

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE SUELO**



**Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz de Tierra Roja  
Californiana (*Eisenia foetida* L) en Cuatro Sustratos Orgánicos**

**Por:**

**ANA MINERVA NÚÑEZ DÍAZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

JUNIO 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE SUELO**

**Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz de Tierra Roja  
Californiana (*Eisenia foetida* L) en Cuatro Sustratos Orgánicos.**

**Presentada Por:**

**ANA MINERVA NÚÑEZ DÍAZ**

**TESIS DE LICENCIATURA**

**Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

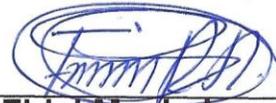
**Aprobado por**



**Dr. Emilio Rascón Alvarado  
Asesor principal**



**Dr. Edmundo Peña Cervantes  
Coasesor**



**M.C. Fidel Maximiliano Peña Ramos  
Coasesor**

**Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"**



**Dr. Luis Samaniego Moreno  
Coordinador de la División de Ingeniería**

**Coordinación de  
Ingeniería**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios:** En primer lugar agradezco a Dios por estos años de estudio que me ha brindado, su apoyo más en los momentos difíciles de la carrera su compañía y por la salud por todo.

**A mis padres:** Antonio Núñez Ruiz y Albertina Díaz Gonzales son mis grandes amores mi ejemplo a seguir agradezco el apoyo que me han dado durante estos años de estudio, por los consejos por la motivación cada día para seguir adelante gracias padres por estos logros sin ustedes no habría sido.

**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 Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me ha enseñado a valorar cada día, más mis padres que son las personas más maravillosas del mundo que me han acompañado todo este trayecto de vida y estudiantil, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años gracias a ustedes he logrado llegar aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un privilegio ser su hija son los mejores padres, a mis hermanos por las palabras a seguir adelante.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	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 en la agricultura orgánica.....	7
2.2.3 importancia en la industria.....	8
2.2.4 propiedades y usos 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. Sistema reproductivo.....	23
2.5.4. Longevidad.....	24

2.5.5. Regeneración.....	25
2.5.6. Plagas y enfermedades.....	25
2.5.7. Cosecha.....	26
2.6. Factores limitantes para su reproducción.....	27
2.6.1. Temperatura.....	27
2.6.2. Luz.....	28
2.6.3. pH.....	28
2.6.4. Humedad.....	29
2.6.5. Alimentación.....	29
2.6.6. Tipos de sustratos para la alimentación de lombrices.....	31
2.7. Enfoque de sistemas.....	33
2.7.1. Análisis de sistemas y simulación.....	33
2.7.2. Sistema.....	34
2.7.3. Simulación.....	35
2.8. Dinámica poblacional.....	35
2.9 El mezquite, el huizache y maguey.....	36
2.9.1. Mezquite.....	38
2.9.2. Maguey uso como forraje.....	39
3. MATERIALES Y METODOS.....	42
3.1. Ubicación del área experimental.....	42
3.2. Materiales.....	43
3.3. Métodos.....	43
3.4. Tratamientos evaluados.....	44
3.5. Variables evaluadas.....	45
3.6. Diseño experimental.....	47
4. RESULTADOS.....	48
4.1. Tabla de resultado.....	51
5. CONCLUSIONES.....	53
6. LITERATURA CITADA.....	54

## ÍNDICE DE CUADROS

No. de Cuadros	Título	Página
Cuadro: 2.1	Condiciones óptimas para la reproducción de <i>Eisenia foetida</i> . (Escuela Nacional de Agricultura ENA, 1997).....	21
Cuadro: 2.2	Contenido de celulosa en diferentes sustratos.....	30
Cuadro: 3.1	Descripción de los tratamientos y repeticiones experimentales.....	46
Cuadro: 4.1	Valores promedios de las variables, Cocones, Jóvenes y Adultos para diferentes tratamientos evaluados en 5 tiempos (semanas).....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>No. Figuras</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Figuras. 2.1	Superficie anteroventral de la lombriz de tierra (López, 2004)..... ...	15
Figura. 2.2	Vista dorsal de estructuras internas de la lombriz (López, 2004).....	16
Figura: 2.3	Ciclo reproductivo de la lombriz <i>Eisenia foetida</i> (López, 2004)....	23
Figura: 2.4	Ciclo de vida (fuente: Martínez, 1996).....	24
Figura: 2.5	Árbol de Huizache.....	37
Figura: 2.6	Árbol Mesquite.....	38
Figura: 2.7	Maguey (AGAVE).....	41
Figura: 3.1	Ubicación del sitio del experimento.....	43

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la dinámica poblacional de la lombriz de tierra roja californiana (*Eisenia foetida* L.) en cuatro sustratos orgánicos. 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 un litro, se inocularon dos lombrices adultas por recipiente. Se establecieron cinco repeticiones para un total de 20 unidades experimentales. Estas fueron ubicadas en un diseño experimental completamente al azar. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS ver 9.1. 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 sustrato de paja de maguey aparentemente por su alta concentración de materia orgánica hubo la mayor cantidad de cocones, jóvenes y adultos. Por lo tanto se puede concluir que en relación a los diferentes sustratos orgánicos la de valores más altos fue la paja de maguey.

**Palabras clave:** (*Eisenia foetida* L.), sustrato, dinámica poblacional.

## I. 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 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 (Estación Experimental Agropecuaria INTA EE, 2003).

El estudio de la dinámica poblacional de las lombrices es 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 es válido, la

generación 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, y otros tres sustratos naturales, 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 y la adaptación en cuatros sustratos orgánicos diferentes.

### **Objetivos específicos**

Generar datos sobre el incremento poblacional de la lombriz de tierra roja en cuatros sustratos orgánicos.

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

### **Hipótesis**

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

Uno de los tratamientos mostrará una respuesta diferente en la velocidad de reproducción de las lombrices en los sustratos evaluados.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Importancia de la lombricultura en el mundo y en México**

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 lombriabono 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 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 lo comentado en la introducción (SAGARPA, 2009).

## **2.2 Importancia de la lombriz de tierra**

### **2.2.1 Importancia ecológica**

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 orgánica**

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, (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 lombrihumus 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

### **2.3. Generalidades sobre la lombriz de tierra**

#### **2.3.1. Clasificación taxonómica**

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, (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, (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 Características morfológicas 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, (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 Características morfológicas 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, (Pineda, 2006).

### Morfología de la lombriz

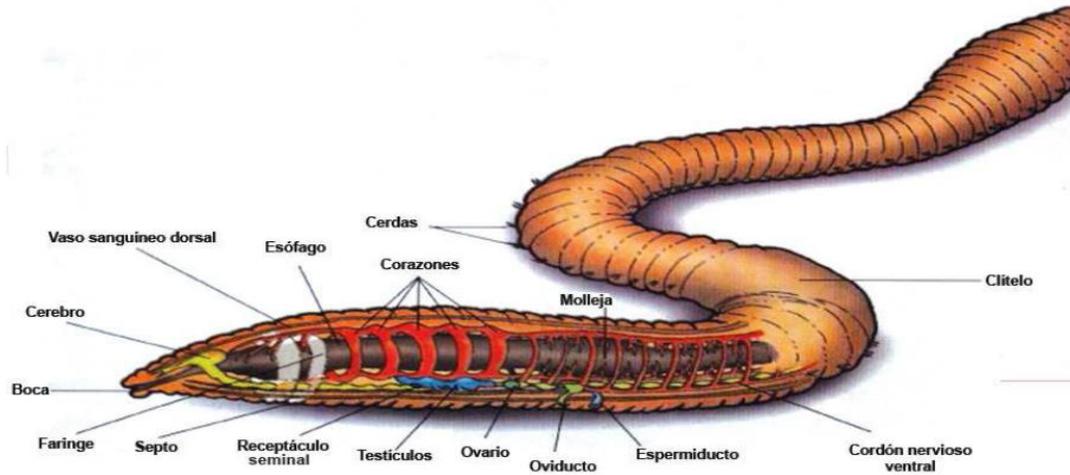


Figura.2.1 Superficie anteroventral de la lombriz de tierra (López, 2004)

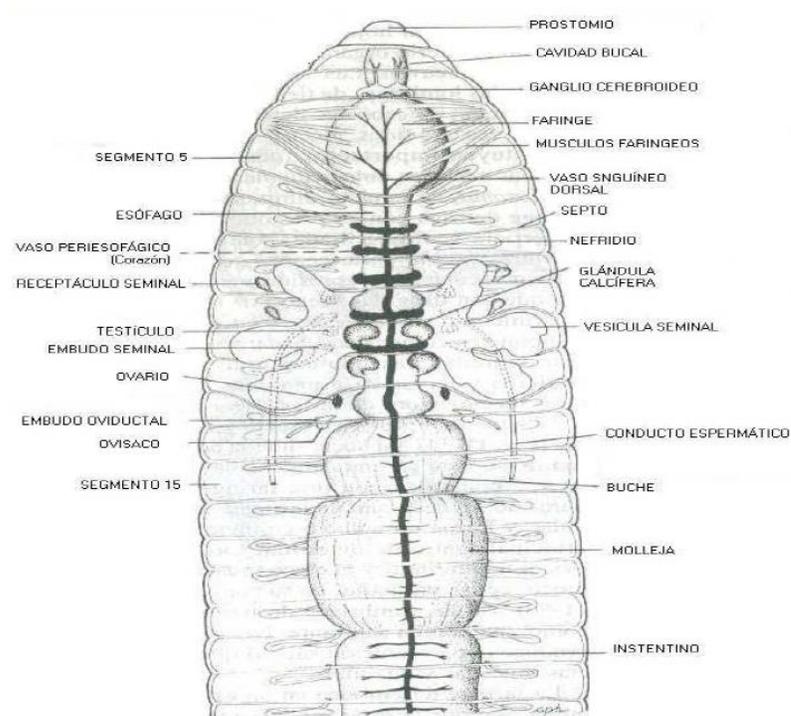


Figura. 2.2 Vista dorsal de estructuras internas de la lombriz (López, 2004)

#### 2.3.4. Fisiología 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, (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, (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, (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 musculosa, 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 amilasa 5 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 Reproductor.** La lombriz es hermafrodita, por lo que se producen óvulos y espermatozoides de un mismo individuo, sin embargo no puede auto fecundarse, 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, (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)

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

Cristales (2000) menciona que el periodo incubación varía 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, (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 cm<sup>3</sup>, 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. Reproducción 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, (Tineo, 1994)

### **2.5.2. Fecundación**

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, (PRODUCE CHIAPAS, 2005)

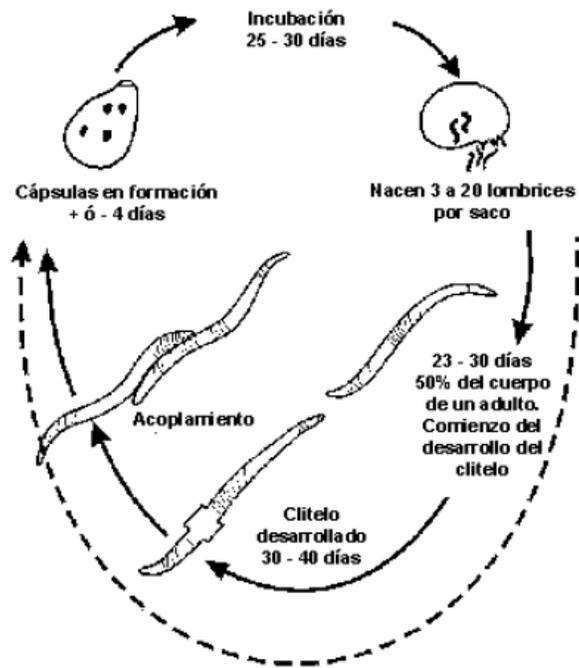


Figura. 2.3 Ciclo reproductivo de la Lombriz Eisenia foetida (López, 2004)

### 2.5.3. Sistema reproductivo

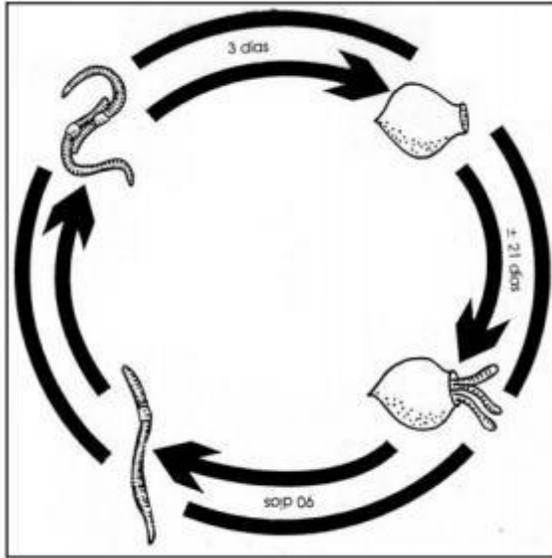


Figura. 2.4. Ciclo de vida (Martínez, 1996).

Posterior al acoplamiento, se liberan unas pequeñas estructuras en forma de pera conocidas como cápsulas, capullos o cocones que contienen los pequeños huevecillos fecundados; éstos tardan en madurar y eclosionar entre tres y cinco semanas después de liberadas, siempre y cuando tengan las condiciones adecuadas.

#### 2.5.4. 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 foétida* una longevidad de 1000 días a 25°C, (Ferruzzi, 1987)

### **2.5.5. Regeneración**

Está demostrado que la lombriz tiene capacidad regenerar una parte amputada solamente cuando esta se encuentra en la zona posclitelar, descartando así 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, (Cristales,2000).

### **2.5.6. 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, (Cristales, 1997).

### **2.5.7. 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, (Cristales, 1997).

## **2.6. Factores limitantes para su reproducción**

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 (Poiquilotermo) 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 optima 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 optima 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, (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 (Ferruzzi, 2001); (Alanís, 2003).

### **2.6.3. pH**

Alanís, (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, (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, Rienes *et al.*, (1998); Ferruzzi, (2001) y Alanís, (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 %, ( Ferruzzi, 2001).

Sin embargo la humedad promedio más favorable para las lombrices es de 85 %, (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, (Rienes *et al.*, 1998).

#### **2.6.5. Alimentación**

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, (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 alimentación 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, (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. Análisis de sistemas y simulación**

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, (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, (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, (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, (Peart y Carry, 1998).

### **2.7.3. Simulación**

Simular es emplear un modelo para imitar, o describir paso a paso el comportamiento del sistema que se está estudiando, (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, (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. Dinámica 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, (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)

## **2.9. El mezquite, el huizache y maguey**

Son árboles que podemos encontrar en las zonas cálidas y semidesérticas de México. Ambos árboles pertenecen a la familia de las leguminosas, por lo que fijan nitrógeno en el suelo. El nitrógeno es uno de los nutrientes principales que necesitan todas las plantas. Estos árboles tienen un papel importante en su ecosistema, uso en la vida diaria y son una fuente rica en proteína que antes se consumía en diversas regiones del país.



Figura. 2.5 *Árbol de huizache*

Las especies de la familia de las leguminosas son fijadoras de nitrógeno, esto quiere decir que producen nitrógeno para su propia nutrición, el suelo y otras plantas. Para poder realizar la fijación de nitrógeno se utilizan unas bacterias llamadas rizobios, que forman pequeños nódulos en las raíces. Las bacterias toman el nitrógeno de la atmósfera y lo transforman para que las plantas puedan utilizarlo.

Las leguminosas son una familia botánica amplia, en la que podemos encontrar desde hortalizas hasta arbustos y árboles. Algunas hortalizas importantes de esta familia son: frijol, lenteja, garbanzo, soya, alfalfa, cacahuete, haba, jícama, alubias, entre otras. Y de árboles podemos mencionar al tepehuaje, huizache, guamúchil, mezquite y tamarindo.

En las zonas semidesérticas de México se utiliza el mezquite y huizache para reforestar, ya que son plantas que nutren el suelo y proveen de sombra y refugio a diversos animales, atraen insectos para polinizar y la madera puede utilizarse para construir o como combustible.

### 2.9.1. Mezquite



Figura. 2.6. Arbol de mezquite

El mezquite (*Prosopis glandulosa*) es un árbol, originario de México, crece en zonas semidesérticas y con poca lluvia. Este es un árbol muy resistente a sequías. Puede medir hasta 9m de altura, su madera es muy resistente y tiene ramas espinosas. Las hojas del mezquite son bipinnadas y angostas, miden hasta 7.5 cm. Este árbol se ha utilizado desde el tiempo de los aztecas. Las vainas formaban parte

importante de la alimentación en algunos estados del país. Por otro lado, también las consumen algunos mamíferos pequeños y venados. Las semillas, al igual que muchas otras leguminosas, tienen un alto contenido en proteínas y carbohidratos.

Ahora, en México, el mezquite está retomando fuerza dentro de la cocina. Las semillas son utilizadas para una gran diversidad de comidas y la producción de pan. Por lo que es fácil integrar esta excelente fuente de proteína a nuestra dieta. Otro ejemplo del uso del mezquite, es en la barbacoa en Estados Unidos.

En Sonora, se molían las semillas en un molcajete y la harina se utilizaba para realizar atoles. Se han realizado talleres en los cuales se retoma la cocina con este ingrediente para la elaboración de sopes, gorditas, empanadas, atole, entre otros alimentos.

### **2.9.2. Maguey uso como forraje**



*Figura. 2.8 Maguey (AGAVE)*

Uso como Forraje La importancia socioeconómica y agroecológica del maguey se hace evidente en el uso que se le da como forraje para la alimentación del ganado. Constituye una de las mejores opciones forrajeras, debido a la alta eficiencia en el uso del agua y a la adaptación del recurso a diferentes hábitats, sobre todo en las zonas semidesérticas.

Del agave se utilizan las hojas e incluso la piña para darlo como suplemento a los animales ya que les proporcionan: altos niveles de energía digestible, minerales y agua, los cuales cubren los requisitos de mantenimiento y producción de ganado.

Taller Nacional y 1er Internacional “Producción y Aprovechamiento del Nopal” RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial No. 5-2010 (ISSN 1870-0160) 126 es necesario suplementar con nitrógeno (N, mismo que las bacterias del rumen necesitan para digerir la fibra. Los ganaderos acostumbran picarlo en el campo o en el corral y combinarlo con otras fuentes de alimentos como los residuos de cosecha.

En hojas maguey salmiana se determinó por electroforesis que los niveles de minerales como Ca, Mg, Zn, Fe y Cu, satisfacen los requerimientos diarios de ganado lechero (Silos et al., 2005). En animales con raciones bien formuladas, donde se combinan diversos alimentos para que se logre una óptima digestión, hay una digestibilidad del maguey arriba del 80 %, dependiendo de la parte de la planta (penca, piña, y quiote), de su edad y del estado fisiológico.

### 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° 21' 9.83' latitud norte, 101° 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.1 Ubicación del sitio del experimento

### 3.2. Materiales

- 20 garrafrones de agua
- Plástico polietileno
- Estiércol bovino de leche
- Residuos de maguey
- Paja de frijol
- Mantillo de mezquite
- Marcador permanente
- Cámara fotográfica
- Lombrices roja californiana (*Eisenia foetida L.*) no itálicas

### 3.3. Métodos

El estiércol bovino se obtuvo del establo lechero 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 triturar los siguientes sustratos orgánicos estiércol de bovino de leche, maguey, paja de frijol y mantillo de mezquite.

Posteriormente se colocó cada sustrato en una superficie impermeable, se humedeció y removió. Se solicitó al taller de carpintería de la UAAAN 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. Esto se hizo para la multiplicación de lombriz de donde se obtendría el pie de cría.

#### **3.4. Tratamientos evaluados**

En base a los materiales empleados, los tratamientos quedaron en la siguiente forma (Cuadro 3.1). Las unidades experimentales consistieron de un vaso de unicel de un litro de capacidad lleno hasta el 50% de su volumen (0.5 litro) con cada uno de los materiales experimentales.

**Cuadro: 3.1** Descripción de los tratamientos y repeticiones experimentales

<b>Tratamiento</b>	<b>Material</b>	<b>Repetición</b>
T1	Estiércol bovino leche (EBL)	5
T2	Maguey	5
T3	Paja de frijol + EBL	5
T4	Mantillo de mezquite	5

El lugar en que se realizó el experimento fue en un lugar techado de la Universidad que contaba con las condiciones adecuadas para mantener la humedad adecuada (70-80) % que se necesita para la reproducción.

Primero se consiguieron vasos de unicel de un litro para los 4 tratamientos y 5 repeticiones, se puso 0.05 L en cada vaso, de cada tratamientos y repeticiones que en total fueron 20 vasos con sus respectivos materiales. Una vez que se llenaron se inoculo adultos de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) en cada vaso, y se esperó unos momentos y de ahí cada vaso se fueron tapando con bolsitas de platico y se perforo para tener buena respiración y así fue instalado el experimento.

### **3.5. Variables evaluadas**

Las variables que se midieron fueron:

**Número de cocones.** Para el conteo de esta variable, después de una semana de haber iniciado el experimento, por semana se procedió a verter el contenido de los vasos de unicel con una cavidad de un litro sobre una mesa y posteriormente con la ayuda de un tenedor y una cuchara de plástico empezábamos a escarbar el sustrato previamente precompostado (0.5 Litro) 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 jóvenes.** A los jóvenes 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 verter el contenido de los vasos de unicel de un litro, sobre una mesa y posteriormente con la ayuda de un tenedor y una cuchara de plástico empezábamos a escarbar el sustrato para poder identificar a todos los juveniles contenidos en este vaso.

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

**Número de adultos.** Para el conteo de esta variable por semana se procedió a verter el contenido de los vasos de unicel de un litro, sobre una mesa y posteriormente con la ayuda de un tenedor y una cuchara de plástico empezábamos a escarbar el sustrato (0.5 L) 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 vaso.

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 indicarán el crecimiento de las lombrices y con estos datos se alimentará el modelo dinámico de simulación.

### **3.6. Diseño experimental**

El experimento se distribuyó de acuerdo al diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza y la prueba de medias con el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ); para lo cual se usó el paquete estadístico SAS ver 9.1.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico y la comparación de medias con el método de Tukey mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos durante los tiempos de evaluación (6-10 semanas) para las variables Cocones y Juveniles.

Los resultados estadísticos obtenidos para la variable Adultos no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos durante el tiempo de evaluación (6-10 semanas)

### 4.1. Cocones

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) y la comparación múltiple de medias por Tukey ( $p = 0.05$ ) en Cocones mostraron diferencias significativas entre tratamientos en los tiempos evaluados. Indicando, que los tratamientos T2, T3 y T4 aventajaron la población de Cocones, siendo T2 el de mayor producción durante los tiempos de evaluación con valores promedios de 5.4, 2.0, 4.2, 4.8 y 3.6 Número de Cocones/volumen (Cuadro 4.1), comparados con los restantes (T3 y T4).

Lo anterior, se debe a que el sustrato a base de maguey no trae alta concentración de sales, además de que es un material con alta cantidad de materiales orgánicos como celulosa (36.20%). Al respecto, Silos et al. (2005), determinó por electroforesis en hojas de maguey salmiana niveles de minerales como Ca, Mg, Zn, Fe y Cu, como satisfacen los requerimientos diarios de ganado

lechero, además, Martínez (1994), Comenta que el maguey trae un alto contenido de azúcares, material mineral y fibra cruda, lo cual se aprovecha si se emplea una base regular de alimentación del ganado durante todo el año.

#### **4.2. Jóvenes**

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) y la comparación múltiple de medias por Tukey ( $p=0.05$ ) en Jóvenes mostraron diferencias significativas entre tratamientos en los tiempos evaluados. Con lo cual, se muestra que los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron mayor producción de Jóvenes, siendo T2 el de mayor producción durante los tiempos de evaluación con valores promedios de 6.6 (semana 6), 6.0 (semana 7), 8.6 (semana 8), 4.0 (semana 9) y 5.2 (semana 10) individuos/volumen (Cuadro 4.1), comparados con los restantes (T3 y T4).

Al respecto, Pérez Ascencio (2010), menciona que el tipo de alimento tiene influencia directa en el número de lombrices; lo cual indica que hay un estímulo de equilibrio óptimo para que se dé el equilibrio reproductivo, porque si el alimento es alto en nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo, se da un estímulo exuberante de crecimiento y desarrollo en las lombrices jóvenes.

Por lo anterior, el desarrollo fue más efectivo en el tratamiento 2 ya que el material fue positivo por su porosidad y nutrición para ello aunque la cantidad de

juveniles no fue la que se esperaba por falta de adaptabilidad, pH, acondicionamiento, humedad y lugar adecuado y de poco espacio, pero fue el sustrato donde mostró más cantidad.

### **4.3. Adultos**

Al igual que las otras tablas de resultados anteriores mostraron que el mejor sustrato fue el maguey durante el tiempo de experimentación se mantuvieron.

Y en los otros sustratos no generaron buenos resultados, hubo lombrices que escaparon. Por qué hubo problemas de manejo de factores de acondicionamiento y adaptabilidad y de una buena calidad alimentación quizás si la aireación del sustrato no es adecuada.

Esto lo respalda Gómez Zambrano (2010) quien establece que todo alimento para lombrices debe ser sujeto a compostaje; pero cuando se cuenta con alimentos residuo es sujeto de lombricompostaje.

Por otro lado Eche oyen, y Linares, (2008) determinaron que con el uso de estiércol bovino seco, se logró una mayor producción de lombrices, porque entre mayor es el grado nutricional que posee la fuente de alimento, se invierte al crecimiento y desarrollo de ella misma; lo cual hace que la producción de lombricompostaje, se vea afectada por la misma reproducción; por otra parte si la

aireación del sustrato no es adecuada, el consumo de alimento se reduce; además el apareamiento y la reproducción se ve limitado debido a la compactación del medio.

Los resultados experimentales se concentran en el Cuadro (4.1)

#### **4.1. Tabla de resultado**

Como muestra en la tabla 4.1 empiezan los tratamientos de la semana 6 porque fue hasta ese tiempo que se empezaron a ver resultados para graficar.

Tabla: 4.1 Valores promedios de las variables, Cocones, Jóvenes y Adultos para diferentes tratamientos evaluados en 5 tiempos (semanas).

Tratamiento	variables	6semana	7semana	8semana	9semana	10semana
T1		0.0 b	1.0a	0.4b	0.6a	0.8b
T2	Cocones	5.4a	2.0a	4.2a	4.8a	3.6a
T3		1.0 b	4.4a	1.8ab	4.0a	3.4a
T4		3.8a	3.4ab	2.2b	1.4a	2.6ab
T1		0.2b	0.6c	0.2b	0.8b	0.4c
T2	Jóvenes	6.6a	6.0a	8.6a	4.0a	5.2a
T3		4.0a	2.6bc	2.0b	3.8a	3.2ab
T4		3.6ab	4.4ab	2.2b	3.0ab	2.4bc
T1		1.8a	2.0a	1.6a	1.6a	1.8a
T2	Adultos	2.0a	2.0a	2.0a	2.0a	2.0a
T3		2.0a	2.0a	1.6a	1.8a	1.8a
T4		2.0a	2.0a	2.0a	2.0a	2.0a

1= Estiércol de bovino de leche, 2= Residuos de maguey, 3= Paja de frijol y 4= Mantillo de mezquite.

## 5. CONCLUSIONES

Se concluye que los materiales que se ocuparon durante la experimentación uno de los sustrato que es la paja de maguey mostro un resultado más alto que los otros, el cual fue efectivo para la alimentación de la lombriz (*Eisenia fétida*) aunque no fue el número adecuado que se esperaba obtener aparentemente por falta de preparación de buenos materiales buena alimentación y control de humedad, pH, lugar con mayor densidad y buena aireación del sustrato.

## 6. 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.
- Echegoyen, V; Linares, B; 2008 Evaluación de Cinco sustratos alimenticios en lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) Asignatura Diseños Experimentales, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador.
- 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 Environmental 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. McGraw-Hill Companies. USA. 284 p.
- Innis, S. G. 1978. Grassland Simulation Model. Springer-Verlag. New York. USA. 287
- Manual de lombricultura por: AGROFLOR LOMBRICULTURA, Chile 1993) Disponible en [WWW.lombriagroflor](http://WWW.lombriagroflor).
- 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.