descomposición y/o transformación de los diferentes estiércoles para evitar al máximo el problema de los olores fétidos y para homogenizar los sustratos.

3.7.5 Registro de temperatura

Cada ocho días se registro la temperatura, esto se realizó con un termómetro digital de Bayoneta metálica realizando la operación a las 17:30 horas.

3.8 Métodos utilizados para los análisis químicos de los sustratos

Una vez que las muestras llegaron al laboratorio, los sustratos se pusieron a secar exponiéndolos al sol durante tres días, para posteriormente cribarlos con un tamiz Alsa de 2 mm de abertura el análisis de las muestras de los sustratos se realizó basándose en el Manual de Procedimientos Analíticos para Análisis de Suelo y Plantas del Laboratorio de Fertilidad de Suelos.

3.8.1 pH.

El análisis se realizó en extracto de suelo a saturación utilizando el potenciómetro. Para realizar esta determinación se pesaron en una balanza granataria, Sartorius, tipo 1507, 200 g de cada muestra, se colocaron en un recipiente de plástico de 500 mL de capacidad, se agregó agua destilada a saturación y se agitó con una espátula hasta que la pasta brillo con la ayuda de la reflexión de la luz, sin permitir la acumulación de agua sobre la superficie. Saturadas las muestras se dejaron reposar por 24 horas, transcurrido este tiempo, las pastas fueron colocadas en un embudo de porcelana con papel filtro Ahlstrom grado 601 y se aplicó vacío el que se obtuvo con una bomba de vacío Roblenz, modelo dgp 144. El extracto se recuperó en un tubo de ensaye. El potenciómetro, marca Orión, modelo 420 A se calibro con soluciones buffer de 4.0 y 7.0 de pH. y posteriormente se procedió a determinar el pH de cada muestra y se registró el valor de cada lectura.

3.8.2 Conductividad eléctrica

Para el análisis se realizó con un conductímetro en extracto de suelo a saturación. En una balanza granataria, Sartorius, tipo 1507, donde se pesaron 200 g de cada muestra, se colocaron en un recipiente de plástico de 500 mL de capacidad, se agregó agua destilada a saturación y se agitó con una espátula hasta que la pasta brillo con la ayuda de la reflexión de la luz,

sin permitir la acumulación de agua sobre la superficie. Ya saturadas las muestras se dejaron reposar por 24 horas, transcurrido este tiempo, las pastas se colocaron en un embudo de porcelana con papel filtro Ahlstrom grado 601 y se aplicó vacío el que se obtuvo con una bomba Roblenz, modelo dgp 144. El extracto se recuperó en un tubo de ensaye. El conductivímetro se calibró con soluciones patrón de cloruro de sodio de 7230 ppm lo que equivale a $12.9 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ y 692 ppm de cloruro de sodio lo que equivale a $1413 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, en un vaso de precipitado de 10 mL se colocó el extracto y se procedió a determinar la conductividad eléctrica de las muestras.

3.8.3 Materia orgánica.

Se pesaron 0.05 g de muestra, se cribaron por un tamiz marca Alsa No. 35, con una abertura de 0.5 mm, y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Se preparó un testigo sin muestra y se adicionaron 5 mL de dicromato de potasio 1 N, agitando cuidadosamente el matraz en forma manual para que entre en contacto con todas las muestras. Cuidadosamente, con una bureta se agregaron 10 mL de H_2SO_4 concentrado a la suspensión, se agitó nuevamente el matraz durante un minuto y se dejó reposar durante 30 minutos. Después se le agregaron 100 mL de agua destilada, se añadieron 5 mL de H_3PO_4 concentrado. También se le añadieron 8 gotas del indicador de di ferroína y por último se tituló con una disolución de sulfato ferroso a 0.5 N, gota a gota hasta un punto final, de color rojo ladrillo.

3.8.4 Nitrógeno

Se pesaron en papel filtro Ahlstrom grado 601, 0.8 g de muestra en la balanza analítica OHAUS, pasada por la malla de 0.5 mm, se colocó el papel filtro con la muestra en un matraz Kjeldahl, se disolvió 1 g de ácido salicílico en 35 mL de ácido sulfúrico concentrado, se agregaron a las muestras contenidas en el matraz procurando que no tocara sus paredes posteriormente se dejaron reposar por 30 minutos para llevar a cabo una

predigestión. Se agregaron a los matraces que contenían las muestras 15.69 g de tiosulfato de sodio pentahidratado y 7.82 g de sulfato de cobre pentahidratado, luego el matraz que contenía las muestras se pusieron a digerir hasta que alcanzó un color verde claro, después de esta etapa se dejaron enfriar los matraces con las muestra. Posteriormente a los muestras se les agregaron 300 mL de agua destilada.

Destilación: en un matraz Erlenmeyer de 500 mL se colocaron 10 mL de ácido clorhídrico 0.1 N, se le agregaron 50 mL de agua destilada y cuatro gotas de rojo de metilo; se colocó el matraz en el tubo de destilación. A los matraces de digestión de 800 mL se les agregaron 100 mL de hidróxido de sodio al 45% y los matraces se colocaron en el destilador Kjeldahl, marca Labconco, lo más rápido posible. En el matraz de 500 mL se recogieron 200 mL del destilado y por último se procedió a titular con Hidróxido de Sodio 0.1 N hasta que alcanzó un color verde claro.

3.8.5 Fósforo

Se pesaron 2.5 g de la muestra cribada en un tamiz marca Alsa No. 35 con una abertura de 2 mm y se colocaron en matraces Erlenmeyer de 125 mL se adicionaron 50 mL de solución extractora de bicarbonato de sodio 0.5 M a cada matraz, se cubrieron con película parafilm y se agitó por 30 minutos a 180 oscilaciones por minuto en el agitador Eberback, se filtraron inmediatamente a través del papel filtro Ahlstrom grado 601.

Para la determinación del fósforo se tomó una alícuota de 5 mL de filtrado y se colocaron en tubos de 25 mL se adicionaron a cada tubo una gota de de nitrofenol, 1 mL de H_2SO_4 5 N, 4 mL de reactivo B (solucion reductora, acido ascórbico 0.5 g) se aforaron con agua destilada a 25 mL se cubrieron con parafilm y se agitaron, se leyeron las alícuotas en Espectrofotómetro 118 MERCK después de 30 minutos, pero antes de una hora a 882 nm paralelamente se preparó una curva de calibración de fósforo con patrones de 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 ppm de fósforo, se prepararon 50 mL de reactivo A (compuesto de Acido Sulfúrico 14 N, Tartrato de

Antimonio de Potasio al 0.5 % y Molibdato de Amonio) con 0.25 mL de ácido ascórbico. Luego se agregaron 5 mL de la solución de cada matraz. Se preparó un testigo y también se agregaron 5 mL de la solución extractora, se aforó con agua destilada, se cubrió con parafilm y se registro en el fotómetro SQ 118 MERK, la cantidad de fósforo en absorbancia después de 30 minutos.

3.8.6 Ácidos húmicos y fúlvicos.

a) extracción de la fracción húmica de la materia orgánica del suelo

Se pesaron 2 g de vermicompost tamizada por el tamiz marca Alsa No. 35 con una abertura de 2 mm, las muestras se pusieron en tubos de centrifugas y se agregaron 30 mL de NaOH 0.5%, se calentaron los tubos de centrifuga los cuales contenían los sustratos en baño María a 60 °C durante media hora, después se centrifugó a 4500 rpm durante 15 minutos y el líquido sobrante, que presentó un color oscuro, se decantó. El proceso se repitió hasta que el líquido quedó incoloro tras la centrifugación, se reunieron todos los extractos en un matraz aforado de 250 mL y se diluyó hasta el enrase con agua destilada.

b) fraccionamiento de la materia húmica.

Con una pipeta se obtuvieron 20 mL de la solución obtenida y se vaciaron en un tubo de centrifuga, se añadió H₂SO₄ 7 N, hasta que la solución obtuvo un pH= 4 comprobándolo con potenciómetro digital de mesa marca ORION 420A, se dejó flocular durante diez minutos y se calentó ligeramente para activar la floculación, se centrifugó durante cinco minutos a 4500 rpm. El precipitado obtenido en la centrifuga está constituido por los ácidos húmicos mientras que los ácidos fúlvicos quedan en disolución. Para separarlos, se decantó la solución de ácidos fúlvicos a un vaso de 100 mL, se lavó el precipitado de ácidos húmicos con 10 mL de H₂SO₄ 7 N, añadiendo estos lavados a la solución de ácidos fúlvicos. Después de cada lavado se centrifugó, para asegurar una mejor separación del precipitado en

la decantación del líquido de lavado, enseguida se paso la solución de ácidos fúlvicos a un matraz aforado de 100 mL, se lavó el vaso con tres porciones de 5 mL de H_2SO_4 (1:10), vertiendo los lavados en el matraz aforado de 100 mL y se diluyó hasta el enrase con agua destilada.

C) Valoración de los ácidos húmicos y fúlvicos

Ácidos húmicos.

Se disolvió el precipitado de ácidos húmicos en 2 mL de NaOH 0.5 N, se paso la solución a un matraz Erlenmeyer de 500 mL, se lavó el tubo que contenía los ácidos húmicos con dos porciones de 2 mL de NaOH 0.5 N y se pasaron los lavados al matraz Erlenmeyer de 500 mL, se añadieron a este matraz de 25 mL de permanganato de potasio $KMnO_4$ 0.1 N y 25 mL de agua destilada, se hirvió la solución durante 10 minutos exactamente, se dejo enfriar y se agregaron 25 mL de H_2SO_4 aproximadamente 7 N, se añadieron 25 mL de oxalato de amonio 0.1 N y se agitó el matraz hasta que la solución quedó incolora. Se valoró a retroceso con $KMnO_4$ 0.1 N a 40 °C.

Se añadió la primera fracción de 25 mL de $KMnO_4$ 0.1 N y hervir, se oxidaron los ácidos húmicos en medio alcalino y en caliente: el exceso de $KMnO_4$ se redujo con el oxalato de amonio añadido a continuación y el exceso de oxalato es el que se valoró finalmente con $KMnO_4$ 0.1 N, de esta forma la cantidad de $KMnO_4$ empleada en la valoración final es equivalente a la cantidad de ácidos húmicos que se valoraron.

Ácidos fúlvicos.

Con una pipeta se obtuvieron 25 mL de la solución de ácidos fúlvicos, y se vertieron en matraces Erlenmeyer de 250 mL, se añadieron dos gotas de solución de rojo de metilo y se valoraron con hidróxido de sodio 5 N hasta el punto de viraje de dicho indicador, se obtuvo otra porción de 25 mL de la solución de ácidos fúlvicos y se vertieron en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, se añadió a este matraz el volumen de NaOH 5 N necesario para

neutralizar la solución de ácidos fúlvico, se añadieron 25 mL de KMnO_4 0.1 N y 25 mL de agua destilada al matraz Erlenmeyer de 500 mL, se hirvió la solución durante diez minutos exactamente, se enfrió, se añadieron 25 mL de H_2SO_4 7 N, y 25 mL de la solución de oxalato de amonio 0.1 N y se agitó hasta que la solución quedo incolora, se valoro a retroceso con KMnO_4 0.1 N a 40 °C.

3.9 Diseño experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones (9 recipientes en total), los tratamientos fueron estiércol bovino, de caprino y equino. Cada unidad experimental consistió de un recipiente de plástico con una capacidad de 5 kg.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y ecuaciones de regresión lineal, ajustándose a las ecuaciones cuadráticas, para poder evaluar la tendencia de los parámetros obtenidos a través del tiempo.

4.1 Dinámica de la temperatura en los sustratos vermicomposteados.

Los materiales orgánicos que estuvieron sujetos al proceso de vermicomposteo (estiércol equino, estiércol de caprino y estiércol bovino), inicialmente registraron una temperatura de 29, 28 y 30 °C respectivamente, al final del proceso de vermicomposteo, los tres tratamientos terminaron en 13 °C (Figura 4.1).

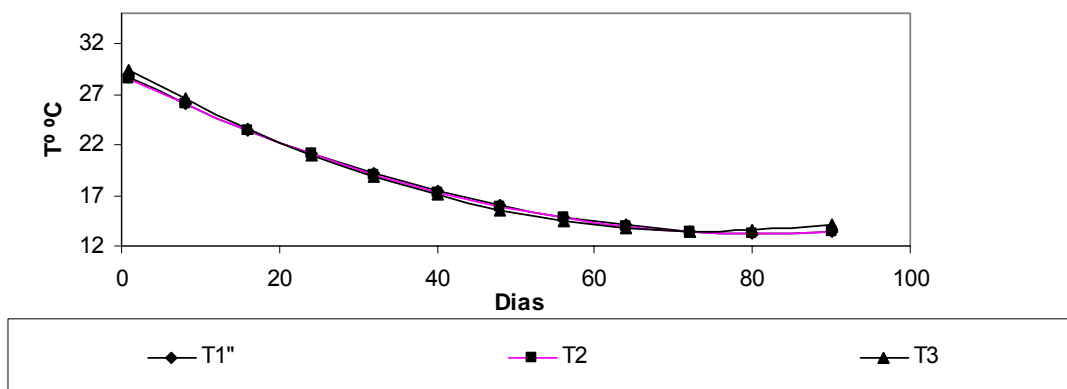


Figura 4.1 Cambios de temperatura durante el vermicomposteo de los materiales utilizados como medio de crecimiento para la reproducción de la lombriz *Eisenia fetida*.

Estas temperaturas se ajustaron a las ecuaciones cuadráticas que se presentan en el Cuadro 4.1, destacando el T3 (estiércol equino) con una r^2 de 0.92. A diferencia de esta investigación, Gutiérrez *et al.* (2007) en un experimento realizado con *E. fetida* en diferentes estiércoles y Toccalino *et al.* (2007) en un trabajo con diferentes sustratos en invierno reportan temperaturas que oscilan entre 20.6 y 22.72 °C, las cuales no coinciden con

las temperaturas obtenidas en este experimento. Es posible que el alimento proporcionado a los animales modificó el contenido de elementos nutritivos del estiércol, como el N, que probablemente originó un exceso de gases por el proceso de fermentación que se lleva a cabo al almacenar los estiércoles los primeros días y como consecuencia una temperatura elevada (Santamaría *et al.*, 2001).

Cuadro 4.1 Ecuaciones cuadráticas del comportamiento de la variable temperatura.

Tratamiento	Ecuación	R ²
1	$Y=0.0023X^2-0.38X+29$	0.90
2	$Y=.0023X^2-0.38X+28.94$	0.91
3	$Y=0.0029X^2-0.44X+29.9$	0.92

4.2 Dinámica del pH en los sustratos vermicomposteados.

En relación al pH, la figura 4.2 permite apreciar que los valores iniciales de los tres tratamientos oscilaron entre 6 y 8.6. A partir del día 30 el pH del tratamiento T1, que contenía estiércol de bovino disminuyó hasta alcanzar 8.2 el día 45, mientras que los tratamientos T2 y T3 estiércol caprino y equino, ascendieron hasta 8.2 y 7.9 respectivamente. A partir del día 70 el pH comenzó a disminuir hasta 7.8 en T2 y T3.

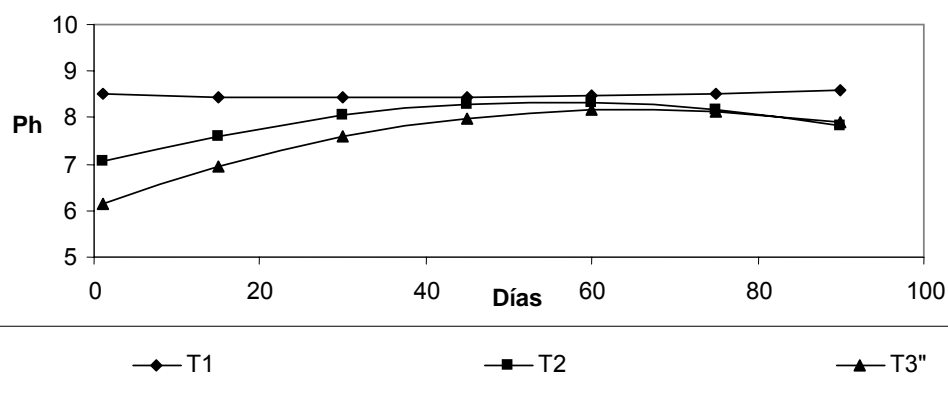


Figura 4.2 Comportamiento del pH durante el vermicomposteo con *E. fetida*

Al final del experimento el pH se mantuvo en un rango de 7.8 a 8.5 en los tres tratamientos, estos resultados se ajustaron a las ecuaciones cuadráticas (Cuadro 4.2), destacando el T3, con una r^2 de 0.96.

A diferencia de este experimento, Toccalino *et al.* (2004) reportan valores de pH entre 6 y 6.5 en un trabajo con lombrices *E. fetida* inoculada en diferentes tipos de sustratos incluyendo estiércoles. Los valores de pH reportados en el presente estudio están dentro del rango recomendado para la supervivencia de la lombriz, que según MAT (2006), debe oscilar entre 6 y 8.5.

Los tratamientos T2 y T3 tuvieron un pH similar entre ellos, lo cual puede atribuirse a los riegos de acuerdo con Capulín *et al.* (2001), quienes obtuvieron valores semejantes de pH (7.6 a 8.6), al final del experimento de vermicomposteo de estiércoles y mezclas de estiércoles con desechos urbanos, en los tratamientos que contenían puro estiércol con *E. fetida*. Sin embargo la descomposición de residuos orgánicos incrementa la relación pH haciendo suponer la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Millar, 1993).

Cuadro 4.2 Ecuaciones cuadráticas del comportamiento de la variable pH

Tratamiento	Ecuación	R^2
1	$Y=0.0021X^2-0.0039+8.49$	0.90
2	$Y=0.0020X^2+0.046X+7$	0.91
3	$Y=0.00048+0.064+6.1$	0.96

4.3 Dinámica de la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos vermicomposteados.

La CE de los tratamientos T1 y T3 presentó un comportamiento similar al aumentar su CE durante todo el periodo, en relación a este comportamiento, Soto-Muños (2001), menciona que el contenido de sales aumenta debido a los metales pesados que se encuentran en los excrementos, los cuales no fueron cuantificados en esta investigación. En cambio en el T2 se registro un comportamiento diferente al disminuir su CE

de 9.9 a 6.7 mS•cm⁻¹ al día 40, la CE fue de 8 mS•cm⁻¹ para T1 y 4 mS•cm⁻¹ para T3 hasta el día 40 (figura 4.3), siendo éste el mejor sustrato debido a su baja cantidad de sales.

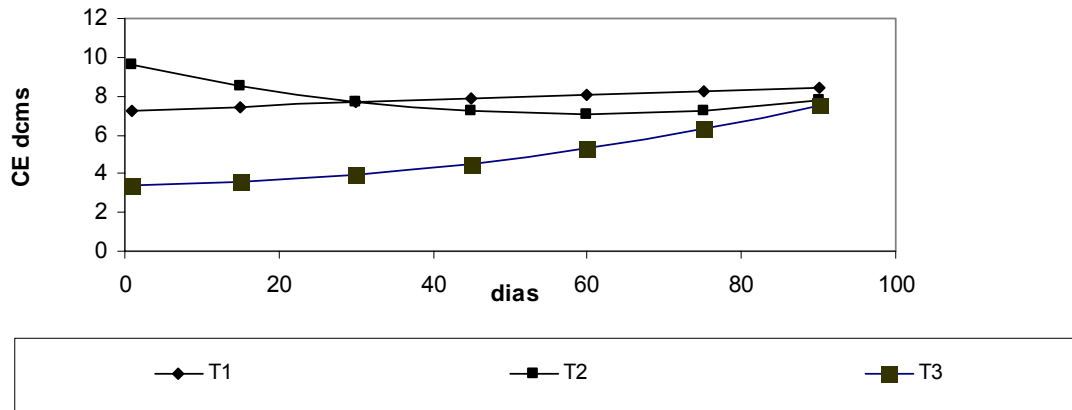


Figura 4.3 Comportamiento de la CE durante el vermicomposteo con *E. fetida*

Estos resultados se ajustaron a las ecuaciones cuadráticas (Cuadro 4.3), destacando T1 y T2 con una r² de 0.89.

Cuadro 4.3. Ecuaciones cuadráticas del comportamiento de la variable CE.

Tratamiento	Ecuación	R ²
1	Y=2.98X ² +0.016X+0.28	0.89
2	Y=-0.007X ² +0.091X+0.083	0.87
3	Y=0.0005X ² +0.002X+0.53	0.89

Los resultados obtenidos, para CE, coinciden con Santamaria-Romero *et al.* (2001), quienes obtuvieron una CE de 3 a 9 mS•cm⁻¹, en vermicompost y compost a partir de residuos de poda y estiércol de equino con lombriz *E. andrei*. Igualmente Capulín *et al.* (2001), realizaron un trabajo de vermicomposteo con *E. fetida* en sustratos de bovino registraron rangos de 4.6-6 mS•cm⁻¹, siendo inferiores a los reportados en este trabajo. Sin embargo Contreras-Ramos *et al.* (2005), realizaron un trabajo de vermicomposteo con *E. fetida* en mezclas compuestas de bovino y avena

registraron una CE de $9.9 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$; Coincidiendo con el valor reportado en el presente trabajo, para T1.

4.4 Conteo final de *Eisenia fetida* en los sustratos vermicomposteados.

A los 90 días del experimento las poblaciones de *E. fetida* aumentaron considerablemente en los tres tratamientos inoculados. En la figura 4.4, Se observa que el tratamiento T3 superó a T1 y T2 en el conteo final, con lo que se establece que las lombrices prefieren el estiércol de equino dónde se reprodujeron 3.7 veces su valor inicial, mientras que en el T1 se reprodujeron 2.9 veces.

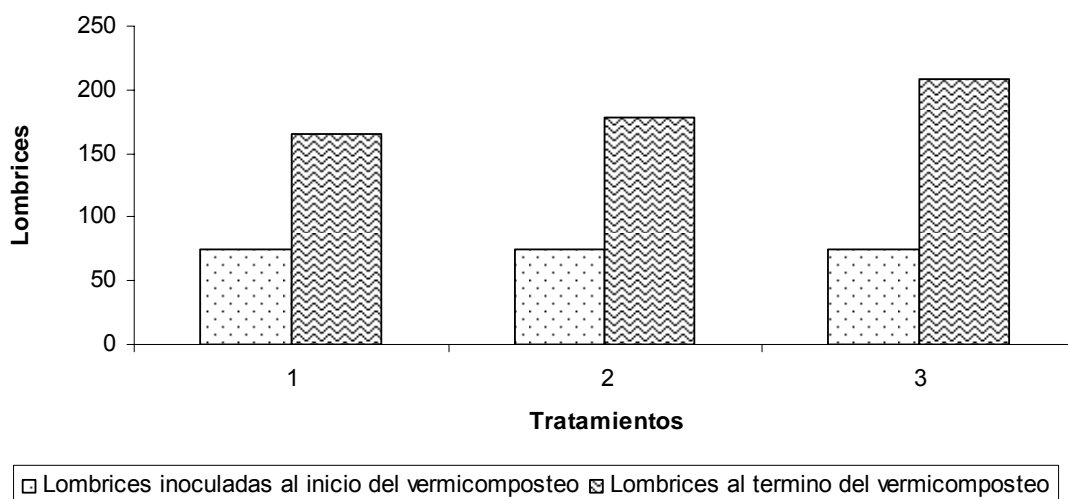


Figura 4.4 Conteo Inicial y Final de Poblaciones de *E. fetida* en los Sustratos Vermicomposteados

Los resultados obtenidos coinciden con Moreno y Cano (2002), quienes realizaron un estudio sobre la tasa reproductiva de la lombriz *E. fetida* en diferentes sustratos orgánicos y concluyeron que el estiércol de caballo es el mejor medio para la reproducción de la lombriz ya que se reprodujo siete veces su valor inicial durante en un periodo de 6 meses. El estiércol equino debido a su alto contenido de paja forma un alimento excepcional para la lombriz. Esto a la vez difiere de López *et al.* (2003) quienes refieren al estiércol ovino como el mejor sustrato para la producción

de la lombriz ya que se duplico el número de lombrices al término de tres meses.

En otro experimento Gajalakshmi et al. (2001) inocularon 20 lombrices *E. eugeniae* adultas en mezclas compuestas de residuos orgánicos y estiércol de bovino. Al final de su experimento, la población inicial incrementó 2.5 veces en todos los tratamientos, estos resultados fueron superados en este trabajo ya que el T1 se duplicó 2.9, T2 y T3 en 3.1 y 3.7 veces su población respectivamente.

Derivado de la prueba de DMS (5 %), en el análisis de varianza para la variable de lombrices finales, no se presento diferencia significativa en los sustratos (cuadro 4.4). Aunque no hubo diferencias estadísticas en la comparación de medias, el sustrato T3 (estiércol equino) fue el mejor tratamiento con una media de 69.33 y un coeficiente de variación de 10.38 %. (Cuadro a de Apéndices)

Cuadro 4.4 Comparación de medias de los tratamientos con prueba de DMS (5%) para la variable de lombrices finales.

Tratamiento	Media	
1	55.00	A
2	59.33	A
3	69.33	A

Tratamiento con la misma letra son estadísticamente iguales

4.5 Conteo final de cocones en los sustratos vermicomposteados

Derivado de la prueba de DMS (5 %), en el análisis de varianza para la variable numero de cocones, los tratamientos T2 y T3 mostraron diferencia significativa sobre el T1 (Cuadro 4.4). con un coeficiente de variación de 17.60 %. (Cuadro b de Apéndice).

El tratamiento 3 (estiércol equino), produjo el mayor número de cocones 74.66 seguido por el T2 (estiércol caprino) con 72.33 y por último el

T1 (estiércol bovino) con 46 (figura 4.5), esto se debió a que en la reproducción de la lombriz, el tratamiento uno fue el que menos individuos registro (figura 4.4), debido a que al inicio del vermicomposteo presentó una conductividad de $7.5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ que está por encima de la óptima que es de $7 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Reinés (2004), menciona, que la calidad del alimento ofrecido a los bovinos modifica el contenido de elementos nutritivos del estiércol excretado, el cual puede originar cantidades elevadas de gases tóxicos (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) además de metales pesados (arsénico, plomo, zinc, etc.), la presencia de éstos pudo haber afectado la reproducción de la lombriz y consecuentemente la producción de cocones.

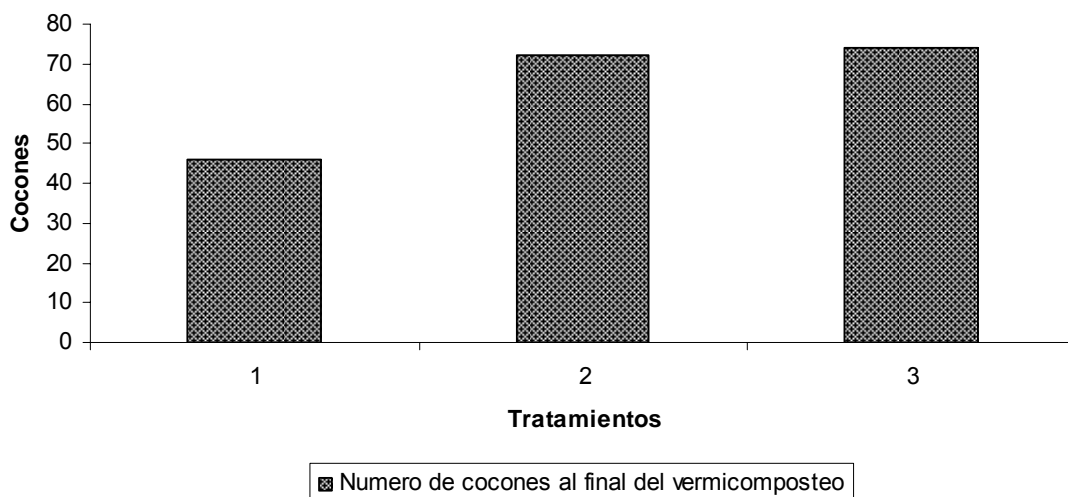


Figura 4.5 Conteo Final de Cocones de *E. fetida* en los Sustratos Vermicomposteados

Moreno y Cano (2002), encontraron en el estiércol equino el mayor número de cocones, donde se inocularon 100 lombrices durante 6 meses obteniendo 1517 cocones lo cual coincide con los resultados de este trabajo, debido a que también en este experimento se obtuvo el mayor número de lombrices y cocones en este material. Por el contrario López *et al.* (2003) en un trabajo realizado con diferentes estiércoles frescos y composteados, obtuvo en el estiércol composteado de bovino el mayor número de cocones, donde se inocularon 100 lombrices durante 3 meses obteniendo 201,

mientras que en el de ovino obtuvo menor población con 145, los cuales son totalmente diferentes a los encontrados en este trabajo.

Cuadro 4.5 Comparación de los valores promedio de los tratamientos con prueba de DMS (5%) para la variable número de cocones

Tratamiento	Media	
1	46.00	B
2	74.66	A
3	72.33	A

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

Para los elementos nutritivos solo se contó con recursos para los análisis iniciales y finales de cada elemento, por lo que se hace una descripción general del comportamiento registrado.

4.6 Nitrógeno total

Es de gran importancia en los fertilizantes, debido a que es la fuente principal de este elemento nutritivo, ya que es el que mayor demanda la planta para cumplir su ciclo, por este motivo se tiene que incorporar al suelo en forma asimilable para que la planta lo pueda tomar, El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de la clorofila para las plantas (Castellanos *et al.* 2000).

Cuadro 4.6 Contenido de Nitrógeno total en los sustratos.

Tratamiento	Antes del Vermicomposteo (%)	Después del vermicomposteo (%)	Diferencia (%)	Comparación (%)
T1	0.71	1.06	49 ↑	1.8 ▲
T2	0.66	0.94	42 ↑	0.828 ■
T3	0.70	1.12	60 ↑	0.948 ■

T1= estiércol bovino, T2=estiércol caprino, T3=estiércol equino.

Fuente: ■=Moreno-Reséndez *et al.* (2005). ▲= Rodríguez y Paniagua, (2006).

En el cuadro 4.6, se puede apreciar que el mayor porcentaje de nitrógeno se determinó para el sustrato que contenía estiércol de caballo. Lo anterior indica que la cantidad de nitrógeno total se incrementó en un 60 % en T3, siendo 19 y 30 % más que el T1 y T2 respectivamente. Los resultados de los sustratos de cabra y caballo fueron superiores a los de Moreno-Reséndez *et al.* (2005), mientras que el de bovino fue inferior al reportado por Rodríguez y Paniagua (2006), (cuadro 4.6).

Por otro lado el contenido de nitrógeno total registrado en todos los tratamientos superó a los valores obtenidos por Santamaría-Romero *et al.* (2001) quienes obtuvieron 0.99 % en una investigación con compost y vermicompost a partir de residuos de jardín mezclados con estiércol de conejo. Cabe resaltar que el 100 % de las lombrices sobrevivieron en los tres tratamientos.

4.7 Fósforo

El fósforo es importante en los fertilizantes ya que estos son los que lo suministran al suelo, debido a que este elemento no es abundante en el suelo, y mucho del que está presente no está asimilable para la planta, Este elemento es esencial para el crecimiento de las plantas. No existe ningún otro elemento nutritivo que pueda sustituirlo. Las plantas deben de tener fósforo para complementar su ciclo normal (Castellanos *et al.*, 2000).

El cuadro 4.7 permite apreciar que los valores de los tres tratamientos fueron diferentes, sobresaliendo el T1 (estiércol bovino), el cual tuvo el mayor incremento de fósforo, 483 %, siendo 34 y 40 % mayor que T2 y T3 respectivamente.

Cuadro 4.7 Concentración de Fósforo en los sustratos

Tratamiento	Antes del Vermicomposteo (%)	Después del vermicomposteo (%)	Diferencia (%)	Comparación (%)
T1	0.18	1.05	483 ↑	1 ■
T2	0.17	0.71	317 ↑	1 ▲, ► 1.03
T3	0.23	0.89	286 ↑	► 0.90

T1= estiércol bovino, T2=estiércol caprino, T3=estiércol equino.

Fuente: ■ Romero (1997), ▲ Ducasal (200) y ► Barbado (2003)

A diferencia de este experimento, Romero (1997), reporta un valor de 1 % de fósforo en estiércol bovino vermicomposteado, en un trabajo realizado con estiércoles y biosólidos (cuadro 4.7), mientras que en los tratamientos 2 y 3, las concentraciones obtenidas fueron menores a las reportadas por Ducasal (2000) y Barbado (2003) en un trabajo realizado en diferentes estiércoles (cuadro 4.7) por lo cual las concentraciones obtenidas en T2 y T3 no se consideran de calidad para la agronomía ya que sus concentraciones son menores a 0.96 % de acuerdo a lo establecido por Cardoso-Vigueros (s/f).

4.8 Potasio

El abastecimiento de K en el suelo es limitado para las plantas, de ahí la importancia que tiene el K en los abonos, que es el de regresar al suelo para no disminuir su fertilidad debido a las extracciones por las plantas (Castellanos *et al.* 2000).

En el cuadro 4.8 se puede observar que el estiércol bovino (T1) fue el que mayor incremento de potasio presentó, aumentando un 190 %, siendo 88 y 95 % más que el T2 y T3 respectivamente. Los resultados de los sustratos de estiércoles de cabra y caballo fueron superiores a los de Pérez *et al.* (2008) en un trabajo con enmiendas orgánicas, mientras que el de bovino fue superior a los reportados por Barbado (2003) y al de Wong y Jiménez (s/f) en un experimento con estiércol caprino y bovino, (cuadro 4.8).

Cuadro 4.8 Concentración de potasio en los sustratos

Tratamiento	Antes del Vermicomposteo Meq•100 g ⁻¹	Después del vermicomposteo meq•100 g ⁻¹	Diferencia (%)	Comparación meq•100 g ⁻¹
T1	2.89	8.4	190 % ↑	8.2▶,7■
T2	3.3	4	21 % ↑	3.58▼
T3	2.74	3	9 % ↑	1.8▼

T1= estiércol bovino, T2=estiércol caprino, T3=estiércol equino.

Fuente: Pérez *et al.* 2008▼, Barbado (2003) ■, Wong y Jiménez (s/f) ▶

Es uno de los elementos esenciales de las plantas y participa en la acción de muchas enzimas, las reacciones hídricas, la transpiración y las relaciones energéticas, la traslocación de asimilados, la absorción de nitrógeno y la síntesis de proteína (Castellanos *et al.*, 2000).

4.9 Materia orgánica

La aplicación de materia orgánica humificada aporta elementos nutritivos y funciona como base para la formación de múltiples compuestos, que mantienen la actividad microbiana como son las sustancias húmicas y fúlvicas, de aquí su importancia en los abonos. El contenido de materia orgánica del suelo es probablemente una de sus principales características. Esta propiedad se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre, en cuyos ciclos juegan un papel importante (Castellanos *et al.* 2000).

En el cuadro 4.9, se puede observar que el T3 que contenía estiércol equino, fue el que mayor porcentaje de materia orgánica presentó, este sustrato presentó un aumento de 110 %, siendo 65 y 110 % más que el T1 y T2 respectivamente.

A diferencia de este experimento, Moreno-Reséndez (2005), en estiercoles de cabra y caballo vermicomposteados, Rodríguez y Paniagua (2006) en biosólidos y Wong y Jiménez (s/f), en biofertilizantes de bovino y caprino obtuvieron resultados mayores en sustratos de bovino (T1) y caprino (T2), (cuadro 4.9). Sin embargo Zapata *et al.* (2005) utilizando lodos

municipales y residuos de corteza de pino, reportaron valores de 46 % de materia orgánica, siendo superiores a todos los antes mencionados.

Cuadro 4.9 Concentración de Materia Orgánica en los sustratos

Tratamiento	Antes del Vermicomposteo (%)	Después del vermicomposteo (%)	Diferencia (%)	Comparación (%)
T1	17.42	24.12	38 ↑	35.32■
T2	12.06	12.06	0 ↑	▲15.75, ▼26
T3	13.4	28.14	110 ↑	▲24.7

T1= estiércol bovino, T2=estiércol caprino, T3=estiércol equino.

Fuente: ▲Moreno-Reséndez *et al.* (2004), ■ Rodríguez y Paniagua (2006), Wong y Jiménez (s/f)▼

4.10 Ácidos Húmicos.

La importancia de estos ácidos en los abonos orgánicos es para obtener de inmediato sus beneficios y ventajas, ya que si se espera al proceso natural se obtendrán después de 2 o 3 años. Son moléculas complejas orgánicas, formadas por la descomposición de la materia orgánica. Éstos influyen en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua y su incremento en la absorción de elementos nutritivos (Castellanos *et al.* 2000).

Cuadro 4.10 Concentración de Ácidos Húmicos en los sustratos

Tratamiento	Antes del Vermicomposteo (%)	Después del vermicomposteo (%)	Diferencia (%)
T1	7.9	8.3	5 ↑
T2	8	8.61	8 ↑
T3	9.1	9.71	6.7 ↑

Para el valor de ácidos húmicos en T2 (estiércol caprino), fue el que sobresalió con un aumento de 8 %, sobre T1 y T3, siendo 37 y 16.25 % más respectivamente.

Las concentraciones de ácidos húmicos en el T1, son inferiores a las reportadas por (De la Cruz *et al.*, 2007), que fueron de 5.3 % en un experimento con diferentes estiércoles, mientras que T2 y T3 superaron a las cantidades de Luévano y Velásquez (2001), conseguidas en estiércol bovino que fueron de 4 % y a las de Mejía-Araya (2007), de 1.4 % en una composta de desechos urbanos.

4.11 Ácidos Fúlvicos.

La importancia de éstos en los abonos orgánicos es que una vez aplicados, inmediatamente se observan sus beneficios debido a su rápida asimilación, aumentando de esta manera su Capacidad de Intercambio Cationico del suelo. Al igual que los húmicos son producto de la descomposición avanzada de la materia orgánica. Se considera un estadio previo a los húmicos (Castellanos *et al.* 2000).

Cuadro 4.11. Concentración de Ácidos Fúlvicos en los sustratos

Tratamiento	Antes del Vermicomposteo (%)	Después del vermicomposteo (%)	Diferencia (%)
T1	1.66	1.76	6 % ↑
T2	1.61	1.76	9 % ↑
T3	2.21	1.54	30 % ↓

En el total de ácidos fúlvicos el T2 (estiércol caprino), culminó con un aumento de 9 % superando al T1 y T3 con 33 y 233 % correspondientemente (Cuadro 4.11).

A diferencia de este experimento (De la Cruz *et al.*, 2007), en sustrato de bovino y Mejía-Araya (2007), en compost de desechos urbanos, obtuvieron valores mayores en sus experimentos de 5.8 y 2.6 % respectivamente. Cabe resaltar que en el T3, (estiércol equino), su valor disminuyó al término del vermicomposteo lo cual no ha sucedido en otras investigaciones antes mencionadas.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se evaluó la calidad del vermicompost generado a partir de diferentes estiércoles, así como la adaptación y reproducción de las lombrices a diferentes medios de crecimiento; se obtuvieron las siguientes conclusiones:

De los materiales utilizados para evaluar la velocidad de reproducción de las lombrices de la especie *Eisenia fetida*, bajo las condiciones que imperan en la Comarca Lagunera, se concluyó que el estiércol equino, composteado, generó el mayor número de lombrices y cocones por lo tanto este estiércol se considera el más apropiado para el establecimiento de criaderos de lombrices.

En cuanto a las características químicas de los sustratos los tres tratamientos aumentaron sus valores de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Materia Orgánica, Ácidos Húmicos y Fúlvicos. Mientras el pH se mantuvo alrededor de la neutralidad y la Conductividad Eléctrica se redujo lo que demuestra el papel estabilizador de la lombriz en los estiércoles.

Respecto a la adaptación y sobrevivencia de la lombriz, cabe resaltar que el 100 % de las lombrices en los tres tratamientos sobrevivieron y tuvieron un aumento considerable. En la cantidad de organismos que sobrevivieron en los tres sustratos, destacándose al estiércol equino.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Adler, P. R., and L. J. Sikora. 2005. Mesophilic composting of arctic char manure. *Compost Sci. Util.* 13: 34-42.
- Altieri, M., A. y Uphoff, N. 2000. Alternativas a la agricultura moderna convencional para enfrentar las necesidades de alimentos en el próximo siglo. In: Conferencia sobre la agricultura sostenible: Evaluación de nuevos paradigmas y modelos tradicionales de producción. Bellagio, Italia. 13 p. Disponible en <http://www.uady.mx/sitios/veterinaria/ofacad/cursoprotropico/material/articulo/2paradigmas/Coc/Alternativasres.Pdf>. Fecha de recuperación: 24 de Octubre del 2008.
- Atiyeh, R. M. S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J .D. Metzger, W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Baca, M. T., F. Fornasier y M. De Nobili. 1992. Mineralization and humification pathways two composting processes applied to cotton wastes. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 74: 345-358.
- Barbado, J. L. 2003. Cría de lombrices, Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. Pp. 17-30.

- Bravo-Varas, A. 1996. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz Roja Californiana. (*Eisenia foetida*). Facultad de Humanidades. Universidad Yacambu. 6 p. Disponible en: <http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/8317/eisenia.html>. Recuperado el 24 de Octubre de 2008.
- Buck, C., Langmaack, M. and Schrader, S. 2000. Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Appl. Soil Ecol.*, 14: 223-229.
- Breitenbeck, G. A., and D. Schellinger. 2004. Calculating the reduction in material mass and volume during composting. *Compost Sci. Util.* 12: 365-371.
- Calderón, O. A. 2003. Sustratos agrícolas " [en línea]. [Chile]. sustrato@uchile.cl
<http://www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf> [Consulta: 8/11/09].
- Capulin, G. J., Nuñez, E. R., Etcheveres, B, J.D., Baca, C,G.A..E. 2001. Evaluation of liquid cattle manure extract as a plant nutrition input in hydroponics. *Agrociencia. México.* 35 (3): P. 287-292.
- Cardoso, L., and E. Ramirez. 2002. Vermicomposting of Sewage Sludge: A New Technology For Mexico. *Water Science*, 46 (10): 153-158.
- Castellanos, J.Z., Uvalle B.J.X., y Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de Análisis de suelos y aguas. INCAPA. México.
- Castillo. A., S. Quarin, H., M. Iglesias. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica de Chile.* 60: 74-79.

- Contreras-Ramos, S. M; Escamilla-Silva, E. M; Dendooven, L. 2005. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. *Biol. Fertil. Soils* 41: 190-198.
- Daane, L. L., Molina, J. A., Berry, E. C., and Sadowsky, M. J. 1996. Influence of earthworm activity on gene transfer from *Pseudomonas fluorescens* to indigenous soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 62(2): 515-21.
- De la Cruz-Rodríguez., R. A. 2007. Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y vermicomposteo. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- De la Cruz-Lázaro E., M.A. Estrada B., V. Robledo T., R. Osorio O., C. Márquez H. y R. Sánchez H. 2009. Tomato production in greenhouse using compost and vermicompost as substrate. *Uniciencia.* 25 (1): 59-67.
- Díaz-Serrano, F. R., 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero, México. *In: Memoria del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción* Torreón, Coah, México.
- Domínguez, J., Parmelee, R.W. and Edwards, C.A. 2003. Interactions between *Eisenia andrei* (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting. *Pedobiología*, 47: 53-60.
- Ducasal, R. R. 2002. Biofertilizantes, Sinaloa. Ganadería Integral Vizur-Fundación Produce. P.1-3. Disponible en:http://www.uach.mx/extencion-7-difusion/sintesis/2009/08/20/situacion_actual_del_recurso_suelo. Pdf. Fecha de recuperacion: 2 de Noviembre del 2009

- Duran, L. y Enríquez, C. 2006. Caracterización Química, Física y Microbiológica de vermicompostas producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costaricense* 31(1): 41-51. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v31n01_041.pdf. Fecha de recuperación: 3 de Noviembre del 2009.
- Eastman, B. R. 1999. Achieving pathogen stabilization using vermicomposting. *BioCycle*. 62-64. Disponible en <http://gnv.fdt.net/windle/refrense/nov99.htm>. Fecha de recuperación: 31 de Agosto del 2009.
- Elvira, C., L. Sanpedro, E. Benitez y R. Nogales. 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia Andrei*: A pilot scale study. *Bioresource Technology* 63: 205-211.
- Ferruzzi., C. 1986. Manual de lombricultura. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. P. 69-74.
- Gajalakshmi, S., E. V. Ramasamy y S.A. Abbasi 2001. Potencial of two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Bioresource Technology* 76: 177-181.
- Giulietti. A., R. Om., P. He., y O. Terenti. 2008. Effect of four vermicomposts on growth of *Digitaria eriantha* plants. (With 6 tables). Argentina. 77: 137-149.
- Gliessman, S., R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica.
- Ghosh, M., Chattopadhyay, G. N. and Baral, K., 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. *Biores. Technol.* 69: 149-154.

- González, J., O.L., A. Díaz. D.,G. Bouza,. H. 2006. Comportamiento de la lombriz roja californiana *Eiseni fetida*. Universidad del Pinar del Río. Cuba. Pp.1-10.
- Gutiérrez, V., E. y C. Juárez., A. 2007. Dynamics population earthworm *Eisenia foetida* in fresh and composted manure of bovine and ovine. RETVET. Mexico. 7 (7): 1-7.
- Hao, X., C. Chang, and F. J. Larney. 2004. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J. Environ. Qual. 33: 37-44.
- Hernández, D. 2004. Lombricultura contra contaminación ambiental. Universidad Nacional. Chile. Pp. 1-3. Disponible en: <http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/106/hernandez106.htm>. Fecha de recuperación: 2 de Agosto del 2009.
- Hess, T. F., I. Grdzlishvili, H. Sheng, and C. J. Hovde. 2004. Heat inactivation of *E. Coli* during manure composting. Compost Sci. Util. 12: 314-322.
- Instituto Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria (INIFAP). 2005. Uso sustentable de desechos orgánicos en sistemas de producción agrícola, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, México.
- Johansson, M., E. Emmoth, A. C. Salomonsson, and A. Albiñ. 2005. Potential risks when spreading anaerobic digestion residues on grass silage crops – survival of bacteria, moulds and viruses. Grass Forage Sci. 60: 175-185.
- López, J. M. A., Hernández, S. M. y Elorza, M. P. 2003. “Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisena andrei savignii*)”. Revista Científica UDO Agrícola. 3(1):12-16.

- Luévano, G., A., y V. Gálvez., N. 2001. Ejemplo singular en los Agronegocios Estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. En Revista Mexicana de Agronegocios. 9: 306-309.
- Mejía-Anaya, P. 2007. Manual de lombricultura. Disponible: <http://www.manualespdf.es/manual-lombricultura/>. Fecha de recuperación: 2 de Noviembre 2009.
- Mendoza, G., Lenin. 2006. Manual de lombricultura. Disponible en www.cecytech.edu.mx/pdf/manual-proyecto1.pdf. Fecha de recuperación: 3 de Noviembre del 2009.
- Mendoza, G., L. 2008. Manual de lombricultura. Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas. Pp11-21. México. Disponible en www.cecytech.edu.mx/pdf/manual-proyecto2.pdf. Fecha de recuperación: 3 de Noviembre del 2009.
- Millar, F.C. 1993. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors.. In: Soil Microbial Ecology. F.B. Metting, Jr ed. Marcel Dekker, Inc. New York. 515-544.
- Ministerio de Agricultura Técnica (MAT). 2007. Cuaderno de divulgación técnica. Lombricultura. Chile, p.7-9 y 14-17.
- Moreno-Reséndez. A. 2005. Origen importancia y aplicación de vermiopost para el desarrollo de especies hortícola y ornamentales. Departamento de suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. P. 3-9.
- Moreno. R., A y C. Ríos., P. 2002. Tasa reproductiva de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en diferentes substratos orgánicos. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. México. 3 (1): 41-56.

- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador B., Troyo-Dieguez E. Larrinaga-Mayoral J.A. y García-Hernandez J.L. 2002. Uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de chile (*Capsicum annuum* L.). *Interciencia*. 27(8): 417-421.
- Pastorelly, R., D. S/F. Manual para la agricultura Orgánica. Chile. Pp. 1-14. Disponible en: <http://www.consumosustentable.org/docs/1003.pdf>. Recuperado 2 de Septiembre del 2009.
- Pérez., A. Céspedes., C. Nuñez., P. 2008. Caracterización físico-química y biológica de enmiendas orgánicas a aplicadas en la producción de cultivos en Republica Dominicana. *R. C. Suelo. Nutrición Vegetal*. 8 (4):10-29.
- Porter, H., C. 2000. New trenes in sustainable farming build compost use. *BioCycle*. 41: 30-35.
- Raviv, M.O., A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12(1):6-10.
- Reinés, A. M. M. 2004. Dinámica y causa de la presencia de planarias terrestres Plathelminthes: terrícola en unidades de lombricultura en Cuba. *In: Memoria del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos: Inocuidad Alimentaría y un Ambiente Sano*. 10-12 de marzo. Guadalajara, Jalisco, México. P.118-121.
- Rodríguez, Q., G. Paniaguas. M., J. El vermicomposteo de Biosolidos y aguas tratadas en el Noroeste de México. *Ecoparqué, un caso de estudio*. Encebada. Pp. 1-10.

- Romero. M., R. L. 1997. Abonos orgánicos y químicos en producción y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de MC. Colegio de postgraduados, México. Disponible en: Red Mexicana de Bibliotecas Agropecuarias; REMBA. Fecha de recuperación: 1 de noviembre 2009.
- Samperio-Ruiz, G. 2004. Un paso más en la hidroponía. Ed. Diana. S.A. de C.V. México. Pp. 57-72.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2007. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo Dgo.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2008. Anuario estadístico de la utilización de estiércoles de la Comarca Lagunera. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Dirección General de Desarrollo Rural. México.
- Santamarina-Romero, S., y R. Ferrera-Cerrato. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia*. 35 (4): 377-384.
- Santelices. S., M. 2007. Morfología de la Lombriz. Lombricultura Pachamama S.A. Profesor de Biología y Ciencias Naturales de Chile, Sede Talcahuano. Disponible en <http://www.lombricultutra.cl/biblioteca/morfolog%20de%20LA%20lombriz.pdf>. Fecha de recuperación: 31 de Agosto del 2009.
- Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses-A Review. *J. Am. Sci.* 1(1): 1-16.

- Schuldt, M., A. Rumi, D. Gutiérrez Gregoric, J. Bodnar, N. Revora, V. Tasso, M. Valenti y J. Varela, 2001. Crecimiento, madurez sexual y potencial reproductor de *Eisenia foetida* (Annelida, Lumbricidae) con scrap de arroz, estiércol de conejo y residuos domiciliarios. 11a. Jornada Nacional de Lombricultura; Gral. Cabrera, Cordoba, octubre 2001.
- Soto, G., Muñoz., C. 2002. Consideraciones técnicas y prácticas sobre el composteo y su empleo en la agricultura, Manejo integrado de plagas agroecología. Costa Rica. Pp. 123-125.
- Spurgeon, D. J. and S. P. Hopkin. 2000. The Developmen of Genetically Inherited Resistance to Zinc In Laboratory-Selected Generations of The Earthworm *Eisenia fetida*. Environ. Pollut. 12:193-201.
- Toccalino, P.A., Agüero, M.C., Serebrinsky, C.A., y Roux, J.P. 2004 Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. REVVET. 15: (2) 65–69.
- Tocalino, P, A., Roux J. P., Agüero, C. M. 2007. Comportamiento reproductivo de *Eisenia fétida* (Lombriz roja de californiana) Durante las cuatro estaciones del año y alimentada con diferentes compostages. Facultad de Ciencias Veterinarias-UNNE. Disponible en www.unne.edu.ar/cyt/2001/4-Veterinarias/v-040.pdf. Fecha de recuperación: 17 de Agosto del 2009.
- Vázquez-Alvarado, R.E. 2003. Uso y manejo de estiércoles. In: Abonos orgánicos y plasticulticultura. Ed. Enrique Salazar Sosa, Durango México. Facultad de Agronomía y Zootecnia UJED. Pp. 68-73.

Vielma, R., Ovalles, J., Leon, A., Medina, A. 2003. Valor nutritivo de la lombriz (*Eisenia fetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía (HPLC) Universidad de los Angeles Republica Bolivariana de Venezuela. Disponible en: <http://www.org.es/ars/abstract/44-43-03>. fecha de recuperación: 16 de Septiembre del 2009.

Wilkie, A. C. 2003. Anaerobic digestion of flushed dairy manure. In: Anaerobic digester technology applications in animal agriculture, Alexandria, Virginia. P 350-354.

Wikipedia. 2009. Torreón. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Torre%C3%B3n>. Fecha de recuperacion: 17 Agosto del 2009.

Wong, M., Jiménez., y E. S/F. Comparación del efecto de 2 biofertilizantes líquidos a base de estiércol caprino y vacuno sobre parámetros de crecimiento de Algarrobo (*Prosopis juliflora* (SW) DC) en fase de viveros. Ecuador. Pp1-5. Disponible en:[http://wwwconabio.gob.mx/conocimientos/infloespesies/arboles/elotus/46.legum 44 m.pdf](http://wwwconabio.gob.mx/conocimientos/infloespesies/arboles/elotus/46.legum%2044%20m.pdf). Fecha de recuperación: 1 de Noviembre del 2009.

Zapata. N., Guerrero. F., and Polo. A. 2005. Evaluation of pine bark and urban wastes as components of plant growth media. Agricultura tecnica. 65: 378-387.

VII APÉNDICE

Cuadro A. Conteo Final de Lombrices

Tratamiento	Población Inicial	Población Final
T1	75	165
T2	75	178
T3	75	208

Cuadro B. Análisis de varianza para las variables evaluadas

a. Análisis de varianza de número de lombrices final de *E. fetida*.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	P>F
Tratamientos	2	324.22	162.11	4.01	0.1108 NS
Repeticiones	2	257.55	128.77		
Error	4	161.77			
Total	8	743.55			
C.V=	10.38 %				

b. Análisis de varianza de número de cocones de *E. fetida*

F.V	G.L	S.C	C.M	F	P>F
Tratamientos	2	1520.66	760.33	5.92	.0637 ^x
Repeticiones	2	266	133.00		
Error	4	513.33			
Total	8	2300			
C.V= 17.60 %					

Cuadro C. Comportamiento de la Temperatura Durante los 90 Días del Vermicomposteo

Fechas tratamientos	26- 09- 08	03- 10- 08	10- 10- 08	17- 10- 08	24- 20- 08	31- 10- 08	07- 11- 08	14- 11- 08	21- 11- 08	28- 11- 08	05- 12- 08
T1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
R1	28	30	20	20	21	19	16	15	14	14	14
R2	29	30	20	20	20	18	16	14	15	14	13
R3	30	28	29	20	20	19	18	14	14	13	12
T2											
R1	28	29	20	20	20	20	18	13	14	14	14
R2	28	30	20	29	20	18	17	13	14	13	14
R3	29	28	20	20	20	18	17	13	14	14	13
T3											
R1	30	28	19	20	20	18	18	13	13	13	14
R2	30	29	20	20	20	19	17	14	13	13	14
R2	30	29	20	20	20	18	17	13	14	13	14