

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz de Tierra Roja Californiana
(*Eisenia foetida* L.) en Cuatro Calibres de Estiércol de Bovino de Leche

Por:

MIGUEL ÁNGEL FAUSTINO MIRANDA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz de Tierra Roja Californiana
(*Eisenia foetida* L.) en Cuatro Calibres de Estiércol de Bovino de Leche

Por:

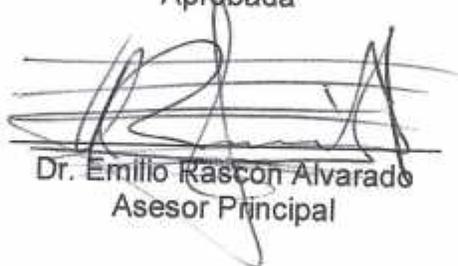
MIGUEL ÁNGEL FAUSTINO MIRANDA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada



Dr. Emilio Rascon Alvarado
Asesor Principal



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor



M.C. Sofia Comparán Sánchez
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres: Miguel Faustino Lara y Lidia Miranda Sandoval por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Profesores: Gracias al Dr. Emilio Rascón Alvarado, al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos les agradezco por todo el apoyo brindado a lo largo de este trabajo de tesis, por su tiempo, amistad, por los conocimientos que me transmitieron y sobre todo por confiarme su proyecto de investigación dándome participación en este mismo.

A mis amigos: Por todos los momentos que pasamos juntos. Por las tareas que juntos realizamos y por todas las veces que a mí me explicaron gracias. Por la confianza que en mí depositaron.

A todos ellos muchas gracias.

DEDICATORIAS

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Con mucho cariño principalmente a mis padres Miguel Faustino Lara y Lidia Miranda Sandoval que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado.

Dedico este logro a Mis Padres, con quienes siempre estaré agradecido de ellos porque este triunfo que es también de ellos.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
1. INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 Importancia de la lombricultura en el Mundo y en México.....	5
2.2 Importancia de la lombriz de tierra.....	6
2.2.1 Importancia ecológica.....	6
2.2.2 Importancia de la agricultura orgánica.....	7
2.2.3 Importancia en la industria.....	7
2.2.4 Propiedades y uso del lombrihumus.....	8
2.3 Generalidades sobre la lombriz de tierra.....	9
2.3.1 Clasificación taxonómica.....	9
2.3.2 Características morfológicas externas.....	11
2.3.3 Características morfológicas internas.....	13
2.3.4 Fisiología de la lombriz roja californiana.....	16
2.4 Ciclo biológico.....	19
2.5 Características biológicas.....	19

2.5.1 Reproducción y apareamiento.....	21
2.5.2 Fecundación.....	22
2.5.3 Longevidad.....	23
2.5.4 Regeneración.....	23
2.5.5 Plagas y enfermedades.....	23
2.2.6 Cosecha.....	24
2.6 Factores limitantes para su reproducción.....	25
2.6.1 Temperatura.....	25
2.6.2 Luz.....	26
2.6.3 PH.....	26
2.6.4 Humedad.....	27
2.6.5 Alimentación.....	27
2.6.6 Tipos de sustratos para la alimentación de la lombriz.....	29
2.7 Enfoque sistémico.....	31
2.7.1 Análisis de sistemas y simulación.....	31
2.7.2 Sistema.....	32
2.7.3 Simulación.....	33
2.8 Dinámica poblacional.....	33
3. MATERIALES Y METODOS.....	35
3.1 Ubicación del área experimental.....	35
3.2 Materiales.....	36
3.3 Métodos.....	36
3.4 Tratamientos evaluados.....	37
3.5 Variables evaluadas.....	38

3.6 Diseño experimental.....	40
4. RESULTADOS.....	41
4.1 Análisis de varianza.....	41
4.2 Población de huevecillos.....	42
4.3 Población de juveniles.....	43
4.4 Población de adultos.....	45
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	47
LITERATURA CITADA.....	48

INDICE DE CUADROS

No. de Cuadro	Título	Página
Cuadro 2.1	Condiciones óptimas para la reproducción de <i>Eisenia foetida</i> L.....	20
Cuadro 2.2	Contenido de celulosa en diferentes sustratos.....	28
Cuadro 3.1	Descripción de tratamientos.....	37
Cuadro 4.1	Cuadros medios y significancias para las variables evaluadas en el análisis de varianza en el desarrollo de lombriz de tierra roja californiana (<i>Eisenia foetida</i> L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche.....	41

INDICE DE FIGURAS

No. de Cuadro	Título	Página
Figura 2.1	Ciclo reproductivo de la Lombriz <i>Eisenia foetida</i>	15
Figura 2.2	Vista dorsal de estructuras internas de la lombriz.....	15
Figura 2.3	Superficie anteroventral de la lombriz de tierra.....	22
Figura 3.1	Ubicación del sitio del experimento.....	35
Figura 4.1	Población de cocones de lombríz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i> L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche.....	43
Figura 4.2	Población de juveniles de lombríz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i> L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche	45
Figura 4.3	Población de adultos de lombríz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i> L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche.....	46

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la dinámica poblacional de la lombriz de tierra roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche. El experimento se llevó a cabo en el área asignada al Departamento de Ciencias del Suelo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En recipientes de unicel de (20 x 20 x 03) centímetros con 1200 cm³ de estiércol de bovino de leche previamente precompostado, se inocularon dos lombrices adultas por recipiente. Para cada uno de los cuatro calibres de estiércol (tratamiento) se establecieron cinco repeticiones para un total de 20 unidades experimentales. Estas fueron ubicadas en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial AxB. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico UANL y la prueba de significancia de medias mediante Tukey al 0.05. Las variables evaluadas fueron número total de huevecillos, número total de juveniles y número total de adultos. Los resultados mostraron que en el sustrato sin tamizado hubo la mayor cantidad de adultos por semana, en el tamizado a 10 y 6 mm, se presentaron la mayor cantidad de juveniles por semana y finalmente, en el tamizado a 2 mm se obtuvo la mayor cantidad de huevecillos. Por lo tanto se puede concluir que en relación a los diferentes calibres experimentados ningún estadio de la lombriz presentó un comportamiento definido.

Palabras clave: Lombriz (*Eisenia foetida* L.), sustrato, estiércol bovino, huevecillos, juveniles, adultos, tamizado, dinámica poblacional.

INTRODUCCIÓN

Para los próximos años, el estudio de los sistemas de producción agropecuaria tendrá que sufrir un gran cambio, acorde con las preocupaciones universales que se tienen sobre la capacidad de conservar productivos los ecosistemas naturales y los agroecosistemas, en el mediano y largo plazo.

El dominio, muchas veces tiránico de la optimización de las variables económicas, tendrá que ceder terreno a los indicadores sociales y, sobre todo a los ambientales, ya que solo la armonía entre estas tres disciplinas, permitirá avanzar en dirección a la sostenibilidad ; el gran desafío que la humanidad debe construir para su propia supervivencia y la del planeta mismo.

Sistemas de producción que impacten en la economía, buena nutrición y manejo sustentable del ambiente rural, en los que se reciclen desechos presentes en el entorno inmediato para generar nuevos insumos; deben ser explotados para mejorar el nivel de vida y conservación ambiental para quienes subsisten en estas zonas tal como expone Daniel (1995).

Alas (2003) explica que uno de los múltiples beneficios de la lombricultura es la obtención de un abono de excelente calidad capaz de recuperar la fertilidad en suelos áridos y reducir su acidez.

La lombriz de tierra es un maravilloso ser viviente que realiza el proceso de alimentarse y transformar cantidades de estiércol para convertirlo en abono orgánico, día a día la lombriz come una cantidad igual a su peso y al término de un año, una enorme cantidad de lombriabono se ha llevado a su transformación para ser utilizado

como fuente nutritiva para las plantas explicado por Estación Experimental Agropecuaria (INTA EEA), (2003).

La dinámica poblacional de las lombrices es de importante estudio para obtener una visión más clara del ciclo de vida y los procesos que desempeñan en la transformación de la materia orgánica (MO) del suelo. Para interpretar el ciclo de vida y los procesos de transformación de MO por este organismo se requiere de un enfoque sistémico de los procesos implicados con una visión más holística.

El desarrollo de la computación ha dado pauta a que se generen opciones como el uso de modelos dinámicos de simulación, herramienta que hace posible relacionar gran número de variables a través del tiempo. Debido a ello la inclusión de la lombriz de tierra como parte de los procesos de producción agropecuaria ha despertado en los últimos años una gran atención por su repercusión en el ámbito nutricional y ecológico.

Medina y Araque (1999) mencionan que esta biotecnología utiliza la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* como una alternativa de reciclaje de desechos orgánicos de diferentes orígenes, entre ellos los agropecuarios, y como una fuente no convencional de proteínas y otros nutrientes a bajo costo.

Relacionado a lo anterior se facilita la potenciación del estiércol bovino como un reciclaje para la generación de biofertilizantes. Aunque su uso fresco o compostado es válido, la generación de lombricompostado de este desecho arroja resultados sorprendentes en la recuperación de la actividad biológica de los suelos.

En este proyecto de investigación se pretende conocer de una manera más clara el ciclo de reproducción de la lombriz de tierra roja al mismo tiempo se pretende contribuir a la conservación de nuestro entorno ambiental mediante el reúso del estiércol de bovinos, buscando un manejo sustentable, que pueda ser implementado en el ámbito rural; con los objetivos e hipótesis siguientes:

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Monitorear la dinámica poblacional de la lombriz de tierra roja para obtener información de su ciclo de vida

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Generar datos sobre el incremento poblacional de la lombriz de tierra roja en distintos calibres de sustrato a base de estiércol de bovino de leche

Aprovechar la base de datos generada antes para alimentar modelos de simulación que puedan aplicarse en otros ecosistemas

HIPOTESIS

El modelo dinámico de simulación arrojará buenos resultados sobre la velocidad de crecimiento de la lombriz de tierra roja californiana

Uno de los tratamientos tiene una respuesta diferente en la velocidad de reproducción de las lombrices en los diferentes calibres de sustrato a base de estiércol de bovino de leche

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DE LA LOMBRICULTURA EN EL MUNDO Y EN MEXICO

En la década de los 70, la Universidad Agrícola de California inició programas de investigación para la aplicación de lombrices en la Agricultura y posteriormente, el gobierno de los EE.UU. Estableció subvenciones para aquellas personas que se deseaban iniciar en el negocio. En 1979 había 1500 explotaciones comerciales de lombrices en los EE.UU.

Los principales países productores de lombricompost en América Latina son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador. Estos países cuentan con grandes explotaciones industriales de lombriz roja californiana. Filipinas es uno de los mayores productores de harina de lombriz para consumo humano, ya que la ausencia de olor y sabor la hace competitiva con la harina de pescado, tanto en calidad como en precio como lo menciona Cristales (1997).

El uso de desechos orgánicos en las comunidades rurales es una práctica antigua y frecuente, buscando con ello mejorar el contenido de materia orgánica del suelo para mantener la fertilidad del mismo. Entre los desechos orgánicos aplicados al suelo están los rastrojos, estiércoles, pulpa o cascarilla de café, bagazo y cachaza proveniente de ingenios entre otros.

Sin embargo la aplicación de estos desechos no contempla ningún manejo previo en la mayoría de los casos. Una de las alternativas de manejo que permiten

mejorar las características microbiológicas de los desechos orgánicos es la lombricultura o vermicultura, actividad que inicia su desarrollo en los Estados Unidos a finales de la década de los años cuarenta y principios de los cincuenta. En América Latina se inicia su desarrollo a principios de 1980; también es bien conocido el desarrollo alcanzado en países como Suiza, Holanda, España, Cuba, Japón, Canadá y Colombia entre otros y más recientemente en México como expone SAGARPA (2009).

2.2 IMPORTANCIA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA

2.2.1 IMPORTANCIA ECOLOGICA

Es importante observar que el aumento de residuos y basura va en aumento. Todas las grandes ciudades y proporcionalmente las pequeñas, tienen planteado el importante problema de la eliminación de los residuos urbanos. En los últimos años se han construido diversas instalaciones de incineración de basuras, para hacer frente a estas necesidades, pero estas soluciones tienen poco de ecológicas.

Si, se queman los residuos urbanos siempre surge el problema de deshacerse de sus cenizas, Todo este problema puede ser afrontado con las lombrices, las cuales, con su incesante trabajo de regeneración, transforman en un 100% las basuras urbanas así como los fangos y lodos en fertilizantes orgánicos.

Ferruzi, (1997) menciona que la explotación de las lombrices es absolutamente inodora de modo que puede ubicarse en cualquier lugar. Cualquier material orgánico ya putrefacto sea estiércol o lodos residuales, en los que se

coloque a la lombriz, no emitirá un mal olor a partir de las 23 a las 36 horas posteriores a su introducción.

2.2.2 IMPORTANCIA EN LA AGRICULTURA ORGANICA

La importancia de este organismo es reconocido desde los tiempos de Hansen y Darwin. Actualmente se le explota mediante una técnica denominada lombricultura que consiste en la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautividad con la finalidad básica de obtener con ella dos productos de mucha importancia para el hombre: el humus como fertilizante- enmienda de uso agrícola y la proteína (carne fresca o harina) como suplemento alimenticio.

Desde el punto de vista agrícola los residuos orgánicos transformados por la lombriz de tierra, al ser incorporados al suelo, corrigen y mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de este. La crianza intensiva de la lombriz de tierra es una actividad, que en la actualidad se desarrolla en todo el mundo, con esta técnica se acelera el proceso de descomposición de los desechos orgánicos, utilizados como alimentos por las lombrices que crecen y se reproducen con rapidez en espacios reducidos alcanzando altas densidades poblacionales, tal como expone Oduber (1995).

2.2.3 IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA

El objetivo de la explotación industrial es netamente económico. En este sistema se intensifica la producción y aumenta la inversión en mano de obra, ya que

se necesitan varios operadores y la infraestructura a utilizar resulta cara. Hay otras alternativas de construcción, como camas al aire libre, con una protección a los rayos solares directos y si se hace mecanizada, deberá dejarse espacio suficiente para el paso de maquinaria.

Generalmente las camas se ubican en la misma dirección de los vientos dominantes, alejándolos de otros cultivos, para evitar contaminación por uso de productos químicos y otras sustancias tóxicas. El terreno donde se realice la explotación debe ser de topografía plana y con buen drenaje.

2.2.4 PROPIEDADES Y USOS DEL LOMBRIHUMUS

Es la fracción más estable de la materia orgánica, es una sustancia coloidal carente de estructura cristalina, muy compleja, esencialmente de naturaleza lignoprotéica, de color oscuro con grupos ionizables esencialmente ácidos. El lombrihumus tiene el aspecto de tierra muy fina de color café oscuro, pero su virtud principal es el contenido de ácidos húmicos y numerosos micronutrientes como hierro, zinc, cobre, manganeso, etc. y una cantidad enorme de bacterias que son las que le dan vida al suelo.

El lombribono permite a la planta mejorar las características de las flores y frutos, las cuales presentan un mejor olor, color y sabor, aplicándolo a la planta en dosis diferentes sin quemar las semillas. Es un notable mejorador de suelos, haciéndolos más permeables al agua y ayudándolos a retener más la humedad, debido a sus características higroscópicas. Cualquier tierra infértil tratada con humus

puede regenerarse y aprovecharse con plantaciones y cultivos. En los anexos se detallan análisis de laboratorio que muestran los contenidos nutricionales del lombricompost.

2.3 GENERALIDADES SOBRE LA LOMBRIZ DE TIERRA

2.3.1 CLASIFICACIÓN TAXINOMICA

La lombriz de tierra presenta las siguientes características taxonómicas.

Reino: Animal

Sub Reino: Metazoos

Tipo: Anélido

Phylum: Protostomia

Clase: Anélido

Orden: Oligochaeta

Familia: Lumbricidae

Género: *Eisenia*

Especie: *foetida*

La lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) se caracteriza por poseer un color rojoso. Su tamaño que oscila de los 7 a 12 cm. La madurez sexual la alcanzan a las 10 a 12 Semanas y se consideran adultas a los 6 meses. Su peso es de 1 a 2.5 gramos desarrollándose en temperaturas optimas de 25 °C, con un pH ideal de 6.8 a 7.2 y una humedad de 70 - 80%.

Las lombrices han sido clasificadas ecológicamente de acuerdo con sus hábitos alimenticios, profundidad a la que se encuentran y al tamaño de los individuos. Con base en esta clasificación se define su función y participación en la mejora del suelo. Unas prefieren la capa arable y otras, capas más profundas, según el tipo de lombrices, según Cerdas (1996).

La respiración de la lombriz se realiza a través de su piel, aun cuando esta no se puede ver ni oír, es extremadamente sensible a los movimientos que se realizan alrededor de ella, reaccionando negativamente a la luz, como expone Cristales (1997).

La clase anélida se divide en tres órdenes: Polychaeta, Olicheta e Hirudíneas. Todos los anélidos se caracterizan por su marcado metamerismo; es decir la división del cuerpo en segmentos (anillos) o partes similares. Agroflore Lombricultura (1993) menciona que la evolución de las lombrices respecto a las formas inferiores, es precisamente esta segmentación y cada segmento representa una unidad subordinada del cuerpo que puede especializarse para determinadas funciones.

Eisenia foetida come 4 a 7 veces diarias, de ahí la necesidad de mantener altos contenidos de materia orgánica en las camas de reproducción, esta característica la ubica como una especie con gran capacidad de trabajo, además por su alta reproductividad es común que actúen con una densidad poblacional de entre 40 y 50,000 individuos por metro cuadrado.

Cerdas, 1996 menciona que densidades mayores reducen su capacidad de trabajo y su reproducción. Esta lombriz madura sexualmente entre las 10 y las 12 semanas, a partir de este momento se cruzan para el intercambio de esperma, luego de este periodo cada individuo por si solo empieza a liberar cápsulas, esto depende de las condiciones climáticas y de la calidad del alimento que consuman las lombrices. De cada cápsula pueden nacer entre 3 y 12 individuos.

2.3.2 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS EXTERNAS

Entre las características morfológicas externas e internas más importantes de (*Eisenia foetida* L.) podemos mencionar las siguientes:

Color: Posee un color rojizo intenso, razón por la cual se le conoce con el nombre de Roja Californiana, muchas veces el color lo determina la sangre o el contenido del intestino y no necesariamente el pigmento de su piel según expone Matons, (1948).

Forma: El cuerpo es un tubo bilateralmente simétrico; tiene forma cilíndrica.

Segmentos: Llamados también metámero, son anillos distribuidos en todo el cuerpo, generalmente comprende de 80 a 175 anillos; entre cada uno de ellos existen surcos intersegmentarios. Tanto los órganos internos como la pared del cuerpo se encuentran segmentados, separados entre sí por tabiques transversales llamados septos.

Prostomio: Pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento, del cual está separado por un surco.

Peristomio: Se llama así al primer segmento, donde se encuentra la boca; no tiene quetas o cerdas.

Quetas o cerdas: Cada segmento, con excepción del primero, posee cuatro pares de quetas o cerdas, provistas de pequeños músculos, cuya función es la locomoción. También están ausentes en la última porción del cuerpo, llamado pigidio, el cual no forma segmento.

Poros dorsales: Son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos intersegmentarios a lo largo de la línea media dorsal.

Nefridioporos: Aberturas pares excretoras que se repiten en cada segmento del cuerpo.

Poros espermatecales: Raramente ausentes, ubicados entre los surcos intersegmentarios

Poros femeninos: Oviductos cortos, que se abren en la cara ventral del segmento número 14.

Poros masculinos: Ubicados en la cara ventral del segmento número 15, generalmente hay un par.

Surcos seminales: Ubicados en los segmentos 9 y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante la copulación.

Clitelo: Es la región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos. Puede tener forma anular (envuelve los segmentos) o de montura (no envuelve los segmentos).

2.3.3 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS INTERNAS

Tabiques: Llamados también septos; son paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo.

Faringe: Es el primer compartimiento después de la boca

Molleja: Parte gruesa musculosa del tubo digestivo. Puede ser molleja esofágica o puede estar situada al comienzo del intestino llamada molleja intestinal.

Glándulas de Morren: Su función es metabolizar el calcio. Están ubicadas en el esófago.

Intestino: Se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas.

Ciegos intestinales: Apéndices huecos, terminados en forma de saco que aparecen al fondo del intestino.

Nefridios: Órgano central del sistema excretor. Funciona como pequeño riñón. Se llaman holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmento.

Vasos dorsal y ventral: Ubicado sobre el tubo digestivo. El vaso dorsal y el ventral debajo de éste, son los más importantes en el sistema circulatorio.

Vaso suprainestinal y supra esofágico: Son vasos impares no siempre presentes. Se encuentran entre el esófago, intestino y el vaso dorsal.

Vasos extraesofágico o lateroesofágico: Situados a los lados del esófago y entre éste y los corazones.

Corazones: Situados en la región esofágica del cuerpo ligando los vasos y están en pares y en un total de cinco y manda la sangre al vaso ventral.

Testículos: Ubicados en los segmentos 10 y 11 y en uno o en pares cada uno; situados en cavidad celómicas aisladas los reservorios de esperma.

Canales deferentes: Permiten la salida de los espermatozoides y son uno para cada testículo.

Vesículas seminales: Son tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos 9, 10 y 11.

Ovarios: Generalmente sólo son un par, ubicados en el segmento 13 y descargan los huevos en la cavidad celómica.

Ovisacos: Seguidos al segmento que contiene el ovario.

Espermatecas: Sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes, tal como expone Pineda, (2006).

2.3.4 FISILOGIA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

Sistema Excretor. Este sistema lo componen los pares de nefridios que se encuentran en los somitos, excepto en los tres primeros y el último, se inicia en una especie de embudo llamado nefrostoma y termina con el nefridioporo estructura que descarga los desechos en el exterior.

Está ubicado cerca del par ventral de quetas, los productos a excretar se forman en la pared del cuerpo y el tubo digestivo, y ambos entran en la sangre y en el líquido celómico. La función de estas estructuras es filtración, reabsorción y secreción. El nefrostoma es ciliado y el movimiento de los cilios permite la liberación del líquido celómico, expuesto por Cerdas (1996).

Aparato Circulatorio. Las lombrices tienen un sistema circulatorio cerrado, constituido por dos grandes vasos sanguíneos, uno dorsal y el otro ventral; además, de cinco vasos principales a lo largo del cuerpo y cinco pares de corazones uno en cada uno de los sumitos del 7 al 11. La sangre de las lombrices está compuesta por un plasma líquido de color rojo, debido a la presencia de hemoglobina. La función de la sangre es absorber las sustancias alimenticias de los intestinos, liberar residuos solubles en los riñones, transportar el oxígeno de todo el cuerpo y liberar gas carbónico a través de la piel, tal como menciona Cerdas (1996).

Sistema Respiratorio. La respiración de las lombrices es cutánea la falta de un sistema circulatorio organizado permite que la sangre circule por capilares que se ubican junto a la cutícula húmeda de la pared del cuerpo, lo que favorece la absorción del oxígeno y la liberación de anhídrido carbónico. Por lo tanto, la

respiración solo puede darse, con la cutícula húmeda. Cuando se expone una lombriz al sol, de la de respirar al irse secando y muere. Otra causa de muerte es la falta de oxígeno que se presenta en condiciones de saturación de agua, de inundación, por ejemplo, cuando hay precipitaciones altas.

Sistema nervioso. Está formado por un cerebro, que a su vez lo integran dos ganglios suprafaríngeos existen dos conectivos que rodea la faringe y comunican con los ganglios subfaríngeos bilobulados. Desde aquí sale el cordón nervioso ventral, que se extiende por la parte ventral del celoma hasta el último sómito, que corresponde al ano.

En cada sómito se presenta un ganglio que se origina a partir del cordón nervioso ventral, del cual emergen tres pares de nervios laterales, de los cuales salen las fibras sensitivas y las fibras motoras; las primeras llevan impulsos de la epidermis al cordón nervioso y las segundas del cordón nervioso a los músculos y células epidérmicas, tal como expone Cerdas (1996).

Aparato neurosensorial. La lombriz carece de ojos, posee en la piel células fotosensibles; es sensitiva a la luz y al estar expuesta mucho tiempo a ella, muere. El sentido del tacto se encuentra en la epidermis y éste es el centro de los nervios. Las células neurosensoriales le permiten percibir vibraciones que le provocan estrés y la hacen reaccionar a la temperatura. A lo largo de la epidermis hay nervios especializados en responder al PH. También posee órganos gustativos que le permiten distinguir diferentes tipos de alimento.

Aparato digestivo. Es de forma tubular y de forma recta. Tiene un canal alimenticio muy completo; posee una abertura anterior, llamada boca y una posterior llamada ano. A lo largo de él tiene varios compartimientos, comenzando con la boca o cavidad bucal, luego le sigue una faringe muscular, la cual segrega un mucus que sirve para humedecer el alimento; le sigue el esófago y dentro de éste se encuentra el buche que sirve como almacenamiento temporal de alimento, humedeciéndolo y ablandándolo previamente.

Después, el alimento pasa a la molleja, donde es triturado, preparándolo para la digestión y absorción que finalmente se realiza en el intestino. Aquí se segregan algunas enzimas como pepsina y tripsina que actúan sobre las grasas y amilasa⁵ sobre los carbohidratos. Aquí los alimentos son absorbidos por el torrente sanguíneo y los que no se pueden digerir son excretados por el ano.

Cerdas (1996) menciona que la lombriz de tierra tiene dos estómagos; uno anterior de pared delgada y uno posterior de pared gruesa.

Sistema Reprodutor. La lombriz es hermafrodita, por lo que se producen óvulos y espermatozoides de un mismo individuo, sin embargo no puede autofecundarse, pues necesita un intercambio de esperma, este intercambio se realiza cuando las lombrices se aparean y unen entre sí sus poros donde se liberan los espermatozoides y el líquido prostático.

Posteriormente se separan y luego cada individuo por sí solo efectúa la liberación de cápsulas, que son estructuras que contienen los huevecillos,

dependiendo de la especie a si será el tamaño de las cápsulas y el número de huevecillos que contenga.

2.4 CICLO BIOLÓGICO

La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, su peso total lo constituye el agua en un 80 a 90%; presenta variaciones de colores debido a los pigmentos protoporfirina y éster metílico. Dicha pigmentación la protege contra la radiación de la luz ultravioleta; tiene forma cilíndrica, con secciones cuadrangulares, variando en cuanto a tamaño, de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm. de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25 mm, variando el número de segmentos de 80 a 175 anillos.

Pineda (2006) menciona que en la actualidad se le está prestando mucha atención a su crianza, desarrollándose nuevos métodos debido a la importancia que tiene en la descomposición de los residuos orgánicos; usándose además como carnada en la pesca, alimento para especies domésticas, producción de humus, reciclaje de estiércol animal, transformación ecológica de materiales biodegradables producidos por la industria y poblaciones urbanas e industrias farmacéuticas.

2.5 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los estados juveniles son menos tolerantes a temperaturas extremas que los adultos, *Eisenia foetida* tiene la capacidad de sobrevivir en temperaturas entre 10 y 25°C, expuesto por Alvarenga (2001).

La producción de capullos es influenciada por una variedad de características de la población, en particular por la densidad de población, la biomasa, la estructura de edades y por factor externo especialmente la temperatura, la humedad y la energía del alimento.

Cuadro 2.1. Condiciones óptimas para la reproducción de *Eisenia foetida*. (Escuela Nacional de Agricultura ENA, 1997)

CONDICION	REQUERIMIENTO
Temperatura	15-20° C (Limites 4-30° C)
Humedad	80-90 % (Limites 60-90 %)
Demanda de oxigeno	Aeróbicas
Contenido de amonio	Bajo: < 0.5 mg/g
Contenido de sales	Bajo: < 0.5 %
pH	> 5 y < 9

Cristales (2000) menciona que el periodo de incubación varia ampliamente principalmente en respuesta a la temperatura y humedad del sustrato, en temperaturas de 5.6 a 10° C, *Eisenia foetida* reporta tasa de emergencia del 88% en un tiempo de incubación de 86 días y a una temperatura de 25°C presenta un 40 % de emergencia a un tiempo de incubación de 19 días, por tanto cuando los climas son tropicales disminuye la tasa de incubación y tasa de emergencia comparado con climas templados.

Eisenia foetida presenta una curva de crecimiento en forma de “S” su rango de crecimiento y el tiempo requerido para alcanzar la madurez es más rápido que el de otras especies, en condiciones apropiadas de temperatura puede alcanzar su madurez sexual en 35 días y llegar a la mayor producción de capullos 70 días después del empollamiento, tal como expone Cristales (1997).

Alvarenga, (2002) menciona que el tiempo para alcanzar la maduración sexual está influenciado por la densidad poblacional en donde el clitelo aparece más tarde en las poblaciones más densas; 3 individuos por cada cm³, maduran a las 7 semanas, mientras que 16 individuos en el mismo volumen de sustrato maduran a las 10 semanas.

La mortalidad natural de *E. foetida* ha sido estimada de 0 a 1% por semana con temperaturas promedio de 25°C. Las temperaturas extremas causan mortalidades altas.

2.5.1 REPRODUCCION Y APAREAMIENTO

La reproducción y el apareamiento la efectúan a través de un órgano conocido como clitelo, el cual es una estructura ligeramente abultada localizada en el primer tercio del cuerpo. Al momento del apareamiento produce una secreción intensa de mucos que forma una especie de anillo viscoso entorno a ellas y que les permite mantenerse estrechamente unidas mientras se intercambia el esperma producido por ambas, expuesto por Tineo (1994)

2.5.2 FECUNDACION

Cuando las lombrices se separan después de haberse apareado, en el clitelo de cada una de ellas se genera una formación tubular y una consistencia viscosa y densa que resbala poco a poco a través de la parte anterior del cuerpo y pasa recogiendo los huevos que cada uno de los poros genitales ha segregado, pasando también por el conducto que proviene del receptáculo seminal donde se encuentran depositados los espermatozoides. Luego esta secreción se desprende del cuerpo de la lombriz después de una semana de la copulación tomando una consistencia dura al tener contacto con el aire, mencionado por PRODUCE CHIAPAS (2005)

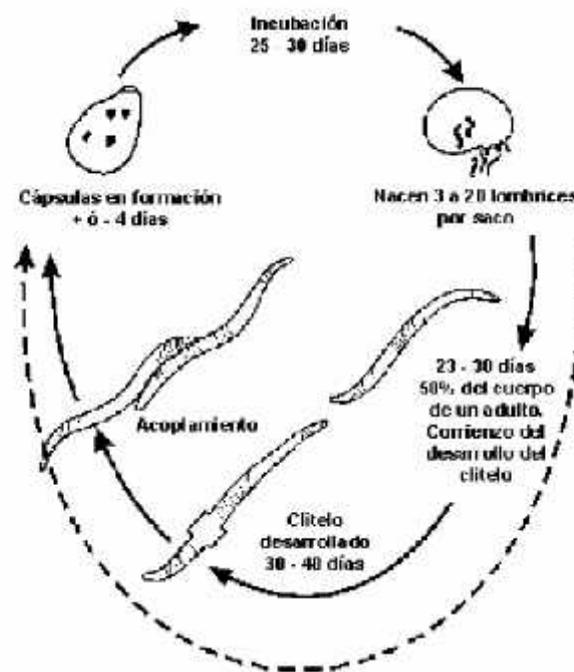


Figura 2.3. Ciclo reproductivo de la Lombriz *Eisenia foetida* (López, 2004)

2.5.3 LONGEVIDAD

Las lombrices que nacen saliendo del capullo crecen de forma acelerada y en el periodo de 1 y 3 meses se encuentran sexualmente maduros para comenzar a reproducirse. Han sido reportadas longevidades entre 4,8 y 10 años, experimentalmente se han mencionado para *Eisenia foetida* una longevidad de 1000 días a 25°C, tal como expone Ferruzzi (1987)

2.5.4 REGENERACION

Está demostrado que la lombriz tiene capacidad regenerar una parte amputada solamente cuando esta se encuentra en la zona posclitelar, descartando a si la creencia de la posibilidad que las lombrices partidas o rotas en 2 piezas regeneran en cada parte la zona partida y forman dos individuos completos, menciona Cristales (2000).

2.5.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Hormiga: La especie de hormiga que produce mayor dificultad es la hormiga roja, la cual se alimenta directamente de la lombriz, formando nidos en las camas de cría. El control de esta plaga es difícil y algunas veces es mejor cosechar las cajas atacadas y volver a inocular. Algunas formas de controlar esta plaga es manteniendo la humedad en el rango de 80%, se ha observado que aplicaciones de residuos de café realizan un buen control de la hormiga.

Planaria: Es uno de los mayores enemigos de la lombriz de crianza, este animal succiona los líquidos internos de la lombriz por medio de un tubo que inserta en el cuerpo de esta. Un ataque fuerte de planaria puede terminar en dos semanas con todo el lombricultivo. Cuando se detecta esta plaga es necesario cosechar de inmediato y si se quiere recuperar el pie de cría se deberá separar meticulosamente la lombriz de los criaderos infestados

Ranas y Sapos: Estos batracios se convierten en una plaga muy fuerte cuando son abundantes en el lugar de explotación, su control es preventivo y se utilizan barreras físicas como las mallas y cultivo de nim.

Pájaros: se controlan utilizando barreras físicas, y en ocasiones se puede utilizar capa de zacate la cual ayuda a mantenerlos alejados de las lombrices, expuesto por Cristales (1997).

2.5.6 COSECHA

La separación de la lombriz y la cosecha del lombrihumus se pueden hacer 2 a 4 veces por año, cuando el sustrato llega a la altura máxima de la cama, se suspende la alimentación y el riego durante una semana, para obligar a la lombriz a consumir todo el material que no se ha transformado, extendiendo en la semana siguiente una malla plástica sobre la cama y se alimenta de nuevo y una semana después se retira la malla con la capa superior donde ha subido la lombriz.

Otra forma de separación manual consiste en colocar el producto cosechado sobre un plástico y exponerlo directamente al sol, de esta forma las lombrices se

acomodaran en la parte inferior y siendo más fácil su separación, tal como expone Cristales (1997).

2.6 FACTORES LIMITANTES PARA SU REPRODUCCION

El ciclo de vida de la Lombriz de tierra y en particular la especie *Eisenia foetida* está gobernado por factores tales como temperatura, luz, pH, humedad y alimentación.

2.6.1 TEMPERATURA

La temperatura ambiental afecta de una u otra manera a todos los organismos vivos, en general incrementa la velocidad del desarrollo, como resultado de la intensificación del metabolismo. Así la secuencia del apareamiento para la especie *Eisenia foetida* depende de la temperatura del suelo.

Por lo tanto la especie es un organismo de sangre fría (Poiquiloterma) porque su calor corporal se obtiene principalmente de la energía externa del ambiente; la cual influye en el ambiente interno del sustrato y esta afecta al organismo y a su vez estimula su apareamiento. La temperatura óptima de *Eisenia foetida* oscila entre los 19-20° C, esta temperatura debe mantenerse durante su reproducción.

De aquí la importancia de este factor en las tasas reproductivas (2, 3, 4, 5....21 recién nacidos), ya que si no se controla no se alcanza una tasa de reproducción óptima tal como 7 recién nacidos por capullo (Ferruzzi, 2001). Sin

embargo, una baja temperatura (15°C) trae consigo una reducción en la velocidad de desarrollo y un crecimiento retardado, entrando en un periodo de latencia, dejando de producir lumbrihumus, menciona Centro de Estudios Agropecuarios (2001).

Mientras que a menos de 10°C las lombrices no pueden sobrevivir (Capistran *et. al.*, 2001) y en temperaturas mayores a 42° C pueden ser mortales para ellas, provocando la salida a la superficie del sustrato.

2.6.2 LUZ

La Lombriz Roja teme a la luz y los rayos ultravioleta la matan. Por esta razón, la iluminación, natural o artificial, no tiene que incidir directamente sobre su hábitat, tal como lo mencionan Ferruzzi, (2001); Alanis, (2003).

2.6.3 pH

Alanis, (2003) menciona que en general las Lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH está entre cinco, ligeramente ácido, y ocho, ligeramente alcalino; es decir en rango cercano al siete, que representa al neutro. De esta manera el pH para la Lombriz Roja es de 6.8-7.7, mencionado por Ferruzzi, (2001).

Por lo tanto un pH neutro 7 es el óptimo para el desarrollo de la especie. Sin embargo, es recomendable que el alimento que se les suministra a las crías sea ligeramente alcalino, es decir, que tenga un pH entre 7.5 y 8.5. De aquí la

importancia de controlar este factor durante la etapa reproductiva así como también en su ciclo de vida, mencionado por Rienes *et al.*, (1998); Ferruzzi, (2001) y Alanis, (2003).

2.6.4 HUMEDAD

De manera general se puede decir que un puñado de sustancias orgánicas, destinada a servir de alimentación o de sustrato, tiene la humedad adecuada, cuando comprimiéndolo con la mano, no suelta agua, el nivel óptimo de humedad para la Lombriz Roja es de 82.5 %, expuesto por Ferruzzi (2001).

Sin embargo la humedad promedio más favorable para las lombrices es de 85 %, mencionado por Capistran *et al.*, (2001). Por otra parte existe el método más sencillo y práctico que consiste en tomar una porción de sustrato y apretarlo con fuerza. La humedad se calcula según el número de gotas de agua que se destile del mismo, tal como lo expone Rienes *et al.*, (1998).

2.6.5 ALIMENTACION

Ferruzzi, (2001) expone que la alimentación es dada a partir de materiales orgánicos, mejor si son ricos en celulosa (20 % del volumen). Es aconsejable el estiércol del ganado equino, paja o cartón previamente bien mojado o empapado en agua. El espesor del sustrato inicial debe ser de unos 15 cm, para el lecho en verano y de 25 cm, para el lecho en invierno.

La sustancia orgánica debe ser identificada como una indicación sobre su calidad. Teniendo en cuenta que la Lombriz objeto del presente estudio, se alimenta con cualquier tipo de sustancia orgánica, que haya superado su estado de calentamiento como consecuencia de su putrefacción y posterior fermentación.

De acuerdo al Cuadro 2.2, independientemente de cuál sea la sustancia orgánica que se debe utilizar, esta debe tener un contenido en celulosa no inferior a un 20-25 %, en forma de paja triturada, papel o cartón, como lo expone Ferruzzi (2001).

Cuadro 2.2 Contenido de celulosa en diferentes sustratos

Sustrato	% celulosa
Estiércol de conejo.....	10 %
Estiércol de equino.....	15 %
Estiércol de bovino.....	35 %
Estiércol de ovino.....	10%
Estiércol de porcino.....	30 %

Estos porcentajes representan un balance nutricional en la dieta alimenticia en la Lombriz Roja. Tales niveles de % N consideran una mejor capacidad reproductiva. Sin embargo, los estiércoles procedentes de explotaciones extensivas de pollos, pavos y de aves en general no son aconsejables debido a su fuerte acidez,

ocasionada por la elevada temperatura durante la fermentación (90° C) y el prolongado espacio de tiempo necesario (14, 16, 17 meses) para que esta concluya y poder obtener un valor de pH 7.0

2.6.6 TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA ALIMENTACION DE LOMBRICES

La lombriz se nutre con cualquier tipo de sustancia orgánica, que haya superado su estado de calentamiento como consecuencia de su descomposición y posterior fermentación, independientemente de cuál sea la sustancia orgánica que se desee utilizar, ésta debe tener un contenido en celulosa no inferior a un 20-25% en forma de paja triturada, papel o cartón. Por ejemplo, normalmente, los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de pollos, gallinas, pavos y de aves en general no son aconsejables debido a su fuerte acidez ocasionada por la elevada temperatura de fermentación (90°C).

En esta ocasión se presentan siete sustratos más comunes de encontrar en nuestro país como el estiércol de bovino, estiércol de conejo, estiércol de cabra, bagazo de caña, cáscara de plátano, basura orgánica, residuos del proceso de beneficiado y pulpa de café.

Estiércol de bovino. Es muy utilizable como sustrato inicial y como alimento durante la producción. El periodo mínimo de envejecimiento aconsejable es de 6 meses, pero es más fácil encontrarse con un pH adecuado, cuando este periodo ha sido de 6 meses, tal como lo menciona Ferruzzi (1996).

Estiércol de conejo. Constituye un alimento óptimo. Si se usa en estado original o se recoge debajo de la jaula de los conejos, tiene que ser tratado y oxigenado antes de poder ser suministrado. Debido a su particular estructura, se presenta como una masa compacta que carece casi totalmente de aire y de oxígeno, constituyendo un sustrato donde las lombrices que necesitan estos dos elementos, no pueden sobrevivir. El estiércol de conejo posee 2.4% de nitrógeno, 1.4 % de fósforo y de 0.6 al 0.8 % de potasio.

Estiércol de cabra. Este estiércol se presenta en forma de bolitas endurecidas por lo que se tendrá que humedecer para ser consumida por las lombrices, los valores nutritivos son 2.0 de nitrógeno, 1.5 de fósforo y 2.1 de potasio Clark, (2001); Ruiz, (1999).

Bagazo de caña. Se obtiene en grandes cantidades en los ingenios azucareros después de la extracción del azúcar de la caña. Actualmente se emplea como combustible en los ingenios donde se procesa la caña, la melaza juntamente con el bagazo se puede mezclar y al ser manipulado con otros productos, para ser utilizados en la alimentación animal. El bagazo de caña contiene los siguientes valores nutritivos 7% de proteína cruda, 1.12% de nitrógeno, 0.15% de calcio y .07% de fósforo Clark, (2001); Ruiz, (1999).

Cáscara de plátano. El uso de cáscara de plátano como sustrato, podría ser una alternativa a acorto plazo para utilización eficiente de los desechos, esto tomando en consideración los hábitos alimenticios y de conversión de la lombriz

doméstica, la cáscara de plátano muchas veces presentan un problema por su acumulación debido a que no hay forma adecuado de aprovechar estos desperdicios.

Basura Orgánica. Por medio de esta materia orgánica la naturaleza recicla los nutrientes entre la vida (organismo) y lo inanimado (suelo), generando un compuesto más o menos estabilizado de complejos carbonados como los ácidos húmicos, nutrientes, minerales, sales diversas de fósforo, nitrógeno, potasio y otros componentes.

Pulpa de café. Varios investigadores determinan que la pulpa de café representa el 40% del peso fresco del fruto, variando la cantidad de la misma según la producción de cada país. Tal es así que Honduras, con una producción de 4 millones de sacos de café de 45.35 kg produce 438 000 toneladas de pulpa. La pulpa de café ha sido analizada en varios países, Honduras no ha sido la excepción, los contenidos de la misma varían de acuerdo al manejo que cada agricultor provea a la finca.

2.7 ENFOQUE DE SISTEMAS

2.7.1 ANALISIS DE SISTEMAS Y SIMULACION

El origen del análisis de sistemas se remonta al periodo de la segunda guerra mundial y estuvo relacionado con la solución de problemas logísticos complejos Grant *et al.*, (1997). El análisis de sistemas es tanto una filosofía como un conjunto de técnicas, que han sido desarrolladas explícitamente para enfrentar problemas que comprendan relaciones complejas, expuesto por Ford (1999).

Sin embargo Thornley, (1998) menciona que los modelos matemático no proporcionan por si mismos las hipótesis y leyes científicas para generar nuestras teorías; son solo herramientas cuantitativas para expresar esas ideas científicas.

Los modelos matemáticos actualmente han sido utilizados en áreas tales como ingeniería industrial, administración de empresas, economía y agricultura entre otras, mencionado por Thornley (1998); Harrell *et al.*, (2000).

2.7.2 SISTEMA

Cualquier conjunto de objetos que interactúan puede ser considerado como un sistema. Entonces un sistema es un conjunto de procesos interconectados caracterizado por muchas vías recíprocas de causa y efecto, tal como expone Grant *et al.*, (1997).

Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados que poseen un límite y funciona como una unidad (Capra, 1996). Sin embargo Ebert (1998) menciona que los sistemas tienen propiedades de importancia particular, los sistemas pueden estar unidos como por ejemplo ambiente-organismo de esta manera, un individuo es parte de una población, una población es parte de una comunidad y así sucesivamente.

En definitiva el análisis de sistemas es un enfoque metodológico científico relacionado con problemas complejos y para ello hace uso de la matemática compleja, procedimientos estadísticos y computadoras, expuesto por Peart y Carry (1998).

2.7.3 SIMULACION

Simular es emplear un modelo para imitar, o describir paso a paso el comportamiento del sistema que se está estudiando, expuesto por Grant et al, 1997. Los modelos son abstracciones de la realidad y por lo tanto los modelos de simulación están compuestos por una serie de operaciones aritméticas y lógicas que en conjunto representan la estructura (estado) y el comportamiento (cambio de estado) del sistema de interés, tal como lo exponen Innis, (1978); Abogado, (1989); Peart y Carry, (1998); Harrell *et al.*, (2000).

Los modelos dinámicos de simulación son capaces de relacionar variables complejas tales como las ambientales y poblacionales, siempre y cuando se cuente con un buen antecedente de esos factores, siendo este el cuello de la botella para incluir un gran número de situaciones en la predicción del ciclo de vida de la lombriz.

2.8 DINAMICA POBLACIONAL

De manera general la estructura de la edades es un atributo importante que afecta el crecimiento de una población en al cual las generaciones se traslapan. La natalidad y mortalidad generalmente se distribuyen en forma desigual a través de las edades y esto se refleja en la historia de vida de las especies, como lo exponen Ebert, (1998); Ford, (1999).

Como consecuencia, el crecimiento poblacional depende en parte de la distribución de la natalidad y mortalidad en la diferentes edades la cuales son características de las especies; y en parte de la distribución actual del número de

individuos en cada clase de edad, lo que refleja las condiciones ecológicas recientes a las cuales ha estado expuesta la población.

Sin embargo, no únicamente estos atributos gobiernan el comportamiento poblacional en las especies, también los factores ambientales tales como temperatura, luz, humedad y pH entre las más importantes. Estos factores en si son llamadas variables rectoras (Driven), es decir, variables que manejen el genotipo de las especies (sistemas) y por consiguiente provocan cambios en los individuos de una población a lo largo del tiempo (estructura de edades).

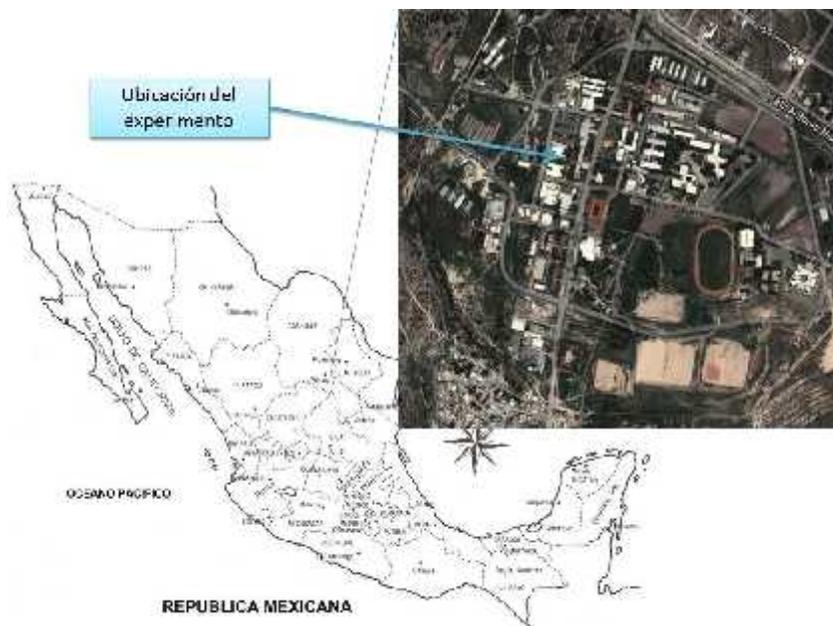
3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo se desarrolló en el área experimental asignada dentro del Departamento de Ciencias del Suelo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en el municipio de Saltillo Coahuila con las coordenadas $25^{\circ} 21' 9.83''$ latitud norte, $101^{\circ} 2' 2.14''$ longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

El clima es muy seco, BW hw; semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350 - 400 mm. La temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La temperatura media anual de 19.8°C .

Figura 3.1 Ubicación del sitio del experimento



3.2 MATERIALES

- 20 garrafones de agua
- Plástico polietileno
- Estiércol bovino previamente tratado
- Plástico nylon
- Marcador permanente
- Cámara fotográfica
- Lombrices roja californiana (*Eisenia foetida L.*) no itálicas
- Tamiz para cribar de 2mm, 6mm y 10mm

3.3 MÉTODOS

El estiércol bovino se obtuvo del establo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y posteriormente se trasladó al área experimental de Ciencias del Suelo el cual está ubicado en una área con sombra y protegida de otros animales, lo siguiente que se realizó es un tamizado del estiércol el cual fue dividido en cuatro porciones iguales dejando una en su tamaño original, las otras fueron tamizadas en malla de 10, 6 y 2 mm cada una, para los tratamientos a implementar. Posteriormente se colocó el estiércol en una superficie impermeable, se humedeció y removió con el fin de lavar el contenido de sales, se dejó en reposo durante 24 horas. El proceso se repitió hasta alcanzar una salinidad cercana a 2.5 dS (nivel tolerable por la lombriz). Con apoyo del área de carpintería de la UAAAN se solicitó la fabricación de dos recipientes de madera de (1 x 5 x 0.50) m los cuales fueron

divididos en 20 divisiones internas. Después se impermeabilizo con plástico, quedando listo para recibir el estiércol adicionado para el alimento de la lombriz. Las cavidades creadas se llenaron con una capa de estiércol de 7 cm de altura y se inocularon con 100 lombrices adultas, buscando mantener el sistema a una humedad cercana al 75 % para el correcto funcionamiento.

El pie de cría fue proporcionado por el área de lombricultura experimental a cargo del Dr. Alejandro Hernández Herrera. Cada semana se adiciono una nueva capa de 7 cm de estiércol y también se le proporciono la humedad necesaria. Semanalmente se hicieron conteos de adultos, juveniles y huevecillos (cocones) en áreas muestrales de 0.1 x 0.1 m hasta la profundidad presente; registrando los datos. El proceso de registro se realizó durante tres meses, con los que se alimentó la base de datos del programa de simulación a probar. El recipiente para el crecimiento de la lombriz se diseñó con salidas para colectar los lixiviados del humedecimiento de la masa del estiércol.

3.4 TRATAMIENTOS EVALUADOS

Cuadro 3.1 Descripción de tratamientos

Tratamientos	Calibre de estiércol (mm)
T1	2
T2	6
T3	10
T4	Al natural (sin tamizar)

3.5 VARIABLES EVALUADAS

Las variables que se midieron son dependientes:

Número de huevecillos (cocones). Es una pequeña capsula de color amarillo claro en la cual se encuentran los embriones en desarrollo para posteriormente convertirse en una pequeña lombriz juvenil.

Para el conteo de esta variable por semana se procedió a vertir el contenido de las charolas de unicel con dimensiones de 20 cm x 20 cm sobre una mesa y posteriormente con la ayuda de un tenedor y una cuchara de plástico empezábamos a escarbar el sustrato previamente precompostado (1 Kg por charola) para poder sacar todos los huevecillos contenidos en esta charola.

Los datos resultantes fueron concentrados en formato de registro elaborado con este fin.

Número de juveniles. A los juveniles los podemos identificar por el tamaño medio y la característica principal es el desarrollo previo del anillo que presentan antes de convertirse en adultos.

Para el conteo de esta variable por semana se procedió a vertir el contenido de las charolas de unicel con dimensiones de 20 cm x 20 cm sobre una mesa y posteriormente con la ayuda de un tenedor y una cuchara de plástico empezábamos a escarbar el sustrato previamente precompostado (1 Kg por charola) para poder identificar a todos los juveniles contenidos en esta charola.

Los datos resultantes fueron concentrados en formato de registro elaborado con este fin.

Número de adultos. Lo que caracteriza a un adulto es un anillo de mayor diámetro que el resto del cuerpo llamado clitelium, lugar donde se conforma la cápsula que contiene los embriones.

Para el conteo de esta variable por semana se procedió a vertir el contenido de las charolas de unicel con dimensiones de 20 cm x 20 cm sobre una mesa y posteriormente con la ayuda de un tenedor y una cuchara de plástico empezábamos a escarbar el sustrato previamente precompostado (1 Kg por charola) para poder identificar a todos los juveniles contenidos en esta charola, es importante mencionar que la población inicial de esta variable fue de dos adultos por charola.

Los datos resultantes fueron concentrados en formato de registro elaborado con este fin.

Estas variables se medirán con un conteo visual semanal separando cada una de las etapas de desarrollo, las cuales nos indicaran el crecimiento de las lombrices y con estos datos se alimentara el modelo dinámico de simulación.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se distribuyó de acuerdo al diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial AxB el cual contó con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza

(ANVA) y la prueba de medias de Turkey; para lo cual se usó el paquete estadístico de la UANL.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

En el **Cuadro 4.1** se muestran los cuadrados medios y las significancias de las características evaluadas durante el desarrollo de esta investigación.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancias para las variables evaluadas en el análisis de varianza en el desarrollo de lombriz de tierra roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche

F. V.	GL	No. Huevecillos	No. Juveniles	No. Adultos
FA	11	21.816*	120.318**	4.857 ^{NS}
FB	3	196.86	8608.91	20.78
FA x FB	33	9.87	95.27	4.15
EE	96	11.022	88.786	2.940
TOTAL	143			
CV (por ciento)		57.15%	23.57%	71.37%

** = Significancia al 0.01

* = Significancia al 0.05

NS = No significativo

Primeramente, para el caso de los tratamientos a base de los distintos calibres de estiércol empleados, encontramos que tanto en número de huevecillos como de juveniles mostraron responder estadísticamente diferentes bajo la acción de los calibres de estiércol mencionados. Una excepción fue la cantidad de adultos, la cual no mostró diferencias estadísticas para los calibres de estiércol experimentados.

En cuanto al error podemos decir que es el resultado de un modelo lineal incluido en el análisis de varianza que se incluye al analizar los datos en el programa estadístico y que no se puede tener control de él, los valores menores nos indican una significancia menor.

Para el caso del Coeficiente de variación podemos mencionar que los valores altos que se muestran en el Cuadro 4.1 reflejan el error también mencionado en el

mismo, lo que se podría hacer es un reacomodo de parcelas para disminuir el error y obtener valores más significativos.

4.2 POBLACIÓN DE HUEVECILLOS

El análisis de varianza y comparación de medias para esta variable muestra una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la cual se muestra que el tratamiento cuatro fue el que tuvo un buen desarrollo de huevecillos, lo cual nos indica que este tamizado natural (testigo) es el óptimo para que las lombrices adultas ovipositen debido a que se necesita una mejor circulación de oxígeno. Resultados similares son mencionados por Hernández *et al.*, (1996) quienes encontraron que la lombriz adulta inicia la oviposición a los tres días de convertirse en adulta y que necesitan de una buena oxigenación para poder ovipositar y que se necesitan de sustratos con espacio poroso muy bueno y preferiblemente sin realizar algún tipo de tamizado.

La temperatura es un factor muy importante ya que esta interviene directamente en el desarrollo de los cocones, 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. Estas lombrices, de 14°C a 27°C alcanzan la máxima capacidad de reproducción. Cuando la temperatura es inferior a 7°C, las lombrices no se reproducen.

Para el caso de esta variable no se recomienda realizar ningún tamizado ya que los resultados de esta investigación mostraron que a los tratamientos que se les realizó tamizados no mostraron buen porcentaje de oviposición, debido a falta de oxigenación del mismo.

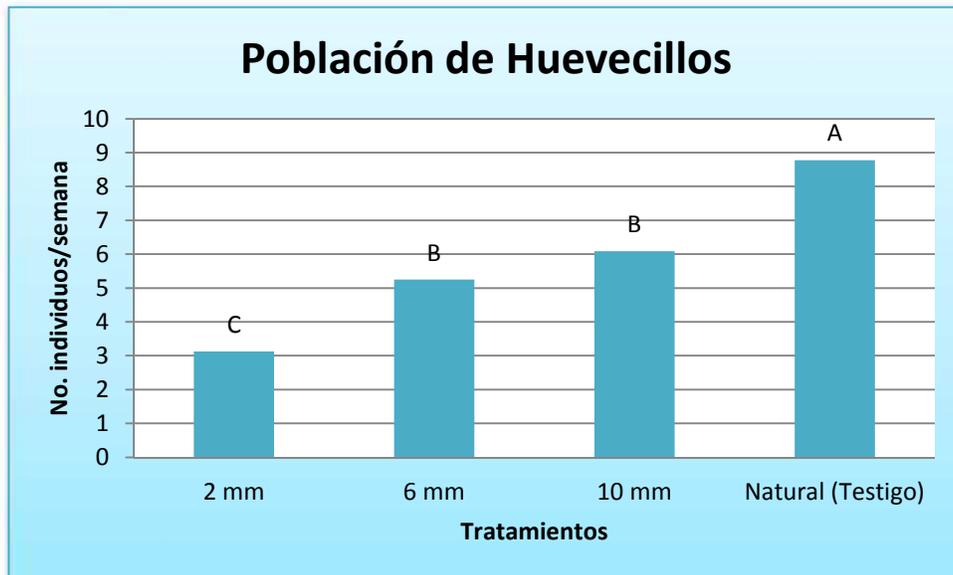


Figura 4.1 Población de huevecillos de lombríz roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche

4.3 POBLACION DE JUVENILES

El analisis de varianza y comparacion de medias muestran que hubo diferencia altamente significariva ($P = 0.01$) entre tratamientos siendo estadisticamente mayor el tratatamiento numero 3 (tamizado a 6 mm) lo cual nos indica que este calibre fue, para este caso, el optimo para el desarrollo de las lombrices juveniles ya que cuenta con un espacio poroso intermedio de los tamizados, lo cual permite la buena circulacion del oxigeno, a diferencia del tratamiento 1 (tamizado a 2 mm) en el cual este gas no circula bien.

Relacionando la cantidad de huevecillos (variable anterior) con esta, tenemos lo siguiente: con el calibre testigo se ovipositaron 8 huevecillos en promedio, para dar, 120 juveniles semanales; con una natalidad promedio de 71% (usando como base a Hernández *et.al.*, (1996) que expone una natalidad de 2 – 21 individuos por huevecillo.

Para el caso de el tamizado a 10 mm (seis huevecillos por semana) su poblacion de juveniles llego a 170 juveniles por semana, lo cual se logra con una natalidad de 28 individuos por huevecillo, lo cual equivale a un 133 %.

Aunque hay autores como Hernández *et.al.*, (1996) quienes han encontrado natalidad en LRC (lombriz roja californiana) de 25 individuos por huevecillo; los resultados obtenidos se requiere quizas mas investigacion.

De modo que , aunque el tamizado a 10 mm no fue positivo para la cantidad de huevecillos por individuo, si fue bueno para la cantidad de juveniles por semana.

Por otra parte, el aumento poblacional en todos los estadíos medidos con respecto al tiempo, denota la adaptación y desarrollo de *Eisenia foetida* L. alimentada con estos sustratos en las condiciones experimentales. Al respecto Toccalino *et al.* (2007) informa que *Eisenia foetida* L. presenta gran adaptabilidad a condiciones variantes de temperatura, tipos de sustratos, pH y humedad.

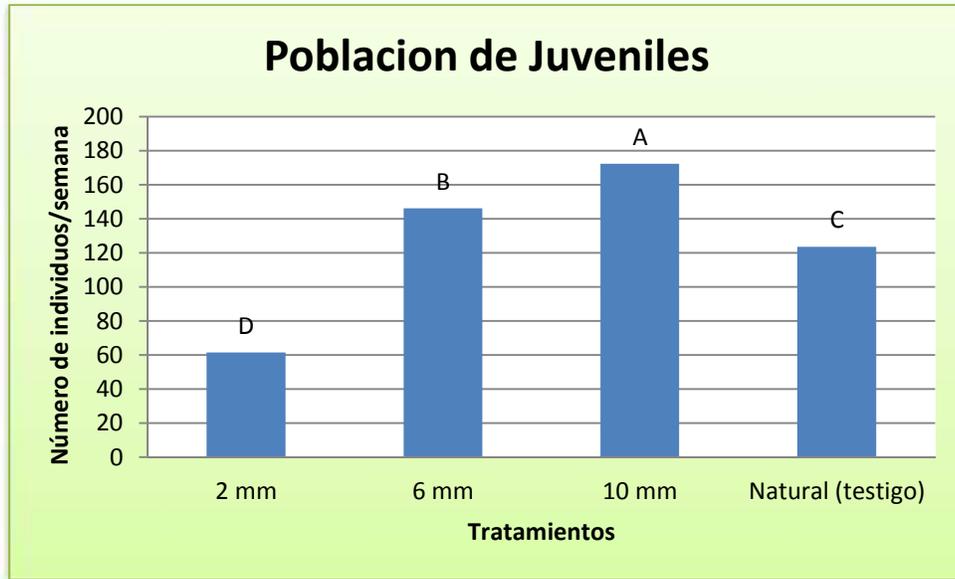


Figura 4.2 Población de juveniles de lombríz roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche

4.4 POBLACION DE ADULTOS

El analisis de varianza y comparacion de medias (Cuadro 2.5) muestran una diferencia no significativa entre tratamientos siendo el tratamiento 1 el valor numérico mayor lo cual indica que las lombrices adultas tienen un mejor desarrollo en el tamizado 2 mm, a diferencia de los otros tratamientos que mostraron un valor estadístico menor por lo que podemos mencionar que las lombrices adultas por estar mejor adaptadas pueden vivir en un suelo con menor espacio poroso.

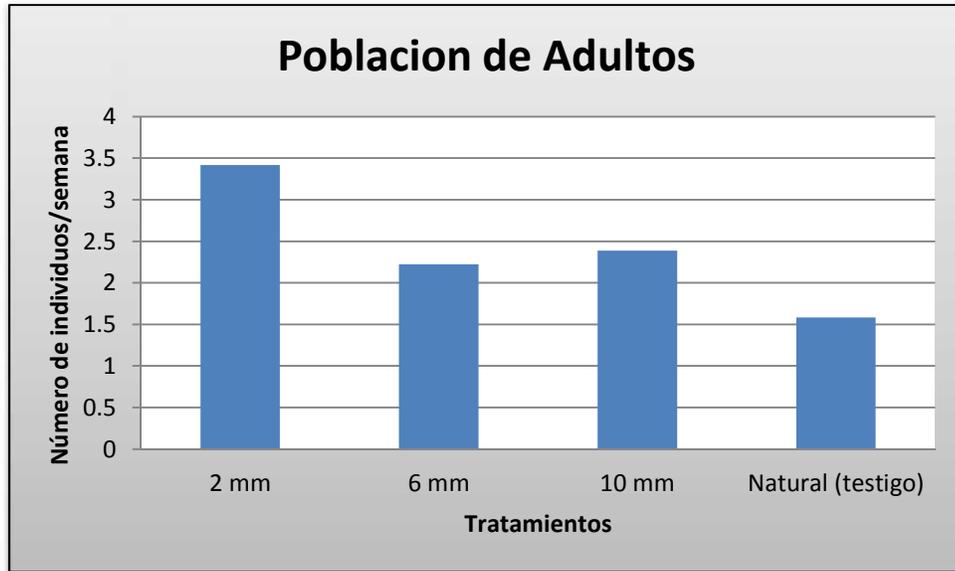


Figura 4.3 Población de adultos de lombríz roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro calibres de estiércol de bovino de leche

5. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de la presente investigación se puede concluir que:

- Se generaron buenos datos sobre el ciclo de reproducción de la lombriz roja californiana, que posteriormente servirán para alimentar un modelo dinámico de simulación.
- Todos los tratamientos mostraron un buen desarrollo de la población, refiriéndonos a estadíos fisiológicos específicos de la lombriz.

6. RECOMENDACIONES

- Para investigaciones posteriores se sugiere adecuar los calibres del estiércol de bovino de leche a los estadíos con mejor comportamiento a los calibres de estiércol en cuestión.
- Otra recomendación sería incluir en la investigación variables como humedad, pH, y temperatura del sustrato, lo cual nos daría mejor información para comprender el desarrollo de la lombríz.

7. LITERATURA CITADA

- Abogado, B. P. 1989. Análisis de un Modelo Dinámico de Simulación para predecir el rendimiento de Maíz (*Zea mays* L.). M. C. Tesis. Colegio de posgraduados. Montecillo. México. 138 p.p.
- Aguilera López. (2004). Evaluación del efecto de la densidad poblacional inicial y dos ambientes sobre el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en la IX Región, Ingeniero Agrónomo, Tamuco-Chile, Universidad Católica de Tamuco, Pág. 23, 28, 30, 31,32.
- Alas, R y Alvarenga, H. 2002. Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*Eisenia foetida* L.) Tesis Ing. Agrónomo, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador.
- Baltierra, L. F. 2003. Capacidad reproductiva de la lombriz de tierra (*Eisenia sp.*) en una unidad vermicola. Tesis profesional. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 48 p.
- Capistrán T., E. Aranda y J. C. Romero. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Primera edición. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- Capra F. 1996. The web of life: Anchor books doubleday. A new scientific understanding of living systems. New York. USA. 347 p.
- Centro de estudios agropecuarios. 2001. Lombricultura, Serie Agronegocios
- Cerdas, C. 1996 Potencial de la lombriz/ Elementos básicos para su desarrollo/Claudia Martínez Cerdas/Dr. Alfredo Carballo Quiros/México/Lombricultura Técnica Mexicana/ Pág. 27-30-31-34.
- Cristales, O. 1997. Sistema de crianza de lombriz de tierra, Alternativas de su uso, para el manejo de los desechos sólidos. Fundación para el fomento de

empresas para la recolección y tratamiento ambiental de los desechos sólidos (ABA). San Salvador, El Salvador. 22 P.

Curso-Taller; "Iniciación a la lombricultura, organizado por INTA EEA Septiembre 2003, impartido Ingeniero Agrónomo Guadalupe A., ingeniera Agrónoma Mónica Serra. (Tecn. Pro-Huerta Jujuy).

Daniel, O. 1995. Reproduction by the earthworm *Lumbricus terrestris* L. *Acta Zool. Fennica* 196: 215-218

Ebert, A. T. 1998. *Plant and Animal Populations: Methods In Demography*. Press, San Diego, California. USA. 312 p.

Edwards A. C., y Lofty. R. J. 1997. *Biology of Earthworms*. Chapman and Hall. London. Great Britain. 316 p.

Ferruzzi C. /1997/Manual de Lombricultura/ La lombriz roja- Las lombrices silvestres o comunes- La lombriz domestica- Criadero familiar- Criadero industrial- Organización-Alimentación- Comercialización- Ecología/ Carlos Buxade/Mundi-Prensa/Madrid 28001/Pág.47.

Ferruzzi C. 2001. *Manual de lombricultura*. Tercera Reimpresion. Ediciones Mundi prensa. Barcelona, España.

Ford A. 1999. *Modeling the Environmental: An Introduction to System Dynamics Models of Enviromental Systems*. Island Press. USA. 359 p

Grant, W. E., Pedersen, K. E., Marin L. S. 1997. *Ecology and Natural resource management; Systems analysis and simulation*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 368 p.

Harrell, C. 2000. *Simulation; Using Promedel*. McGrw-Hill Companies. USA. 284 p.

Innis, S. G. 1978. Grassland Simulation Model. Springer-Verlag. New York. USA. 287 p.

Manual de lombricultura por: AGROFLOR LOMBRICULTURA, Chile 1993)
Disponible en WWW.lombriagroflor.cl

Medina A. y Araque J. 1999. Obtención, composición química, funcional, perfiles electroforéticos y calidad bacteriológica de la carne de lombriz. Revista de la facultad de farmacia (Universidad de los Andes Venezuela). Vol. 37. 31-38

Peart M. R. y Curry B. R. 1998. Agricultural Systems Modelling and Simulation. Marcel Dekker, Inc. USA. 696 p.

Pineda, J.A. 2006 Lombricultura/UAP-PASOLAC-Honduras Feliciano paz, /Tegucigalpa, Honduras, / UAP-PASOLAC-Honduras Feliciano paz/01.Enero 2010, Instituto Hondureño del café, Gerencia Técnica, Dirección de Generación de Tecnología.

Rienes M. M.; C. Rodríguez; E. Vilches y G. García. 2004. Efecto del alimento en el desarrollo de las lombrices de tierra. I Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos: Inocuidad alimentaria y un ambiente sano. México. Pp. 56-60

Shields, B. E. 1999. Raising Earthworms for Profit. Twentieth Edition. Shields Publications. USA. 128 p.

Thornley J. H. M. 1998. Grassland Dynamics: CAB International, Walling Ford, UK.