

REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia fetida*) EN SUSTRATOS ORGANICOS PECUARIOS

MINERVO CRUZ FLORES

TESIS

Presentada como requisito
parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
Ingeniería de Sistemas Agrícolas

Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro



PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Mayo del 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia fetida*) EN SUSTRATOS
ORGÁNICOS PECUARIOS**

TESIS

POR

MINERVO CRUZ FLORES

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN INGENIERIA DE SISTEMAS AGRICOLAS

COMITE PARTICULAR

Asesor principal: _____
Dr. Alejandro Hernández Herrera

Asesor: _____
Dr. Edmundo Peña Cervantes

Asesor externo: _____
M.C. Emilio Rascón Alvarado

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo del 2005

AGRADECIMIENTOS

Al comité del programa de Ingeniería de Sistemas Agrícolas por brindarme la oportunidad de formarme como Maestro en Ciencias.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de los departamentos de Maquinaria Agrícola, Riego y Drenaje y Ciencias del Suelo, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado, especialmente al Dr. Eduardo Narro Farías y el Dr. Rubén López Cervantes.

Al Dr. Alejandro Hernández Herrera, por aceptar mi propuesta de investigación y por la confianza que depositó en mi al fungir como asesor principal de esta investigación y por su incansable disposición al trabajo.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes, por sus asesorías y recomendaciones para concluir mi trabajo de investigación.

Al MS. Ricardo De León García, por su minuciosa revisión y sus propuestas en el buen desarrollo del presente trabajo.

Al MC. Emilio Rascón Alvarado, por sus consejos morales que favorecieron la presentación del presente trabajo.

A TLQ. Patricia Herrera Gaytan, por su amabilidad y apoyo incondicional para realizar los trabajos de Laboratorio.

A todos los profesores, por compartir sus sabios conocimientos en mi vida profesional, y que enlistarlos no sería posible.

Y a todos mis compañeros, que gracias a su compañía y de gratos momentos de convivencia fue posible terminar este documento.

DEDICATORIA

Este esfuerzo es dedicado a mis padres y hermanos, ya que son los seres que más quiero en mi vida, a quienes les debo todo lo que soy y por ellos, seguiré esforzándome para que este trabajo sea de mucha utilidad.

DEDICACIÓN ESPECIAL

En este apartado, agradezco ampliamente al *MS. Ricardo De León García*, quien participó incondicionalmente durante el desarrollo del presente trabajo, ya que por su minuciosa revisión y sus sabias propuestas, se concluye el presente trabajo.

COMPENDIO

Reproducción de la Lombriz Roja (*Eisenia fetida*) en
Sustratos Orgánicos Pecuarios

POR

MINERVO CRUZ FLORES

MAESTRIA

INGENIERIA DE SISTEMAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO DEL 2005.

Dr. Alejandro Hernández Herrera. – Asesor –

Palabras claves: *Lombricultura, estiércol, sustrato, compostaje, Eisenia fetida.*

El cultivo de las lombrices rojas (*Eisenia fetida*) en zonas semiáridas se ve afectada por la calidad de los sustratos y las condiciones climáticas, limitando su reproducción. Por este motivo se elaboraron sustratos orgánicos pecuarios para determinar su efecto en la tasa de reproducción de la lombriz roja. Se utilizó un diseño factorial completamente al azar con tres repeticiones. La experiencia realizada indicó que todos los sustratos fueron aceptados para la reproducción de la lombriz. Las evaluaciones indicaron que los sustratos de estiércol bovino de carne (EBC), estiércol de cabra (EC) y estiércol bovino de leche más residuo de celulosa (EBL+RC) tuvieron mayor desempeño en la

reproducción. El sustrato EBC mostró mayor cantidad de individuos incluyendo las lombrices cliteladas y juveniles en 35 días, alcanzando una población de 25,422.0 individuos/0.2 m³. Sin embargo el sustrato EC reveló mayor producción de cápsulas y mayor peso a los 35 días. Mientras que el sustrato EBL+RC presentó un incremento de 36 por ciento respecto al peso inicial de la lombriz inoculada a los 14 días. No se encontraron diferencias significativas en el peso de lombrices juveniles respecto a la población de lombrices inoculadas y a los sustratos estudiados.

SUMMARY

Reproduction Red Earthworm (*Eisenia fetida*) on Organic Substratum Livestock

BY

MINERVO CRUZ FLORES

MAESTRIA

INGENIERIA DE SISTEMAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAY 2005.

Dr. Alejandro Hernández Herrera. – Adviser –

Key word: *Worm culture, dung, substratum ,composting, Eisenia fetida.*

The earthworm culture (*Eisenia fetida*) in semiarid zones is affected by the substratums quality and climatic conditions, limiting its reproduction. Organic substratums livestock were elaborated to determine his effect in the rate reproduction of the red earthworm. In this study a factorial design completely at random with three repetitions was used. The developed experience indicated that all substratums were accepted for the earthworm reproduction. The substratums of dung bovine beef (EBC), goat dung (EC) and bovine milk dung + remainders celluloses (EBL+RC) had best performance in the reproduction. The substratum EBC showed bigger quantity of individuals including the earthworms

with clitellum and juvenile earthworm in 35 days, catching up with a population of 25422.0 individuals/0.2 m³. However, the substratum EC to the 35 days, revealed bigger capsules production and bigger weight. While the substratum EBL+RC presented an increment of 36 percent in relation to the weight initial of earthworm inoculated in 14 days. In this study, there were not found significant differences in the juvenile earthworms weight in relation to the inoculated population of earthworms and the studied substratums.

ÍNDICE

	PAG.
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE CUADROS	<i>xi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>xii</i>
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis y Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	
Generalidades de la Lombriz Roja (<i>Eisenia fetida</i>)	4
Clasificación Ecológica	4
Clasificación Sistemática	5
Ciclo Biológico	5
Medios de Cultivo (Sustrato)	7
Manejo del sustrato	8
Utilidad	10
Composición	11
Generalidades de los Residuos Orgánicos	13
Clasificación	14
Utilidad	15
Generalidades de los Estiércoles	15
Clasificación	16
Composición	17
Utilidad	18
ARTICULO	20
CONCLUSIONES	39
LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
2.1	<i>Concentración vitamínica (ppm) en la lombriz de tierra roja californiana, liofilizada (Congelada – deshidratada)</i>	11
2.2	<i>Concentración de aminoácidos (% de MS) e índice de aminoácidos esenciales (IAAE) en la lombriz de tierra roja californiana.</i>	12
2.3	<i>Concentración mineral en la lombriz de tierra roja californiana liofilizada.</i>	13
2.4	<i>Población ganadera y avícola (Cabezas) al 31 de diciembre del 2003 en el estado de Coahuila.</i>	16
2.5	<i>Composición de las excretas de bovinos de leche y de engorda estabulado (Base seca).</i>	18

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
2.1	<i>Ciclo biológico de la lombriz compostera Eisenia fetida</i>	6

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cultivo de la lombriz roja en México, se desarrollan principalmente en las zonas centro y sur del país utilizando estiércoles de ganado vacuno y esquilmos agrícolas para su desarrollo. Cualquiera que sea la calidad del sustrato, es necesario realizar un composteo previo a la inoculación de las lombrices, ya que éste es un proceso bioxidativo de transformaciones microbianas (Hoitink y Kuter, 1986) que permite estabilizar la temperatura, pH, Conductividad Eléctrica (CE), y liberación de gases para posteriormente realizar el lombricomposteo (Reinecke *et al.*, 1992). El cultivo de las lombrices rojas se hace generalmente con estiércoles maduros; los cuales tienen una edad de 10 a 18 días de ser defecados por el animal (Friedrich, 2001), temperatura de 20 a 22 °C (Hernández, 2002), humedad de 85 por ciento (Capistrán *et al.*, 2001), pH de 6.5 a 7.5 y una conductividad eléctrica de 2.5 dS m⁻¹ (Bollo, 2001).

Dentro de las especies de lombrices de tierra destacan la lombriz tigre (*Eisenia fetida*); la lombriz roja californiana (*Eisenia andre*); la lombriz oriental de las compostas (*Perionyx excavatus*) y la lombriz africana de las compostas (*Eudrilus eugeniae*), (Capistrán *et al.*, 2001).

La importancia del cultivo de la lombriz roja en México se incrementa año con año y gradualmente se va conociendo mas sobre la calidad del sustrato para reproducir las lombrices rojas en las zonas semiáridas; así como su tasa de reproducción y transformación de los estiércoles de ganado estabulado. Actualmente existe una tendencia hacia la inocuidad alimentaria y a la producción de cultivos orgánicos; para esto, es necesario generar aportaciones nutricionales a las plantas a través de abonos orgánicos sin perder la eficiencia y calidad en la producción. Uno de estos abonos es la lombricomposta cuya problemática radica en que la lombriz como ente digestor, es muy sensible a la calidad de los sustratos, modificando con esto, su tasa de reproducción. El presente trabajo de investigación se planteó bajo los siguientes hipótesis y objetivos.

Hipótesis

- ❖ La capacidad reproductiva de *Eisenia fetida*, es diferente a diversas densidades poblacionales inoculadas.
- ❖ Existen diferencias en la capacidad reproductiva de *Eisenia fetida*, en diferentes sustratos orgánicos.
- ❖ El pH, la salinidad y la temperatura del sustrato, afectan la reproducción de la lombriz roja.

Objetivos

- ❖ Determinar el efecto de la densidad de lombrices inoculadas, sobre su comportamiento reproductivo.
- ❖ Determinar el mejor sustrato orgánico pecuario sobre su capacidad reproductiva en tres estadios.
- ❖ Determinar el pH y la salinidad en el líquido drenado del biodigestor y la temperatura interna de los sustratos orgánicos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de la Lombriz Roja (*Eisenia fetida*)

Las lombrices más efectivas y reproductivas para el aprovechamiento de residuos orgánicos han demostrado ser la lombriz tigre (*Eisenia fetida*); la lombriz roja californiana (*Eisenia andrei*); la lombriz oriental de las compostas (*Perionyx excavatus*) y la lombriz africana de las compostas (*Eudrilus eugeniae*), (Capistrán *et al.*, 2001).

Clasificación Ecológica

Comúnmente a las lombrices se les conoce como lombrices de tierra, pero es incorrecto ya que no todas viven dentro de ésta. Desde el punto de vista ecológico se clasifican en tres grupos (Bollo, 2001): 1) *endogenas*, viven dentro del suelo, cavan galerías horizontales y se alimentan de tierra (*Lumbricus terrestres*); 2) *epigeas*, viven sobre la superficie del suelo, se alimentan de materia orgánica (*Eisenia fetida*); 3) *anécicas*, viven bajo la superficie del suelo, cavan galerías verticales, se alimentan de materia orgánica durante la noche y durante el día realizan la digestión.

Clasificación Sistemática

Phylum: Annelida (Storer y Usinger, 1971; Chee, 1977; Jamieson, 1978).

Clase: Oligochaeta (Storer y Usinger, 1971; Chee, 1977; Sivernale, 1984)

Orden: Haplotaxida (Jamieson, 1978)

Suborden: Lumbricina (Jamieson, 1978)

Familia: Lumbricidae (Jamieson, 1978)

Genero: *Eisenia* (Jamieson, 1978)

Helodrilus (Abe et al., 1977)

Especie: *fetida* (Jamieson, 1978)

foetidus (García, 1978)

Ciclo Biológico

El ciclo biológico de la lombriz roja *Eisenia fetida*, comprende 3 estadios:

1) cocón o cápsula, 2) lombriz juvenil y 3) lombriz clitelada (Figura 2.1).

1. Cocón o cápsula. Su color es blanco amarillento y cambia en la medida que éste madure, hasta llegar a un color café oscuro cuando eclosionen y nazcan las futuras lombrices. En condiciones normales la lombriz puede poner una cápsula cada semana (Bollo, 2001). El peso de un cocón puede variar entre 13 y 14 mg (León et al., 1992), pero puede alcanzar un rango de 13 a 20 mg/cápsula (Stamatiadis et al., 1994).

2. Lombriz juvenil. Después de tres semanas (Bollo, 2001) o 23 días (Reinecke y Viljoen, 1991) de incubación de cocones, eclosionan las lombrices juveniles, son de color blanco semitransparente, el número de lombrices por cocón es muy variado:

- 1) Hasta 21 lombrices/cocón (Ferruzzi, 1987).
- 2) 2.3 lombrices/cocón (Haimi, 1990).
- 3) 12 lombrices/cápsula (Galvis, 1991).
- 4) 1 a 7 lombrices/cápsula (León, et al, 1992).
- 5) 1.7 lombrices/cápsula (Reinecke et al., 1992).
- 6) 2 a 20 lombrices/cocón (Bollo, 2001).

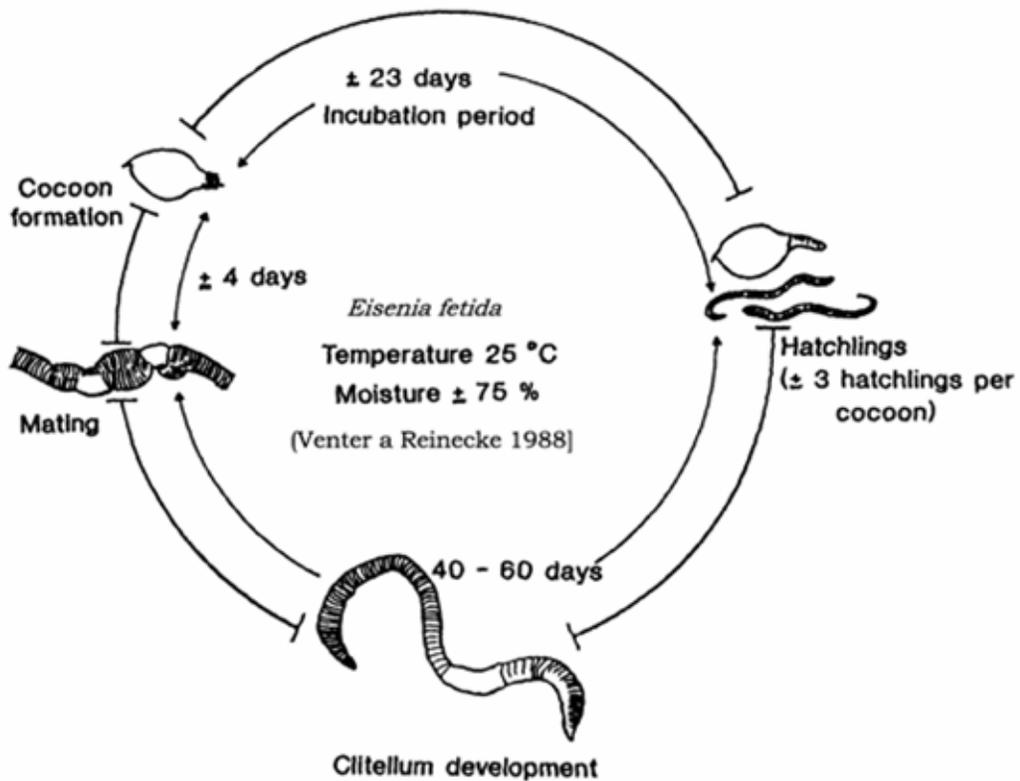


Figura 2.1. Ciclo biológico de la lombriz compostera *Eisenia fetida* (Reinecke y Viljoen, 1991).

3. Lombriz clitelada. La lombriz clitelada alcanza esta fase a los tres meses de edad, y desde este momento la lombriz comienza a reproducirse, su apareamiento se realiza cada 7 días. En esta fase, la lombriz presenta un diámetro de 3 a 5 mm, llega a pesar 1 g, su longitud oscila entre 5 a 6 cm (Fuentes, 1982), y puede medir hasta 7.5 cm (Lawrence, 1997). Es de color púrpura, amarilla en la cola y blanco cremoso en el clitelo.

Medios de Cultivo (Sustrato)

Dentro de la gran diversidad de estiércol animal, Friedich (2001), aconseja utilizar los siguientes materiales:

1. Estiércol de caballo (ECA). Óptimo por su alto contenido de celulosa.
2. Estiércol de vaca (EBL). Muy bueno como sustrato inicial y alimento durante la producción.
3. Estiércol de borrego (EB). Bastante bueno, tiene un periodo de maduración bastante corto.
4. Estiércol porcino (EP). Es muy rico en proteínas (origen de explotaciones intensivas).
5. Estiércol de conejo (ECJ). Alimento óptimo, se recomienda mezclarlo con fibra antes de utilizarlo.
6. Estiércol de pollo (EPO). Se recomienda secarlo un poco y mezclarlo con cáscara de arroz y picar.

Manejo del sustrato

Los cuidados más comunes que debemos observar para mantener sano y eficiente el procesamiento con las lombrices, tiene que ver con proporcionarles la temperatura, humedad, acidez, y aireación adecuadas en el alimento (Capistrán *et al.*, 2001).

Temperatura. Las lombrices composteras toleran un amplio rango de temperaturas en las cuales pueden desarrollarse, pero existen límites que no deben ser excedidos. Edwards y Neuhauser (1988), mencionan que la temperatura más propicia para el desarrollo óptimo de las lombrices se encuentra entre los 20°C y 22°C en climas cálidos y a medida que se aleja de lo óptimo, se reduce la ingestión de alimento y su función reproductora (Hernández, 2002).

Considerando temperaturas bajas, 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, provocando la salida de las lombrices a la superficie del sustrato e incluso el intento de escape (Capistrán *et al.*, 2001).

Humedad. Todas las lombrices necesitan humedad, ya que respiran a través de su cuerpo y éste debe mantenerse húmedo para que el intercambio de gases se efectúe. Condiciones secas obligan a las lombrices a esconderse al

fondo en busca de humedad; en este sentido la humedad promedio mas favorable para las lombrices es de 85%. Por otra parte debemos prevenir la entrada de agua en grandes volúmenes que puedan llegar a inundar el sustrato, lo que reduce la aireación necesaria y provoca el escape o ahogamiento de las lombrices (Capistrán *et al.*, 2001).

Aireación. Las lombrices, al igual que los microorganismos aeróbicos, respiran tomando el oxígeno del aire y eliminando el bióxido de carbono. Adiciones exageradas de alimento fresco muy denso o pastoso provoca una falta de ventilación, y se puede evitar distribuyendo capas más delgadas, mezclarlo con abono o bien añadir materiales como pajas o bien hojarasca que le permiten una mejor porosidad (Capistrán *et al.*, 2001).

Acidez y conductividad eléctrica. La acidez o alcalinidad en el medio, es una característica más difícil de observar y reconocer a simple vista, por lo que conviene contar con un instrumento o equipo indicador de pH. Las lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH está entre 5 (ligeramente ácido) y 8 (ligeramente alcalino); es decir en un rango cercano a 7, que representa al neutro (Capistrán *et al.*, 2001). El rango óptimo de pH oscila entre 6.5 a 7.5 (Bollo, 2001). El estiércol con un pH >9.7 y conductividad eléctrica de >10 dS m⁻¹, causan la muerte de las lombrices (Santamaría y Ferrera, 2002). Se considera como óptimo una concentración de sales que oscile entre 2.5 a 3.0 dS m⁻¹ (Bollo, 2001).

Utilidad

Las lombrices, contribuyen no sólo con su trabajo transformador; sino también por su uso como alimento vivo. Son una fuente magnífica de proteína animal que puede servir de alimento a gallinas, peces, cerdos y animales exóticos en cautiverio. Las lombrices contienen cerca del 70% de proteína en base de materia seca. La proteína que contienen se clasifica como de alto valor biológico, pues presenta 20 de los 23 aminoácidos existentes y 10 de ellos son aminoácidos esenciales (Hartenstein, 1984; Irison, 1995).

El uso tradicional y más conocido de la lombriz es como cebo de pesca; fue con esta finalidad que se inició su cultivo. Su consumo anual es de 1000 lombrices por año por pescador (Compagnoni y Putzolu, 1998).

La lombricultura se emplea en granjas integradas en donde se trata de acoplar la agricultura, la actividad pecuaria, pesquera, con el consumo y el reciclaje de los residuos orgánicos. El lombricompostaje es un componente para cerrar el ciclo de integración de las actividades productivas, optimizando la eficiencia global y aumentando la sustentabilidad y el equilibrio productivo (Capistrán *et al.*, 2001).

Composición

La lombriz *Eisenia fetida* en su composición es rica en vitaminas (Cuadro 2.1), aminoácidos (Cuadro 2.2) y mineral (Cuadro 2.3) según se menciona en los cuadros siguientes.

Cuadro 2.1. Concentración vitamínica (ppm) en la lombriz Eisenia fetida, liofilizada (Congelada – deshidratada) (Abe et al., 1977.)

Vitaminas	Concentración (ppm)
Niacina	656
Riboflavina	157
Ácido pantoténico	18.5
Tiamina HCl	13.7
Vitamina B12	3.7
Ácido fólico	1.6
Biotina	1.1
Vitamina A	0.0

Cuadro 2.2. Concentración de aminoácidos (% de MS) e índice de aminoácidos esenciales (IAAE) en la lombriz roja *Eisenia fetida*.

Aminoácidos	Concentración (%)	
	Velázquez <i>et al.</i> , 1986	Abe <i>et al.</i> , 1977
Alanina	5.54	3.59
Arginina	7.03	3.55
Ácido aspártico	11.01	4.75
Cistina	4.23	0.55
Ácido glutámico	13.57	0.88
Glicina	5.22	3.37
Histidina	2.51	1.74
Isoleucina	4.73	2.94
Lisina	12.51	4.16
Metionina	1.53	1.17
Fenilalanina	3.54	2.14
Prolina	4.47	3.32
Serina	3.30	2.89
Treonina	3.76	3.04
Tirosina	3.23	2.19
Valina	6.14	3.47
Leucina	7.39	5.08

Cuadro 2.3. Concentración mineral en la lombriz roja *Eisenia fetida* liofilizada (Abe et al., 1977).

Minerales	Concentración
Calcio	0.28 %
Magnesio	0.14 %
Fósforo	0.66 %
Potasio	0.73 %
Sodio	0.72 %
Aluminio	184.2 ppm
Cobre	14.3 ppm
Hierro	414.3 ppm
Manganeso	32.5 ppm
Zinc	135.5 ppm

Generalidades de los Residuos Orgánicos

El término residuo se aplica a todo aquel material generado por las actividades de producción y consumo, el cual no alcanza ningún valor económico en las condiciones particulares de tiempo y de lugar en que se ha producido (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*, 1996).

Los residuos orgánicos presenta un impacto fuerte sobre el medio ambiente, contaminando la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas), debido principalmente a sus altos contenidos en materia

orgánica (inestable e inmadura) y elementos minerales, y a la presencia de compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales, etc., los cuales son altamente contaminantes (Cegarra *et al.*, 1994; Vogtmann *et al.*, 1993).

La problemática de los residuos orgánicos deriva, por un lado, de su acumulación, que provoca desequilibrios ecológicos y la contaminación del medio ambiente, y por el otro, los grandes volúmenes generados, hacen difícil su manipulación y, además, aumentan cada año.

Clasificación

Los residuos se pueden clasificar, según su naturaleza, en orgánicos e inorgánicos, destacando los orgánicos por su elevado volumen de producción y su fuerte impacto medioambiental. Existen tres grandes sectores productores de residuos orgánicos (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*, 1996): 1) Sector primario que incluye a los residuos agrícolas, ganaderos y forestales, 2) Sector secundario que abarca a los residuos industriales: agroalimentarios, textiles, etc., y 3) Sector terciario que involucra a los residuos urbanos: RSU, lodos de depuración, etc.

Utilidad

Los residuos orgánicos pueden ser aprovechados como enmiendas húmicas para los suelos de cultivo, como abonos orgánicos para plantas cultivadas y/o como sustratos o componentes de sustratos para cultivos sin suelo (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*, 1996). La mayoría de los residuos orgánicos encuentran su aplicación en forma de compost, ya que, su utilización en estado fresco presentan diferentes inconvenientes que el compostaje elimina, potenciando, además, factores beneficiosos (Abad *et al.*, 1997).

Generalidades de los Estiércoles

El estiércol es un subproducto de la actividad pecuaria, compuesto por la mezcla del desecho sólido y líquido de vacas, aves, cerdos, caballos, borregos, entre otros. Este desecho se mezcla en ocasiones con paja, rastrojo y aserrín que sirve de cama en los corrales, por ello es un material muy heterogéneo (Martínez, 2003).

Las explotaciones ganaderas bajo condiciones intensivas son cada vez mas importantes en México. Desafortunadamente, uno de los problemas que enfrenta este tipo de explotaciones es el manejo y disposición de las excretas y/o subproductos (SAGAR, 1998).

La producción pecuaria en el Municipio de Saltillo, destacan seis especies de ganado (Cuadro 2.4), lo que indica que en éste municipio se producen grandes volúmenes de estiércol y altas posibilidades de implementar el cultivo de las lombrices rojas.

Cuadro 2.4. Población ganadera y avícola (Cabezas) al 31 de diciembre del 2003 en el estado de Coahuila.(INEGI, 2003).

Especie	Municipio de Saltillo
Bovino ^{a/}	17,165
Porcino	5,741
Ovino ^{b/}	3,660
Caprino ^{c/}	62,305
Equino ^{d/}	4,725
Aves ^{e/}	695,062

^{a/} Comprende bovinos para leche y carne, ^{b/} Comprende ovinos para leche, para lana y doble propósito.

^{c/} Comprende caprinos para carne y para leche.

^{d/} Comprende: caballos, asnos y mulas para monta, tiro y carga.

^{e/} Comprende: pollos para producción de carne, para huevo, doble propósito, pollonas, progenitoras y reproductoras.

Clasificación

Por su presentación.

Los estiércoles generados en una granja pueden ser clasificados en tres grupos: 1) Estiércoles sólidos o semisólidos, los cuales son una mezcla de excretas animales con paja en granjas porcinas o con aserrín en granjas avícolas, con un contenido de sólidos totales de 200 a 500 kg/m³; 2) Estiércol

líquido, con un contenido de sólidos totales entre 30 y 120 kg/m³; y 3) Aguas residuales con un contenido de sólidos totales menor a 30 kg/m³ (Burton, 1997).

Por su madurez

Estiércol fresco, es aquel recién liberado por el animal. *Estiércol semimaduro*, estado intermedio de madurez y *estiércol maduro*, estado avanzado de fermentación (Martínez, 2003).

Por su composición

Esta clasificación depende de la especie animal, por el tipo de alimentación, edad del animal y el tipo de explotación (Martínez, 2003).

Composición

La composición química varía de acuerdo a la especie animal, la edad, la alimentación y la madurez (Cuadro 2.5 y 2.6); sin embargo, las investigaciones demuestran la presencia de un alto contenido de materia orgánica, pero bajo contenido de N, P y K. Presenta gran contenido de micronutrientes, hormonas, vitaminas y alta carga microbiana (Martínez, 2003)

Cuadro 2.5. Composición de las excretas de bovinos de leche y de engorda estabulado (Base seca) (Duarte et al., 1990).

Componente	Tipo de excreta		
	Lactancia	Vacas secas	Fresca (EBC)
Materia seca %	15.2	16.1	18.6
Nitrógeno total %	2.28	1.98	2.75
Materia mineral %	19.7	19.8	20.1
Calcio %	2.7	2.7	3.8
Magnesio %	0.5	0.6	0.8
Sodio %	0.3	0.2	0.3
Potasio %	0.9	0.6	0.8
Fósforo %	0.6	0.6	1.2
Cobre ppm	33	43	122
Manganeso ppm	164	166	222
Zinc ppm	76	79	22
Fierro ppm	1872	1826	2431

Utilidad

Los estiércoles por sí solos no pueden ser utilizados, pero su acondicionamiento con arena a una relación 2:1 base peso respectivamente, pueden ser utilizados como medio de enraizamiento para semilleros de cebolla, el cual permite la obtención de plántulas de buena calidad para el trasplante (Díaz y Colmenares, 1982).

El uso de estiércol tiene mayor beneficio en gramíneas que en leguminosas (Castillo y Rivas, 1991). Para mejorar el aprovechamiento del estiércol, es preferible enterrarlo al suelo con labores de arado (Worthen y Aldrich, 1959).

**REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia fetida*) EN
SUSTRATOS ORGÁNICOS PECUARIOS**
**Reproduction Red Earthworm (*Eisenia fetida*) on Organic Substratum
Livestock**

M. CRUZ F¹., A. HERNÁNDEZ H¹., E. PEÑA C¹., Y R. DE LEÓN G².

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP 25315

²Ecosistemas: Consultores Agropecuarios. Saltillo, Coahuila, México.

mincru@hotmail.com, aherher@uaaan.mx, Edmundo49mx@yahoo.com.mx, ecosist2000@yahoo.com

RESUMEN

El cultivo de las lombrices rojas (*Eisenia fetida*) en zonas semiáridas se ve afectada por la calidad de los sustratos y las condiciones climáticas, limitando su reproducción. Por este motivo se elaboraron sustratos orgánicos pecuarios para determinar su efecto en la tasa de reproducción de la lombriz roja. Se utilizó un diseño factorial completamente al azar con tres repeticiones. La experiencia realizada indicó que todos los sustratos fueron aceptados para la reproducción de la lombriz. Las evaluaciones indicaron que los sustratos de estiércol bovino de carne (EBC), estiércol de cabra (EC) y estiércol bovino de leche más residuos de celulosa (EBL+RC) tuvieron mayor desempeño en la reproducción. El sustrato EBC mostró mayor cantidad de individuos incluyendo las lombrices cliteladas y juveniles en 35 días, alcanzando una población de 25,422.0 individuos/0.2 m³. Sin embargo el sustrato EC a los 35 días reveló mayor producción de cápsulas y mayor peso. Mientras que el sustrato EBL+RC a los 14 días presentó un incremento de 36 por ciento respecto al peso inicial de la lombriz inoculada. No se encontraron diferencias significativas en el peso

de lombrices juveniles respecto a la población de lombrices inoculadas y a los sustratos estudiados.

Palabras claves: *Lombricultura, estiércol, sustrato, compostaje, Eisenia fetida.*

SUMMARY

The earthworm culture (*Eisenia fetida*) in semiarid zones is affected by the substratum quality and climatic conditions, limiting its reproduction. Organic substratum livestock were elaborated to determine his effect in the rate reproduction of the red earthworm. In this study a factorial design completely at random with three repetitions was used. The developed experience indicated that all substratum were accepted for the earthworm reproduction. The substratum of dung bovine beef (EBC), goat dung (EC) and bovine milk dung + remainders celluloses (EBL+RC) had best performance in the reproduction. The substratum EBC showed bigger quantity of individuals including the earthworms with clitellum and juvenile earthworm in 35 days, catching up with a population of 25422.0 individuals/0.2 m³. However, the substratum EC to the 35 days, revealed bigger capsules production and bigger weight. While the substratum EBL+RC presented an increment of 36 percent in relation to the weight initial of earthworm inoculated in 14 days. In this study, there were not found significant differences in the juvenile earthworms weight in relation to the inoculated population of earthworms and the studied substratum.

Key word: *Worm culture, dung, substratum ,composting, Eisenia fetida.*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cultivo de la lombriz roja en México, se desarrollan principalmente en las zonas centro y sur del país y se emplean estiércoles de ganado vacuno y esquilmos agrícolas para su desarrollo. Cualquiera que sea la calidad del sustrato, es necesario realizar un composteo previo a la inoculación de las lombrices, ya que éste es un proceso biooxidativo de transformaciones microbianas (Hoitink y Kuter, 1986) que permite estabilizar la temperatura, pH, Conductividad Eléctrica (CE), y liberación de gases, para posteriormente realizar el lombricomposteo (Reinecke *et al.*, 1992). El cultivo de las lombrices rojas se hace generalmente con estiércoles maduros, los cuales deben tener una edad de 10 a 18 días de ser defecados por el animal (Friedrich, 2001), temperatura de 20 a 22 °C (Hernández, 2002), humedad de 85 por ciento (Capistrán *et al.*, 2001), pH de 6.5 a 7.5 y una conductividad eléctrica (CE) de 2.5 dS m⁻¹ (Bollo, 2001). Dentro de las especies de lombrices de tierra destacan la lombriz roja californiana (*Eisenia andrei*); la lombriz tigre (*Eisenia fetida*); la lombriz oriental de las compostas (*Perionyx excavatus*) y la lombriz africana de las compostas (*Eudrilus eugeniae*), (Capistrán *et al.*, 2001). La importancia del cultivo de la lombriz roja en México se incrementa año con año y gradualmente se va conociendo más sobre la calidad del sustrato para reproducir las lombrices rojas en zonas semiáridas, así como su tasa de reproducción y transformación de los estiércoles de ganado estabulado. Actualmente existe una tendencia hacia la inocuidad alimentaria y a la producción de cultivos en forma orgánica; para esto, es necesario generar aportaciones nutricionales a las

plantas a través de abonos orgánicos sin perder la eficiencia y calidad en la producción. Uno de estos abonos es la lombricomposta cuya problemática radica en que la lombriz como ente digestor, es muy sensible a la calidad de los sustratos, modificando con esto, su tasa de reproducción. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo consistió en determinar el efecto de sustratos orgánicos pecuarios en la reproducción de la lombriz roja (*Eisenia fetida*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El trabajo se efectuó en el Campus principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizada a los 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud oeste a 1743 metros sobre el nivel del mar (msnm). En condiciones de sombra en el establo de ésta Universidad, de junio a septiembre del 2004.

Metodología

Se colectaron cinco materiales orgánicos: estiércol de bovino de leche (EBL), estiércol de cabra (EC), estiércol de borrego (EB), estiércol de bovino de leche más residuo de celulosa (EBL+RC) a una relación base volumen de 3:1 respectivamente y estiércol bovino de carne (EBC) acondicionado con paja de avena a una relación de 1:3 base volumen respectivamente, a los cuales se les determinó el nitrógeno total (NT) por Gravimetría (de acuerdo a la Norma

Mexicana, NMX-Y-107-1984), fósforo total (PT) por Espectrofotómetro UV-Visible (de acuerdo a la Norma Mexicana, NMX-AA-094-1985), pH en agua destilada (1:5 p/v) y la conductividad eléctrica (CE) en agua destilada (1:5 p/v). Para Potasio (K,) Sodio (Na) y Carbonato de Calcio (CaCO_3), se utilizó la técnica de Espectrometría de Emisión Atómica (Cuadro 1). Lo anterior se efectuó en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

Cuadro 1. Algunas características químicas de sustratos orgánicos pecuarios utilizados sin compostar.

Características	Sustratos Orgánicos Pecuarios				
	Químicas	EBL	EC	EB	EBL+RC
NT (%)	1.43	1.93	1.92	0.21	0.73
PT (%)	1.1	1.0	1.2	ND	1.8
K (%)	2.02	1.5	2.3	0.18	0.98
CaCO_3 (%)	5.3	6.2	3.4	22.4	3.8
Na (mg L^{-1})	3251.6	1460.9	2619.7	10.8	4000.6
pH	9.31	9.17	9.53	7.94	7.57
CE (dS m^{-1})	9.12	5.18	10.17	2.32	8.72

ND = No Determinado.

Los sustratos orgánicos fueron compostados durante 20 días e inoculados posteriormente con tres poblaciones de lombrices cliteladas (50, 100 y 150), cuando los materiales alcanzaron una estabilidad en el pH, CE y la temperatura (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de pH, Conductividad Eléctrica y Temperatura de los sustratos orgánicos pecuarios al inicio del lombricomposteo.

Algunas	Sustratos Orgánicos Pecuarios				
características					
físico-químicos	EBL	EC	EB	EBL+RC	EBC
pH^z	8.1	7.9	7.9	7.9	7.7
CE (dS m⁻¹)^z	5.54	2.79	2.86	4.74	2.60
Temperatura (°C)^y	13.9	14.4	13.9	14.4	13.9

^z Medido en el líquido drenado del biodigestor, ^y Temperatura interna del sustrato.

Se consideró un biodigestor de plástico transparente de $4.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (0.05*0.3*0.3 m) de capacidad como una unidad experimental, los cuales se acondicionaron con un sistema de drenaje y un colector de líquido por tratamiento. La población y peso de lombrices cliteladas, lombrices juveniles y cápsulas se cuantificaron a los 14, 35, 70 y 77 días después de la inoculación (ddi) utilizando muestras homogéneas. Las muestras se tomaron manualmente delimitando 0.01 m² a 0.05 m de profundidad en cada biodigestor. Las lombrices cliteladas, juveniles y cápsulas se aislaron del sustrato, posteriormente se cuantificaron y se pesaron en una balanza digital (Ohaus, Modelo CT600-S). Durante 77 días de estudio, las unidades experimentales se mantuvieron entre 75 y 80 % de humedad mediante riegos a saturación aplicados cada ocho días. Después de cada riego durante el desarrollo del experimento se midieron el pH con un potenciómetro analógico (Orion Research, Modelo 301) calibrado con solución buffer de pH=7 a una temperatura de 25 °C; la Conductividad Eléctrica (CE) se midió con un

conductivímetro (Orion Research, Modelo 105), utilizando 75 ml de muestra líquida drenada del biodigestor de cada tratamiento; y la temperatura interna de los sustratos se midieron a las 10:00 horas cada ocho días antes del riego con un geotermómetro “compost thermometers” (Reotemp, 36” x ¼” stem), el cual se introdujo al centro de cada unidad experimental durante tres minutos antes de tomar la lectura.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño estadístico factorial completamente al azar, con cinco sustratos y tres poblaciones de lombrices cliteladas y tres repeticiones, resultando 15 tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en la reproducción de la lombriz roja (*Eisenia fetida*).

T	S	P	T	S	P	T	S	P	T	S	P	T	S	P
1	EBL	50	4	EC	50	7	EB	50	10	EBL+RC	50	13	EBC	50
2	EBL	100	5	EC	100	8	EB	100	11	EBL+RC	100	14	EBC	100
3	EBL	150	6	EC	150	9	EB	150	12	EBL+RC	150	15	EBC	150

Nota: T = Tratamiento, S = Sustrato y P = Población de lombriz / $4.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Los datos se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANVA) y las diferencias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el paquete para computadora, generado por la Facultad de Agronomía de la Universidad

Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994).Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la Población de Lombriz Inoculada en la Reproducción de *Eisenia fetida*

La reproducción de *Eisenia fetida* a diferentes poblaciones no mostraron efecto significativo en la población y peso de lombrices cliteladas, lombrices juveniles y cápsulas cuantificados a los 14, 35, 70 y 77 ddi. Lo anterior demuestra que la reproducción de lombrices se puede realizar con una baja densidad (50 lombrices/4.5 L de sustrato) ya que éstas presentan una alta proliferación y además tienen la capacidad de autorregular su población.

Efecto de Sustratos en la Población de Lombrices Cliteladas, Juveniles y Cápsulas de *Eisenia fetida*

La reproducción de *Eisenia fetida* realizada en diferentes materiales orgánicos, mostraron que el sustrato EBC resultó ser un medio de cultivo mejor que los demás sustratos (EBL, EC, EB y EBL+RC) a los 14 y 35 ddi respecto a la población de lombrices cliteladas (Cuadro 4) y lombrices juveniles (Cuadro 5). Mientras que el sustrato EC como el mejor respecto a la población de cápsulas que los sustratos EBC, EBL, EB y EBL+RC a los 14 y 35 ddi (Cuadro 5).

Cuadro 4. Población promedio de lombrices cliteladas en sustratos orgánicos.

Sustratos	Días Después de la Inoculación			
	14	35	70	77
EBC	46.56 a*	33.22 a	1.78 a	0.22 a
EBL+RC	29.44 b	19.33 b	1.56 a	0.11 a
EC	26.89 b	17.89 b	6.56 a	0.33 a
EB	23.22 b	16.78 b	4.11 a	0.67 a
EBL	19.89 b	11.78 b	4.44 a	0.67 a

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas no presentan diferencias significativas entre sí.

La población de lombrices cliteladas decrece en todos los sustratos durante los 77 días de estudio (Cuadro 4). A lo anterior Kammenga *et al.*, (2003) indican que *E. fetida* por su alta proliferación las lombrices regulan su densidad poblacional emigrando a otros sitios cuando éstas alcanzan su madurez sexual. Esto indica que en $4.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ de sustrato la población de lombrices inoculadas pueden reproducirse sólo por 35 días, lo cual implica realizar la cosecha de lombrices para evitar la emigración o muerte de las mismas. A su vez, Capistrán *et al.*, (2001) afirman que *Eisenia fetida* alcanza su estabilidad con 20,000 individuos/ 0.2 m^3 , y al superar esta densidad la población de lombrices adultas disminuye, ya que con esta densidad alcanza su estabilidad poblacional. Y en este estudio la población de lombrices cliteladas (Cuadro 3) y las lombrices juveniles (Cuadro 5) en los sustratos de EBL, EB, EC, EBL+RC y EBC a los 35 ddi, alcanzaron una densidad de 170, 243, 285, 323 y 572 individuos/ $4.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ respectivamente, los cuales equivalen a 7556.0,

10800.0, 12667.0, 14356.0 y 25422.0 individuos/0.2 m³ respectivamente. El pH del líquido drenado del biodigestor de los materiales orgánicos, revelaron que el sustrato EBC presentó un pH más estable con un promedio de 7.6 antes del composteo y durante el lombricomposteo que los demás sustratos EBL, EC, EBLRC, EB y EBC con valores promedio de 7.9, 7.6, 7.7, 7.5 y 7.6, respectivamente durante el lombricomposteo.

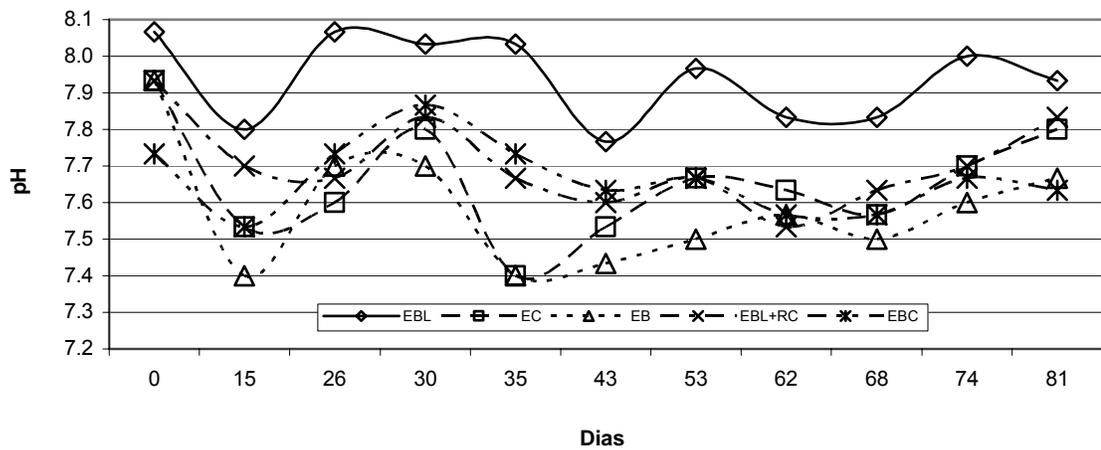


Figura 1. Fluctuación del pH en el líquido drenado de los biodigestores.

El pH favorece obtener mayor población de lombrices cliteladas y juveniles en el EBC. Pero en todos los sustratos el pH disminuyó al finalizar el lombricompostaje como se muestra en la figura 1.

Los sustratos de EBL+RC y EC mantienen una estabilidad poblacional de lombrices juveniles, mientras que en el tratamiento de EBC la población decrece por lo que es necesario agregar mas sustrato o dividir la población a los 35 ddi para evitar la disminución de éste estadio; a diferencia de los

sustratos de EBL y EB la población incrementa a lo largo del experimento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Población promedio de lombrices juveniles en sustratos orgánicos.

Sustratos	Días Después de la Inoculación		
	35	70	77
EBC	30.33 a*	22.00 a	18.44 ab
EBL+RC	16.56 b	17.55 a	17.44 ab
EB	10.22 b	17.33 a	30.44 a
EBL	7.11 b	14.89 a	20.44 ab
EC	13.78 b	13.67 a	13.33 b

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas no presentan diferencias significativas entre sí.

La mayor producción de cápsulas se observaron a los 35 ddi en todos los materiales orgánicos (Cuadro 6). La disminución de cápsulas a los 70 y 77 ddi, se debe al incremento de la densidad poblacional de lombrices juveniles a los 35 ddi (Cuadro 5), las cuales provocan la disminución de la población de lombrices cliteladas ya que éstas son las responsables de la producción de cápsulas. Estos resultados son similares a los de Santamaría y Ferrera (2002), ya que a los 100 ddi encontraron una disminución de cápsulas por el incremento de la población de lombrices en sustratos de residuos de mercado y de estiércol bovino.

Cuadro 6. Población promedio de cápsulas en sustratos orgánicos.

Sustratos	Días Después de la Inoculación			
	14	35	70	77
EC	28.56 a*	111.78 a	15.00 a	19.11 a
EB	17.44 ab	72.33 bc	5.11 a	9.44 ab
EBC	12.11 ab	97.22 ab	11.89 a	12.78 ab
EBL+RC	5.44 b	50.11 c	9.00 a	6.56 b
EBL	4.56 b	30.33 d	11.00 a	6.44 b

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas no presentan diferencias significativas entre sí.

A los 35 ddi en el sustrato EC se alcanzó una población de 44712 cápsulas/0.2 m³, siendo este valor muy superior a los obtenidos en los demás sustratos (Cuadro 6), ya que éste material orgánico presentó mayor temperatura interna del sustrato a lo largo del experimento (Figura 2) con un promedio de 15.4 °C, mientras que en los demás sustratos presentan una temperatura interior con un promedio de 14.8, 15.3, 14.9 y 14.9 °C en EBL, EB, EBL+RC y EBC, respectivamente. Lo que indica que al incrementarse la temperatura interna en los sustratos se incrementa la producción de cápsulas. Esta afirmación es algo similar a los resultados de Santamaría y Ferrera (2002), quienes encontraron que la producción de cápsulas se incrementa a los 16 °C en sustratos de desechos de mercado. A su vez, Vázquez (1999) indica que la temperatura afecta de una u otra manera a todos los organismos vivos, ya que al aumentar ésta, generalmente aumenta la velocidad del desarrollo del organismo, el cual es producto del metabolismo.

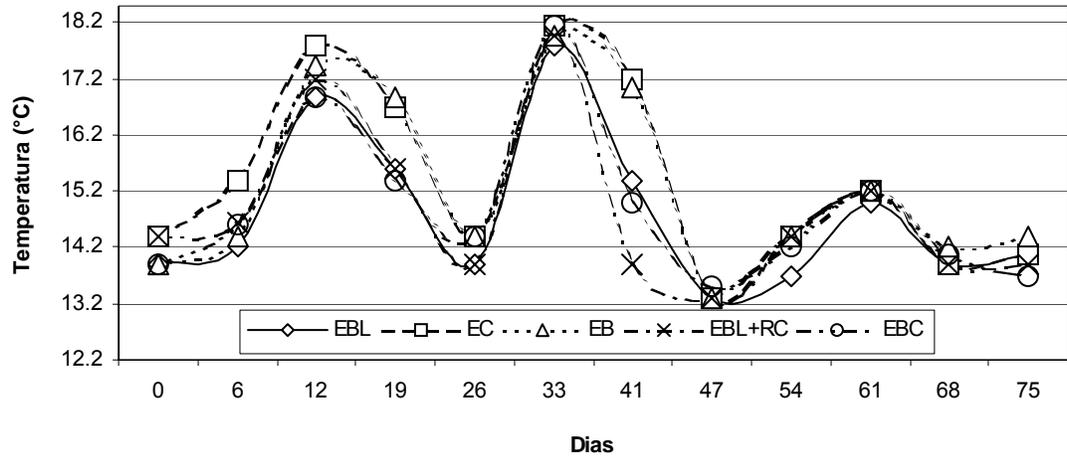


Figura 2. Fluctuación de la temperatura interna de los sustratos durante el experimento.

Efecto de Sustratos en el Peso de Lombrices Cliteladas, Juveniles y Cápsulas de *Eisenia fetida*

La experiencia de reproducción de lombrices en materiales orgánicos revelaron que el sustrato EBL+RC mejora el peso de la lombriz clitelada en un 36 % respecto al peso inicial, el cual sólo es significativo a los 14 ddi comparado con los demás sustratos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Peso promedio de lombrices cliteladas en sustratos orgánicos.

Sustratos	Días Después de la Inoculación				
	0	14	35	70	77
	(g)				
EBL+RC	0.39 a*	0.53 a	0.39 a	0.09 a	0.04 a
EC	0.39 a	0.49 ab	0.35 a	0.26 a	0.11 a
EB	0.39 a	0.49 ab	0.37 a	0.16 a	0.17 a
EBL	0.39 a	0.47 ab	0.42 a	0.28 a	0.15 a
EBC	0.39 a	0.45 b	0.34 a	0.18 a	0.04 a

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas no presentan diferencias significativas entre sí.

El sustrato EBL+RC favoreció en el peso de la lombriz clitelada por su alto contenido de carbonato de calcio (22.4 %) ya que éste compuesto es indispensable en la regulación iónica durante la digestión, donde el calcio es almacenado en las glándulas calcíferas y es liberado en forma de calcita en el esófago de la lombriz y es absorbida mientras pasa por el intestino regulando el pH del alimento (Barnes, 1986). El peso de las lombrices cliteladas se incrementa en todos los sustratos a los 14 ddi, y de 35 a 77 ddi decrece en todos los sustratos (Cuadro 7). La disminución de peso se debe al incremento de la población, ya que la relación biomasa:número de lombrices se hace más estrecha (Santamaría y Ferrera, 2002).

No se encontraron diferencias significativas en el peso de la lombriz juvenil. El incremento como el decremento de la población de la lombriz juvenil

no influye en su peso durante el experimento; sin embargo, el peso de la lombriz juvenil disminuye en los sustratos de EBL+RC, EC, EB y EBC, mientras que en el sustrato EBL incrementa a lo largo del experimento (Cuadro 8). Estos resultados son inferiores ya que en sustratos de estiércol bovino, Santamaría y Ferrera (2002), registraron un peso que oscila entre 0.29 a 0.32 g.

Cuadro 8. Peso promedio de lombrices juveniles en sustratos orgánicos.

Sustratos	Días Después de la Inoculación		
	35	70	77
	(g)		
EBL	0.22 a*	0.24 a	0.24 a
EC	0.24 a	0.18 a	0.21 a
EB	0.27 a	0.17 a	0.20 a
EBL+RC	0.24 a	0.18 a	0.21 a
EBC	0.24 a	0.16 a	0.18 a

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas no presentan diferencias significativas entre sí.

El sustrato de EC mostró mayor peso de cápsulas que los demás materiales, que osciló entre 12.0 a 21.4 mg con un promedio de 14.7 mg. Los resultados en éste sustrato fue significativo a los 77 ddi con un peso promedio de 12.10 mg (Cuadro 9). Estos resultado son superiores a los de Hernández *et al.*, (1997), quienes reportan un peso promedio de 11.76 mg en un sustrato de Compost + hojarasca (2:1 v/v); sin embargo Stamatiadis *et al.*, (1994), han

señalado un rango mayor que oscila entre 13 y 20 mg/cápsula y que éstas diferencias se debe a la calidad de los sustratos.

Cuadro 9. Peso promedio de cápsulas en sustratos orgánicos.

Sustratos	Días Después de la Inoculación			
	14	35	70	77
	(mg)			
EC	12.00 a*	13.19 a	21.40 a	12.10 a
EB	11.64 a	15.27 a	3.82 a	6.42 ab
EBC	7.89 a	12.72 a	6.77 a	9.08 ab
EBL+RC	11.62 a	16.78 a	7.43 a	3.14 b
EBL	4.72 a	12.71 a	9.56 a	10.12 ab

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas no presentan diferencias significativas entre sí.

La concentración de sales (CE) medidos en los líquidos drenados del biodigestor son congruentes con la fluctuación del pH en todos los sustratos durante el desarrollo del experimento (Figura 3). Dentro de los cuales el sustrato de EBL presenta mayor concentración de sales con un promedio de 3.89 dS m⁻¹; valores inferiores se registraron en los sustrato de EBL+RC, EBC, EB y EC con una concentración de 3.70, 3.32, 2.92 y 2.40 dS m⁻¹ respectivamente. Dichas concentraciones se consideran adecuados para la reproducción de la lombriz, ya que sólo valores de CE > 9 dS m⁻¹, pueden causar la muerte de la lombriz (Santamaría y Ferrera, 2002).

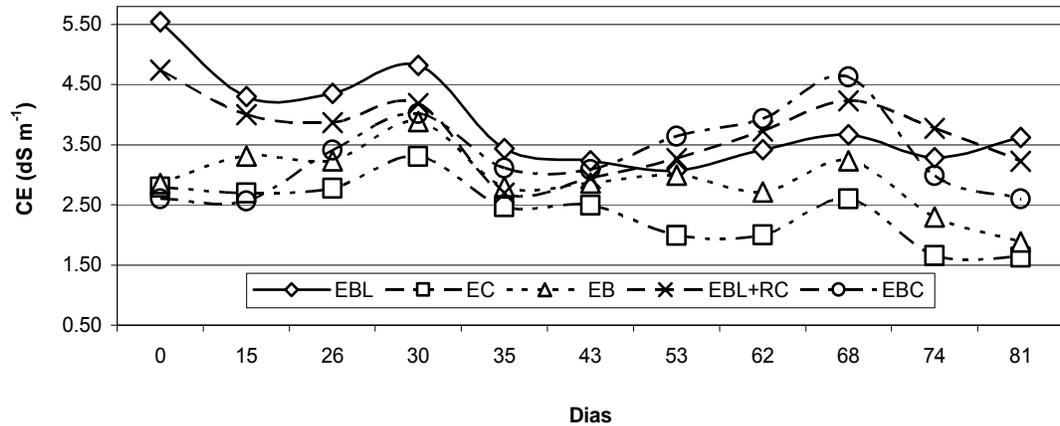


Figura 3. Fluctuación de la Conductividad Eléctrica en el líquido drenado de los biodigestores.

CONCLUSIONES

Todos los sustratos son adecuados para la reproducción de la lombriz roja. El sustrato de EBL acondicionado con celulosa residual incrementa el peso en la lombriz clitelada, debido a que el calcio es almacenado en las glándulas calcíferas. Los sustratos calientes favorecen la producción de cápsulas. La paja de avena propicia condiciones favorables para el desarrollo de lombrices juveniles y cliteladas. Es necesario cosechar lombrices o agregar más alimento a la unidad lombrícola, cuando la densidad se aproxime a 25,400 individuos/0.2 m³. Para incrementar la población y peso en las lombrices cliteladas, juveniles y cápsulas, se sugiere estudiar la mezcla de los sustrato de EBC con EC y EBL+RC.

LITERATURA CITADA

- Barnes, R. D. 1986. Zoología de invertebrados. Cuarta Edición. Editorial Interamericana. México. 1157 pp.
- Bollo-Tapia, E. 2001. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Segunda Edición. Impreso en Soboc Grafic. Quito – Ecuador. 149 p.
- Capistrán, F., E. Aranda, y J. C. Romero. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Primera edición. Primera reimpresión. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 151 pp.
- Friedrich – Neumann, K. 2001. Lombricultura. Serie de Agronegocios. Centro de Estudios Agropecuarios. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. México. 58 pp.
- Hernández, J. 2002. Observaciones Preliminares del Efecto de la Temperatura sobre la Reproducción de la Lombriz (*Eisenia spp*) Segundo Simposium Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos.
- Hernández, J. A., M. L. Rincón y R. N. Jiménez. 1997. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) bajo condiciones de clima cálido. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 14:387-392.
- Hoitink, H. A. J. and G. A. Kuter. 1986. Effects of composts in growth media on soil borne pathogens. In: The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Chen, Y. and Y. Avnimelech (eds.). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands. pp: 289-306.
- Kammenga J. E., D. J. Spurgeon., C. Svendsen and J. M. Weeks. 2003. Explaining density-dependent regulation in earthworm populations using life-history analysis. Oikos 100: 89-95.
- Olivares - Sáenz, E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.
- Reinecke, A. J., S. A. Viljoen y R. J. Saayman. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionix excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. Soil Biol. Biochem. 24:1295-1307.
- Reinecke, A. J. y S. A. Viljoen. 1991. Vertical deposition of cocoons by the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Pedobiología 35:147-152.

Santamaría – Romero, S. y R. Ferrara C. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra* 20:303-310.

Stamatiadis, S., E. Nerantzis., E. Gianna-kopoulou, and L. Maniatis. 1994. The nutritive value of two species of microorganisms to earthworm *E. fetida*. *Eurpoen J. Soil Biol.* 30(4): 177-185.

Vázquez G, Ma. M. 1999. Estudio de la fauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo. Proyecto B051. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, Qroo, México.

CONCLUSIONES

La densidad de lombrices inoculadas, no tuvieron efectos significativos en la población y peso de las lombrices cliteladas, juveniles y cápsulas en todos los sustratos estudiados. Todos los sustratos son adecuados para la reproducción de la lombriz roja. Un volumen de 4.5 L de sustrato puede alimentar de 50 a 150 lombrices cliteladas por 35 días. El sustrato EBC acondicionado con paja ofrece mejores condiciones para obtener mayor población de lombrices cliteladas y juveniles ($25,422.0/0.2 \text{ m}^3$) que en los demás sustratos (EBL+RC, EC, EB y EBL) durante 35 días. Por su alta concentración de CaCO_3 , el sustrato EBL+RC mejora el peso en la lombriz clitelada en un 36 por ciento respecto al peso inicial y este valor puede mantenerse por 14 días. El incremento de la temperatura interna del sustrato EC ($15.4 \text{ }^\circ\text{C}$) incrementa la producción de cápsulas sólo por 35 días alcanzando una población de $44,712.0 \text{ cápsulas}/0.2 \text{ m}^3$. A lo anterior se sugiere estudiar la mezcla de los sustrato de EBC con EC y EBL+RC, para mejorar la reproducción de la lombriz; ya que el primer sustrato permite alimentar mayor población de lombrices cliteladas y juveniles; el segundo, genera calor y permite la producción de cápsulas; y el tercero, mejora el peso de la lombriz con clitelo. Es necesario cosechar las lombrices cuando la densidad se aproxime a $25,400 \text{ individuos}/0.2 \text{ m}^3$ o bien agregar mas sustrato.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. y Puchades, R. 2002. Compostaje de residuos orgánicos generados en la Hoya de Buñol (Valencia) con fines hortícolas. Ed. Asociación para la promoción socioeconómica interior Hoya de Buñol, Valencia.
- Abad, M., Noguera, P., Noguera, V., Roig, A. Ceguerra, J. y Paredes, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. Actas de Horticultura 19: 92 – 102.
- Abe, R. K., W. L. Braman y O. Simpson. 1977. Producing earthworms. Fort Valley State College. Fort Valley, Georgia, USA. 12 pp.
- Bollo T, E. 2001. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Segunda Edición. Impreso en Soboc Grafic. Quito – Ecuador. 149 p.
- Burton, C. H. 1997. Manure management-treatment strategies for sustainable agricultura. Silsoe Research Institute. Bedford, UK. 181 pp.
- Capistrán, F., E. Aranda, y J. C. Romero. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Primera edición. Primera reimpresión. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 151 pp.
- Castillo, H. S. y F. Rivas P. 1991. Comportamiento productivo de zacate Taiwán a niveles de abono y nitrógeno en suelos pedregosos de Yucatán. Res. Reun. Nal. Invest. Pecuaria. Cd. Victoria, Tamaulipas. México.
- Cegarra, J., Sánchez, M. A., Roig, A. y Bernal, M. P. 1994. Sequential extracction of heavy metals from composting organic wastes. En :Etchevers, J. D. (Ed). Pp 158-159. Transactions of the 15th Internacional Congreso of Soil Science, Vol. 3b. International Society of Soil Science, México.
- Chee, B.G. 1977. The tecniches of eartworms farming. B. T. Publishing. Tulsa, Oklahoma, USA.

- Climent, M. D., Abad, M. y Aragón, P. 1996. El compost de residuos sólidos urbanos (RSU). Sus características y aprovechamiento en agricultura. Ediciones y promociones LAV S.L., Valencia.
- Compagnoni, L. y G. Putzolu. 1998. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Editorial De Vecchi, S. A. Barcelona. 127 p.
- Díaz T, R. y A. Colmenares. 1982. Evaluación de arena y estiércol como medios de enraizamiento para semilleros de cebolla (*Allium cepa* L.) en Quibor – Estado Lava. Venezuela. Rev. Agronomía Tropical. 33 (1 – 6): 33 – 41.
- Duarte, V. F., Magaña C., y F. Rodríguez G. 1990. Utilización de heces en la alimentación animal. I Caracterización químico-nutricional de heces de bovinos y porcinos. Tec. Pec. Méx. 28:22-29.
- Edwards, C. y P. Neuhauser (Eds.). 1988. Earthworms in waste and environmental management. Academic Publishing, Holanda. 392 p.
- Ferruzzi, C. 1987. Manual de Lombricultura. Ediciones Mundi Prensa – Castellano 37. Madrid.
- Fuentes, J. 1982. La crianza de la lombriz roja. Hojas divulgadoras Num. 1/87 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Colombia.
- García G., F. 1978. Utilización de la lombriz roja (*Helodrilus foetidus*) como sustituto parcial de proteína en la alimentación de gallinas ponedoras. Tesis profesional, E. N. A. Chapingo, Estado de México, Méx. 43 pp.
- Friedrich – Neumann, K. 2001. Lombricultura. Serie de Agronegocios. Centro de Estudios Agropecuarios. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. México. 58 pp.
- Galvis, A. 1991. Un auténtico reciclaje natural: la lombricultura. Caja Agraria. Departamento Risaralda, Pereira, Colombia, 4 pp.
- Haimi, J. 1990. Grow and reproduction of the compost – living earthworms *Eisenia andrei* and *Eisenia fetida* (Rev. Ecol. Sol. 27(4): 415 – 421.
- Hartenstein, R. 1984. Rate of production and loss of earthworm biomasa in relation to species and size. Soil Biol. Biochem. 16:643-649.
- Hernández, J. 2002. Observaciones preliminares del efecto de la temperatura sobre la reproducción de la lombriz (*Eisenia spp*) Segundo Simposium Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos.
- Irisson, S. 1995. Calidad del abono y de la lombriz de tierra, resultantes del lombricompostaje de la pulpa de café. Tesis Profesional. Universidad

Veracruzana. Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Zona Xalapa, Veracruz, México.

- INEGI. 2003. Anuario Estadístico de Coahuila de Zaragoza. Edición 2003. SAGDRPA, Delegación en el estado, Subdelegación agropecuaria. SAGDRPA, Delegación en la región Lagunera, Subdelegación de Planeación y desarrollo Rural. Aguascalientes, Ags, México.
- Jamieson, B. G. M. 1978. Phylogenetic and phonetic systematics of the oposthporous oligochaeta. *Evolutionary*. 3:195-233.
- Lawrence F. L. 1997. Australian earthworms. Ventura Farm – Producer of naturally grown vegetables.
- León, S., G. Villalobos, J. Fraite y N. González. 1992. Cultivo de lombrices (*Eisenia fetida*) utilizando compost y excretas animales. *Agronomía Costarricense* 16 (1): 23 – 28.
- Martínez – Cerdas, C. 2003. Abonos orgánicos: su origen, usos y aplicación. Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno del Estado de Chiapas, Dirección de Promoción Social. Chiapas México. 50 p.
- Reinecke, A. J., S. A. Viljoen y R. J. Saayman. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionix excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol. Biochem.* 24:1295-1307.
- Reinecke, A. J.; Viljoen, S. A. 1991. A comparison of the biology of *Eisenia fetida* and *Eisenia andrei* (Oligochaeta). *Biol.Fertil. Soils*, pp. 295-300.
- SAGAR. 1998. Anuarios de producción agrícola. México, DF. Secretaría de Agricultura, Ganadería, y Desarrollo Rural.
- Santamaría R, S., y Ferrera C, R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Rev. Terra* 20:303-310
- Sivernale., M. N. 1984. Zoología. Décima reimpresión de la primera edición. CECSA, México, DF. 671 pp.
- Stamatiadis , S., E. Nerantzis, E. Giannakopoulou and L. maniatidis. 1994. The nutritive value of two earthworm *E. fetida*. *European J, Soil Biol.* 30(4): 177 – 185.
- Storer, T. I. y R. L. Usinger. 1971. Zoología general. Ediciones Omega. Barcelona, España. 568-581 pp.

- Velázquez, C., C. Herrera e Ibáñez. 1986. Harina de lombriz. I Parte. Obtención, composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. *Alimentos*. 11(1): 5–21.
- Vogtmann, H., Fricke, K. and Turk, T. 1993. Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Science and Utilization* 1:68-87.
- Worthen, E. L y Aldrich, S. R. 1959. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. Segunda reimpresión de la quinta edición en español. UTEHA. México. 416 p.