

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



**Dinámica Poblacional de Lombriz de Tierra (*Eisenia foetida* L) en  
Residuos de Mezquite y Estiércol de Bovino de leche**

**Por:**

**SULEIMA IVON CABRERA ORTEGA**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México Abril 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO  
**Dinámica Poblacional de Lombriz de Tierra (*Eisenia foetida* L) en  
Residuos de Mezquite y Estiércol de Bovino de leche**

POR:

**SULEIMA IVON CABRERA ORTEGA**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL.**

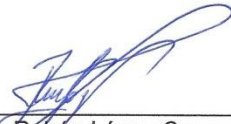
Aprobada por

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Emilio Rascon Alvarado

Asesor Principal



Dr. Rubén López Cervantes  
Coasesor

Universidad Autónoma Agrar.  
"Antonio Narro"



Coordinación de la División  
de Ingeniería



M.C. Fidel M. Peña Ramos  
Coasesor



Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México Abril 2018

## 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 llenarme de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

**A mis padres:** Alfredo Cabrera González y Graciela Ortega Castro 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 gracias padres sin su apoyo incondicional no la habría logrado, los amo.

**A mis hermanas:** Lilia Cabrera, Alma Cabrera, Kenia Cabrera que siempre me dieron los ánimos para seguir con mi carrera profesional y por su apoyo.

**A mi cuñado:** Damián por el apoyo que me brindo a lo largo de mi carrera.

**A mi novio:** Luis Valentín Jálate Mendoza gracias por todo el apoyo brindado durante mi carrera y sobre todo por los 9 años de novios.

**Profesores:** Gracias al Dr. Emilio Rascón Alvarado, al MC. Fidel Maximiano Peña Ramos, Dr. Rubén López Cervantes; 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:** Valentín, Lisania, Ana María, Omar Fernando, Cesar, Ángel Fernando, Lalo, Elisa, Daniel, Keren, Adán gracias por todos los mementos que pasamos juntos y por haber hecho el papel de una familia verdadera en todo momento, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo su amistad.

**MC.** Alejandra Escobar Sánchez por el apoyo brindado durante la carrera.

**A Mi Alma Terra Mater:** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, instituto que sin pedir mucho te lo da todo para formate como todo un profesional, gracias a la calidad de sus instalaciones y del personal académico que labora en ella y en especial en el departamento de ciencias del suelo, gracias por todo.

## DEDICATORIAS

**A mi familia** que gracias a ellos soy lo que soy.

En especial a **Mis padres** Alfredo Cabrera González y Graciela Ortega Castro, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a ustedes.

**A mi hermana:** Lilia, Alma, Kenia.

**A mis sobrinos:** Fani, Fredy, Àlex, Ari, Iker, Vane, Àngel.

**A mis abuelos:** Tomasa Castro, Vicente Ortega, Valeria González, Bernardo Cabrera.

**A mi novio:** Luis Valentín Jálate Mendoza.

**A mis cuñados:** Damián Villanueva, Àngel Reyes, Eduardo Bolaños

**Sra. Baloy Mendoza Tepango**

**Amigos:** Kenia Castillo y Marcos Tepozteco

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	III
RESUMEN.....	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
1.1    Objetivo general.....	3
1.2    Objetivo específico.....	3
1.3    Hipotesis.....	3
2 REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1    Importancia de la lombricultura en el mundo y en México.....	4
2.2    Importancia de la lombriz de tierra.....	5
2.2.1    Importancia ecológica.....	5
2.2.2    Importancia en la agricultura orgánica.....	5
2.2.3    Importancia en la industria.....	6
2.2.4    Propiedades y usos del lombrihumus.....	7
2.3    Generalidades sobre la lombriz de tierra.....	7
2.3.1    Clasificación taxonómica.....	7
2.3.2    Características morfológicas externas.....	9
2.3.3    Características morfológicas internas.....	11
2.3.4    Fisiología de la lombriz roja californiana.....	13
2.4    Ciclo biológico.....	16
2.5    Características biológicas.....	17
2.5.1    Reproducción y apareamiento.....	18
2.5.2    Fecundación.....	19
2.5.3    Sistema reproductivo.....	20
2.5.4    Longevidad.....	20
2.5.5    Regeneración.....	21
2.5.6    Plagas y enfermedades.....	21
2.5.7    Cosecha.....	22

2.6	Factores limitantes para su reproducción.....	22
2.6.1	Temperatura.....	22
2.6.2	Luz.....	23
2.6.3	pH.....	23
2.6.4	Humedad.....	24
2.6.5	Alimentación.....	24
2.6.6	Tipos de sustratos para la alimentación de lombrices.....	25
2.7	Enfoque de sistemas.....	28
2.7.1	Análisis de sistemas y simulación.....	28
2.7.2	Sistema.....	28
2.7.3	Simulación.....	29
2.8	Dinámica poblacional.....	29
2.9	Mezquite.....	30
3	MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1	Ubicación del área experimental.....	34
3.2	Materiales.....	35
3.3	Métodos.....	35
3.4	Siembra de la lombriz.....	36
3.5	Manejo y conteo de lombrices.....	37
3.6	Determinaciones de laboratorio.....	39
3.7	Diseño experimental.....	41
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1	Análisis de varianza de las variables evaluadas.....	42
4.2	Población de huevecillos.....	42
4.3	Población juvenil.....	44
4.4	Representación de gráfica de resultados.....	45
4.4.1	Población de huevecillos.....	45
4.4.2	Población Juvenil.....	47
4.4.3	Población de adultas.....	49
4.4.4	Resultados de determinaciones en laboratorio.....	50
5	CONCLUSIONES.....	52
6	LITERATURA CITADA.....	53

## Índice de imágenes

Imagen 2.1 Superficie Antero ventral de la lombriz de tierra ( <i>López, 2004</i> ).....	12
Imagen 2.2 Vista dorsal de estructuras internas de la lombriz ( <i>López,2004</i> ).....	13
Imagen 2.3 Ciclo reproductivo de la Lombriz <i>Eisenia foetida</i> L ( <i>López ,2004</i> ).....	19
Imagen 2.4 Ciclo de vida ( <i>Martínez,1996</i> ).....	20
Imagen 2.5 Árbol de mezquite ( <i>Fuente: Google</i> ).....	30
Imagen 3.1 Ubicación del sitio del experimento ( <i>Fuente: Google</i> ).....	33
imagen 3.2 Recolección de estiércol de bovino y lavado.....	34
Imagen 3.3 Siembra de lombriz.....	36
Imagen 3.4 lombricomposta con lombrices.....	36
Imagen 3.5 Lombrices adultas, jóvenes y huevecillos.....	37
Imagen 3.6 Cribado de lombricomposta para llevar a laboratorio.....	39



## Índice de cuadros

Cuadro 2.1 Condiciones óptimas para la reproducción de <i>Eisenia foetida</i> L (Escuela Nacional de Agricultura, 1997).....	17
Cuadro 2.2 Contenido de celulosa en diferentes sustratos.....	25
Cuadro.3.1 preparación de sustratos.....	36
Cuadro 4.1 Concentración de ANVA para Huevecillos.....	43
Cuadro 4.2 Concentración de ANVA Para jóvenes.....	43
Cuadro 4.3 Resultados de laboratorio a ciertas características de sustratos Puros.....	50

Inicio de Gráficas

Gráfica 4.1 Población de huevecillos.....	46
Gráfica 4.2 Población de juveniles.....	48
Gráfica 4.3 Población de adultas.....	49

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la dinámica poblacional de la lombriz de tierra roja californiana *Eisenia foetida* L en dos sustratos (residuos de mezquite y estiércol de bovino de leche) se planteó esta investigación. El experimento se llevó a cabo en el área asignada al Departamento de Ciencias del Suelo en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para ello, en recipientes de unicel se colocó 500 cm<sup>3</sup> de sustrato a evaluar (cinco tratamientos y cuatro repeticiones de cada uno) generados por los porcentajes de mezclas, en múltiplos de 25%, de los sustratos mencionados. El experimento se estableció con un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparación de medias, con el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para ello se utilizó el paquete estadístico R, versión 3.2.5 (R Core Team, 2016) para Windows. Los resultados mostraron que el estiércol de bovino de leche en forma pura fue el que mostró las cantidades más altas para número de huevecillos. Por su parte, el tratamiento de 25% de Estiércol de bovino de leche + el 75% de residuo de Mezquite fue en el que se dieron las cantidades mayores de juveniles. La población de adultos no mostró cambios en ningún tratamiento de los evaluados. Se concluye que ambos residuos, manejados en forma apropiada de humedad y tamaño de partícula, pueden ser positivos para el crecimiento de la lombriz de tierra roja californiana.

# 1. 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 el agro ecosistema, en el mediano y largo plazo.

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 utilizados 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 mencionado por Experimental Agropecuaria (2003).

Para un lombricultivo se debe preparar el medio donde se irán a sembrar las lombrices, depende del enfoque del lombricultivo es como se debe organizar, la instalación en donde es desarrollado el proyecto a fin de garantizar el éxito del mismo.

Las actividades agropecuarias y agroindustriales dan origen a una serie muy amplia de esquilmos y subproductos que se pueden emplear de diversas maneras

para nutrir a la lombriz. Los principales esquilmos derivan en su mayor parte de cereales. El cultivo del maíz es el que contribuye con mayor cantidad de material. Además, existe un volumen importante de pajas de sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, cáscara de algodón y subproductos de la industria azucarera como melaza, puntas de caña y bagazos.

También se debe tener en cuenta que el manejo adecuado de las excretas de algunos animales permite proporcionar parte de la dieta que consume el ganado. En general, los esquilmos agrícolas abundan en diversas zonas del país, en especial en las áreas de temporal, y del total de nutrimentos energéticos aprovechables para las especies pecuarias, los esquilmos pueden llegar a aportar un máximo de 20 %.

Sin embargo, se está lejos de alcanzar dicho potencial y de lograr un uso eficiente de los residuos de cosechas ya que el promedio de aprovechamiento de los esquilmos para el ganado oscila alrededor del 45 % del total disponible; además, casi la mitad de dichos residuos se pastorean directamente o se suministran “en greña”, que son los sistemas más ineficientes.

## **OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

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

### **1.2 Objetivo específico**

Generar datos sobre el incremento poblacional de la lombriz de tierra roja en sustrato de estiércol de bovino y mezquite

### **1.3 HIPÓTESIS**

El modelo dinámico de simulación generará buenos resultados sobre la velocidad de crecimiento de la lombriz de tierra roja Californiana *Eisenia foetida* L

## **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 mencionan por México SAGARPA (2009).

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

### **2.2.1 Importancia ecológica**

Es importante observar que la generación 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 esta solución tiene 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 reconocida 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 mencionado por 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* L) se caracteriza por poseer un color rojoso. Su tamaño 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%.

Según Cerdas (1996) 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 dependiendo el tipo de lombrices.

La respiración de la lombriz se realiza a través de su piel, aun cuando esta no 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, Olichchaeta 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* L 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, menciona Cerdas (1996).

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 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.

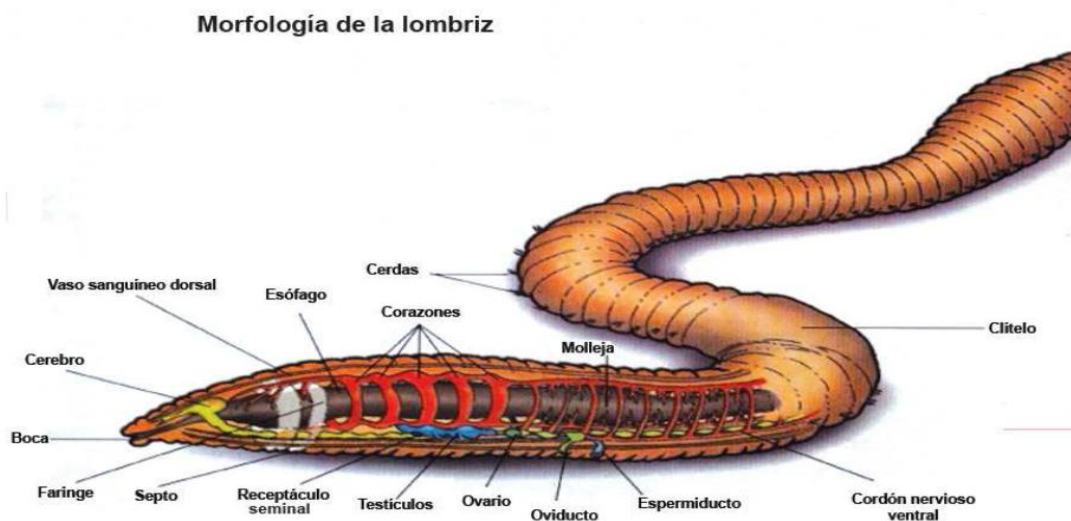
**Surcos seminales:** Ubicados en los segmentos 9 y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante la copulación.

**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).

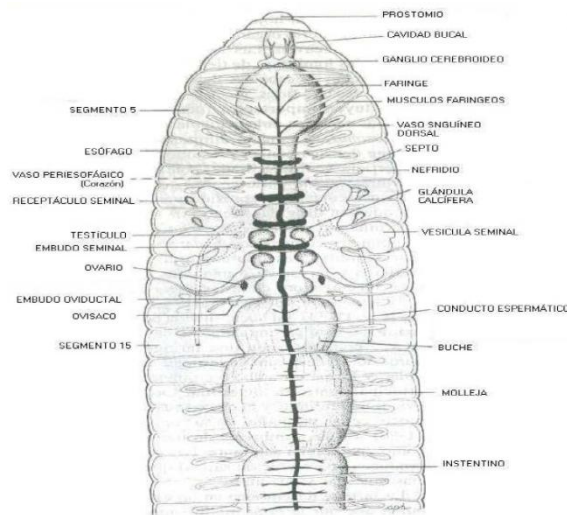
### 2.3.3 Características morfológicas internas

- **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 mencionado por Pineda (2006).



**Imagen 2.1 Superficie Antero ventral de la lombriz de tierra (López, 2004)**



**Imagen 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, 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 y como lo 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.

Cerdas (1996) menciona que en cada somita 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.

### **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 Reprodutor. 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 si sus poros donde se liberan los espermatozoides y el líquido prostático.

Posteriormente se separan y luego cada individuo por si 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* L 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* L (Escuela Nacional de Agricultura, 1997)**

CONDICIÓN	REQUERIMIENTO
Temperatura	15-20° C (límites 4-30° C)
Humedad	80-90 % (límites 60-90 %)
Demanda de Oxígeno	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 incubación varía ampliamente principalmente en respuesta a la temperatura y humedad del sustrato, en temperaturas de 5.6 a 10° C, *Eisenia foetida* L 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* L 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 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 *Eisenia foetida* L 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**

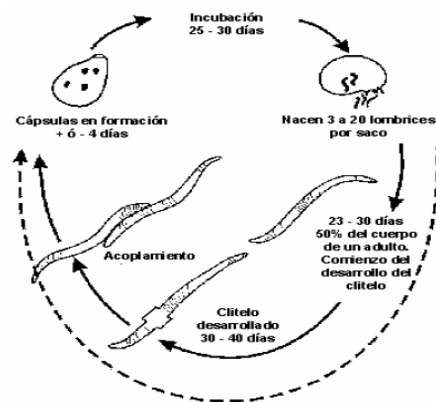
La reproducción y el apareamiento la efectúan a través de un órgano conocido como clitelo, el cual es una estructura ligeramente abultada localizada en el primer tercio del cuerpo. Al momento del apareamiento produce una secreción intensa de mucos que forma una especie de anillo viscoso entorno a ellas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

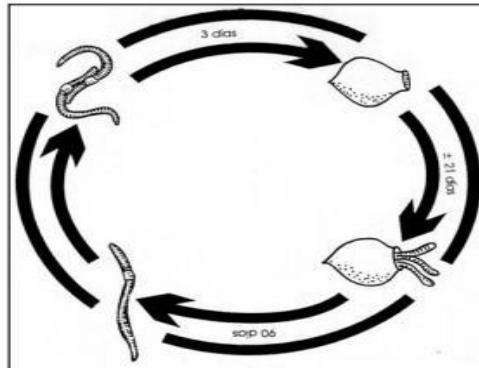
Luego esta secreción se desprende del cuerpo de la lombriz después de una semana de la copulación tomando una consistencia dura al tener contacto con el aire, mencionado por fundación Produce Chiapas (2005).

Imagen 2.3 Ciclo reproductivo de la Lombriz *Eisenia foetida* L (López ,2004)



### 2.5.3 Sistema reproductivo

Imagen 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 foetida* L una longevidad de 1000 días a 25°C, tal como expone 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 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).

### 2.5.6 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. Alguna forma 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 neem.

**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).



### **2.5.7 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, tal como expone 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* L 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* L 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* L 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 según 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 *lumbricomus*, menciona Centro de Estudios Agropecuarios (2001).

### **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, menciona por Ferruzzi (2001) y 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, 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 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 %, expuesto por 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, tal como lo expuesto Rienes (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, como lo expone Ferruzzi, (2001).

**Cuadro 2.1 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, 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 tal como lo menciona Clark (2001) y 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 tal como lo menciona Clark (2001) y 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, las cáscaras 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, 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) y 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, mencionado por (Grant *et al.*, 1997).

Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados que poseen un límite y funciona como una unidad mencionado por 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 menciona 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, 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 mencionado por Innis (1978), Abogado, (1989), Peart , Carry (1998) y 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 edad 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 mencionado por Ebert (1998) y Ford (1999).

Como consecuencia, el crecimiento poblacional depende en parte de la distribución de la natalidad y mortalidad en las 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, 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 Mezquite

**Imagen 2.5** Árbol de mezquite (Fuente: Google)



El mezquite (*Proposis 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.

El mezquite posee diversos usos industriales, alimenticios y medicinales, debido a que la mayoría de sus estructuras y algunos componentes químicos (goma, vainas, tronco, ramas, hojas y flores) son susceptibles de aprovechamiento (Estrada, 1993).

Actualmente sus principales usos son como forraje para ganado doméstico y fauna silvestre, las flores como fuente de polen y néctar para la producción de miel en explotaciones apícolas, la goma que excreta la planta como fuente de compuestos con efectos positivos en la salud y como sustituto de la goma arábica (uso industrial).

La madera del mezquite es fuerte y durable, por lo que puede ser utilizada para la fabricación de muebles, puertas y como leña y carbón (Meza y Osuna, 2003).

La infusión de algunas partes de la planta es utilizada para combatir la disentería, el cocimiento de las hojas se emplea para combatir algunas afecciones de los ojos, el cocimiento de la corteza es vomitivo-purgante, los extractos en alcohol de

las hojas frescas y maduras han mostrado acción antibacterial contra *Staphilococcus aureus* y *Escherichia coli* (Ruiz, 2011).

Ruiz (2011) en su trabajo sobre el uso potencial de la vaina de mezquite para alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino concluye que la vaina representa una opción para ofrecer como alimento al ganado; destacando su alto contenido de carbohidratos y proteínas.

A pesar de los diversos usos que se le puede dar al mezquite y de sus relevantes papeles ecológicos, la superficie de su distribución ha disminuido en varios estados de México a causa de cambio de uso de suelo, sobrepastoreo, y por sobreexplotación, principalmente para obtención de leña y carbón.

Las áreas de mezquiales presentan una tasa de disminución de superficie de 5 054 Ha/año en el estado de Coahuila, 500 Ha/año para el estado de Durango, 70 Ha/año para el estado de Zacatecas, y 340 Ha/año en el estado de Chihuahua (Ríos *et al.*, 2011).

El establecimiento de plantaciones y la reforestación son dos estrategias que se han propuesto para frenar las tasas de disminución del área de distribución de las especies de *Prosopis* en México.

Entre los trabajos que se han realizado referentes a la obtención de semilla y plantas están el de “Tecnología disponible para la obtención de semilla de mezquite en el norte de México”, realizado por Hernández *et al.* (2010), y el de “Crecimiento de plántulas y productividad del mezquite en el estado de Durango”, llevado a cabo por Ríos *et al.* (2009).

Existe diversa información publicada sobre el aprovechamiento de la madera, vainas, y goma de mezquite, y sobre la mejor forma de obtener semillas y establecer plantaciones para realizar reforestaciones; sin embargo, las poblaciones naturales de ese recurso continúan disminuyendo, debido a que no se realiza un manejo

adecuado del ese recurso y en otros casos se desconoce que se puede aprovechar y en otros casos, se desconoce que se pueda aprovechar y se realizan cambios de uso de suelo para la agricultura.

### 3 MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del área experimental

El presente trabajo se desarrolló en el micro túnel ubicado a un costado 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.



**Imagen 3.1 Ubicación del sitio del experimento (Fuente: Google)**

### 3.2 Materiales

- 20 garrafones de agua
- Plástico polietileno
- Estiércol bovino de leche previamente tratado
- Mantillo de mezquite
- Lombrices rojas californiana (*Eisenia foetida* L.)
- Marcador permanente
- Cámara fotográfica

### 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 fue ubicado en un área por 15 días se lavó el estiércol para quitarle las sales.



Imagen 3.2 recolección de estiércol de bovino y lavado

## Cuadro 2.1 preparación de sustratos

### PREPARACIÓN DE SUSTRATOS

---

**Tratamiento 1** (sustrato de estiércol al 100%): Previo lavado el estiércol se hizo un sustrato con el 100 % de este material removiendo por 15 días.

**Tratamiento 2** (Sustrato de estiércol 75% + mezquite 25%, v/v): Para este tratamiento se hizo una combinación utilizando el 75% de estiércol añadiendo a este el 25% de mezquite.

**Tratamiento 3** (Sustrato de estiércol 50% + mezquite 50%, v/v): Se hizo una mezcla utilizando el 50% de estiércol y el 50% de Mezquite.

**Tratamiento 4** (Sustrato de estiércol 25% + mezquite 75%, v/v): Se hizo una mezcla utilizando el 25% de estiércol y el 75% de Mezquite.

**Tratamiento 5** (Sustrato de mezquite al 100%): Se utilizó el 100% de mezquite.

---

#### Llenado de las macetas

En las macetas donde se realizó el experimento tuvieron las siguientes dimensiones 17.5 x 13.5 x 12 cm. Se colocó en cada maceta las medidas indicadas de estiércol ya lavado o el mezquite, según cada tratamiento.

#### 3.4 Siembra de la lombriz.

La siembra de lombriz se hizo en la mañana debido a que son fotofónicas y se introducen con más facilidad al sustrato. Se colocó 6 lombrices adultas por cada maceta. Posteriormente se tapó con un plástico fino y con agujeros en la parte superior para así tuvieran oxigenación, se colocó en un lugar techado para que no le diera la luz solar directamente y finalmente se regó cuidadosamente. Realizada la

inoculación las lombrices penetraron y comenzaron a alimentarse y reproducirse en las cantidades ya descritas anteriormente.



**Imagen 3.3 Siembra de lombriz**

### **3.5 Manejo y conteo de lombrices.**

Durante los 120 días de estudio, las unidades experimentales se mantuvieron entre un 75 y 80 % de humedad mediante riegos por aspersión aplicados tres veces a la semana, ya que las lombrices podrían morir en el proceso.



**Imagen 3.4 lombricomposta con lombrices.**



La población de las lombrices de *Eisenia foetida* L tanto las cliteladas (adultos), lombrices juveniles y los cocones se cuantificaron cada 15 días durante 4 meses.

Se contaron manualmente sacando todo el sustrato de las macetas, posteriormente las lombrices cliteladas (adultas), juveniles y los cocones se aislaron del sustrato para contabilizarlas durante los 4 meses que duraba el proyecto.



**Imagen 3.5 Lombrices adultas, jóvenes y huevecillos.**

Al final del proyecto se cribó el sustrato ya como humus, las lombrices adultas y jóvenes resultantes del proyecto se pusieron en un recipiente para su posterior traslado.



**Imagen 3.6 Cribado de lombricomposta para llevar a laboratorio**

### **3.6 Determinaciones de laboratorio**

Las respectivas muestras de humus se enviaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) para los respectivos análisis en los cuales se determinó: Porcentaje de materia orgánica, pH, Conductividad eléctrica y Densidad aparente como características principales de abono en las prácticas agrícolas.

#### **Determinación de materia orgánica**

Para determinar el contenido de materia orgánica del sustrato se implementó la técnica de combustión mojada. Primeramente, se pesó un gramo de sustrato, luego se colocó la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500ml. Se agitó el matraz y se le agregan 20 ml  $K_2Cr_2O_7$  (Dicromato de potasio) concentrado. Luego de 10 minutos se le agregaron 200 ml de agua destilada con una probeta de 1000 ml.

Luego se agitó la suspensión, quedando lista para su titulación. Se elaboró una solución “en blanco” sin usar sustrato, como referencia. Se adicionaron cuatro gotas de indicador 0-ferrotolina. Al final se tituló con  $\text{FeSO}_4$ , (Sulfato ferroso) y leyendo en el cambio de color verde oscuro a color marrón.

### **Determinación pH (2:1)**

En el vaso de precipitado de 100 ml se colocaron 20 gr de sustrato cribado a 2mm, se miden 40 ml de agua destilada y se vacía al vaso de precipitado con el humus luego, se agita la suspensión por 30 minutos, se Estandariza el potenciómetro con la solución buffer. Se agita la muestra y se mide el PH.

### **Conductividad eléctrica**

Se pesan 300 gr de sustrato tamizado con una malla de 2 mm, se pasa a un vaso de plástico, se satura con agua destilada mezclando muy bien el sustrato paulatinamente, hasta que se forma una pasta que se deslice fácilmente la espátula, después de ser saturada se deja reposar 24 horas con el fin de que las sales del sustrato se disuelvan, ya reposada la pasta se pasa a un embudo *büchner*, que tiene un papel filtro sin turbidez, el embudo se monta a un matraz de kitazato y este se conecta a la bomba de vacío y se deja hasta que se acumulen aproximadamente 30ml del extracto, el extracto se utiliza para leer la conductividad eléctrica con el conductivímetro.

### **Densidad aparente**

Agregue 50 g de suelo tamizado y seco a la estufa, a una probeta de 100ml, colocando la franela húmeda sobre la mesa de trabajo para que esta chocara con la probeta con pequeños golpes que se le dá por 30 veces, leímos el volumen final que tuvo la probeta después de los 30 pequeños golpe.

### **3.6 Diseño experimental**

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparación de medias, con el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para lo anterior, se utilizó el paquete estadístico R, versión 3.2.5 (R Core Team, 2016) para Windows.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Análisis de varianza de las variables evaluadas**

Como puede apreciarse en los Cuadros 4.1 y 4.2 el análisis estadístico mostró que solamente para Huevecillos hubo diferencia significativa a los 30 días después de sembrar (inocular) las lombrices en los sustratos evaluados.

Por otra parte, tanto para Juveniles como para Adultos no se apreciaron diferencias estadísticas entre tratamientos durante el desarrollo del experimento (Cuadro 4.2), tomando la opción de no presentar por ello el Cuadro de resultados para Adultos.

### **4.2 Población de huevecillos**

Los datos anteriores, del cuadro 4. 1 muestran dos aspectos importantes: en primer lugar, que, en lo general, el tratamiento de 100% de estiércol, fue el que de manera constante siempre presentó aumento en la cantidad de huevecillos durante el lapso de la investigación; y en segundo, en contra parte, los huevecillos de los sustratos vegetales presentaron un crecimiento irregular.

**Cuadro 4.1 Concentración de ANVA para Huevecillos**

<b>DDS</b>	<b>DF</b>	<b>SUM SQ</b>	<b>MEAN SQ</b>	<b>F VALUE</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
15	4	2930.3 <sup>NS</sup>	731.58 <sup>NS</sup>	2.8788 <sup>NS</sup>	0.06955 <sup>NS</sup>
30	4	9359.3 <sup>NS</sup>	2339.83 <sup>NS</sup>	3.7516 <sup>NS</sup>	0.03336*
45	4	1880.5 <sup>NS</sup>	470.12 <sup>NS</sup>	0.5547 <sup>NS</sup>	0.6997 <sup>NS</sup>
60	4	598.2 <sup>NS</sup>	149.55 <sup>NS</sup>	0.2362 <sup>NS</sup>	0.9125 <sup>NS</sup>
75	4	1143.7 <sup>NS</sup>	285.925 <sup>NS</sup>	1.2495 <sup>NS</sup>	0.3422 <sup>NS</sup>
90	4	1351.2 <sup>NS</sup>	337.80 <sup>NS</sup>	2.5912 <sup>NS</sup>	0.09022 <sup>NS</sup>
105	4	1143.7 <sup>NS</sup>	285.925 <sup>NS</sup>	1.2495 <sup>NS</sup>	0.3422 <sup>NS</sup>
120	4	1520.8 <sup>NS</sup>	380.20 <sup>NS</sup>	0.8667 <sup>NS</sup>	0.5114 <sup>NS</sup>

Este dato es significativo, porque de inicio, permite advertir que en el caso de los huevecillos encuentran mejores condiciones para su reproducción, en sustrato de estiércol al 100%, teniendo en cuenta las condiciones de tratamiento ya señaladas, es decir, previo lavado del estiércol y removiéndose cada 15 días.

Tal como lo señala Arellano (2014), el beneficio que aporta este material se explica a partir de que contiene diversos elementos muy útiles, como son el agua, los carbohidratos, proteínas, grasas y algunas sustancias inorgánicas o minerales, además de fragmentos celulares y microorganismos.

Dichos elementos se encuentran en una proporción muy variable que depende principalmente de la especie la edad y el tipo de alimentación. Aunque también existen factores externos que pueden alterar esta composición, ya sea por el tipo de manejo y almacenaje que se le dé al estiércol, o bien por la velocidad con la que se realiza el proceso de descomposición.

### 4.3 Población juvenil

En el caso de la población juvenil, el análisis de varianza y la comparación de medias muestran que entre t2, t3 y t4 no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre dichos tratamientos; siendo estadísticamente mayor el tratamiento número 5. En este caso, como lo señala Bakieva (2009) la tabla que contiene el estadístico permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales, de manera que si el nivel crítico (sig.) es menor o igual que 0,05, se debe rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas.

**Cuadro 4.2 Concentración de ANVA para Jóvenes.**

<b>DDS</b>	<b>DF</b>	<b>SUM SQ</b>	<b>MEAN SQ</b>	<b>F VALUE</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
15	4	15.80 <sup>NS</sup>	4039.1 <sup>NS</sup>	0.6950 <sup>NS</sup>	0.6097 <sup>NS</sup>
30	4	16156.3 <sup>NS</sup>	12343.6 <sup>NS</sup>	2.4847 <sup>NS</sup>	0.09957 <sup>NS</sup>
45	4	49374 <sup>NS</sup>	13016.6 <sup>NS</sup>	1.7839 <sup>NS</sup>	0.1969 <sup>NS</sup>
60	4	52066 <sup>NS</sup>	15273.4 <sup>NS</sup>	1.3476 <sup>NS</sup>	0.3087 <sup>NS</sup>
75	4	61094 <sup>NS</sup>	15273.4 <sup>NS</sup>	1.4861 <sup>NS</sup>	0.2672 <sup>NS</sup>
90	4	30467 <sup>NS</sup>	7616.8 <sup>NS</sup>	0.7835 <sup>NS</sup>	0.5573 <sup>NS</sup>
105	4	48624 <sup>NS</sup>	12155.9 <sup>NS</sup>	1.1928 <sup>NS</sup>	0.3632 <sup>NS</sup>
120	4	16607 <sup>NS</sup>	4151.7 <sup>NS</sup>	0.3200 <sup>NS</sup>	0.8592 <sup>NS</sup>

Ahora bien, en donde se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) fue entre los t2, t3 y t4 y los tratamientos 1 y 5, siendo estadísticamente mayor el tratamiento número 1, lo cual indica que para este caso, los tratamientos en los

cuales hubo mayor desarrollo de huevecillos, presentaron proporcionalmente menores poblaciones juveniles.

Lo señalado en el párrafo anterior, se presenta en la siguiente Grafica 4.2, la cual muestra un comportamiento ascendente en todos los tratamientos. Esto explica que en general, en el caso del número de lombrices juveniles, todos los tratamientos obtuvieron una cantidad semejante de juveniles, aunque el de mayor número fue el tratamiento cuatro que tiene el 25% estiércol y el 75% de Mezquite.

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.

#### **4.4 Representación de gráfica de resultados**

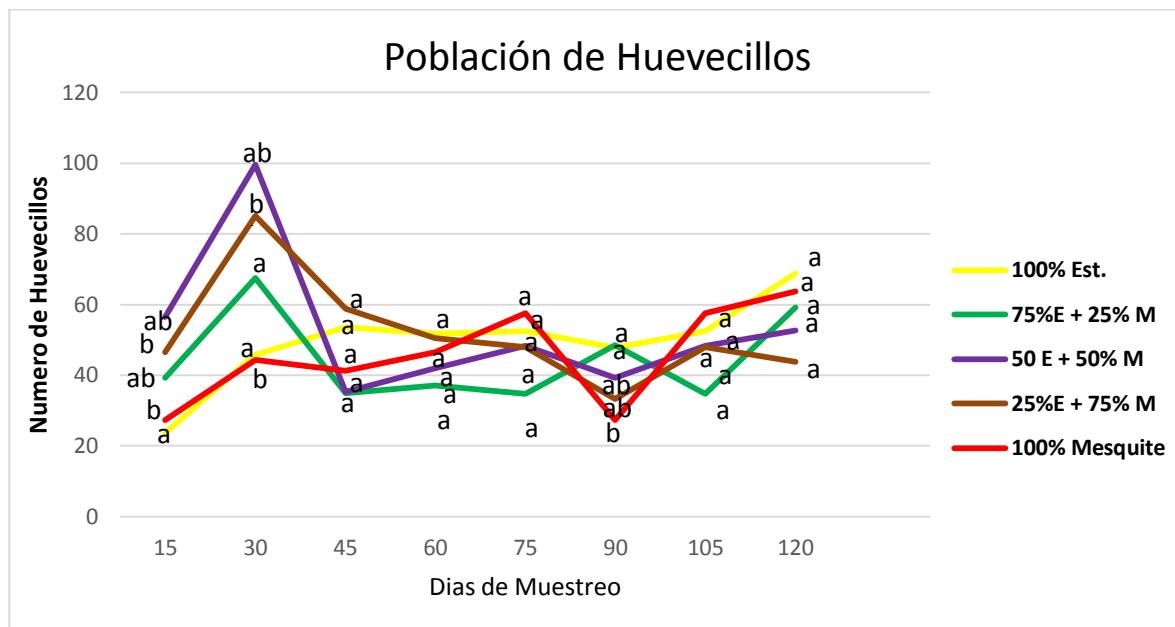
##### **4.4.1 Población de huevecillos**

Los datos integrados en el cuadro anterior; los cuales se visualizan en la Gráfica 4.1, muestran que el tratamiento uno (100% estiércol) fue el que obtuvo el mayor desarrollo de huevecillos, lo cual indica que dicho tratamiento, al ser cien por ciento natural (Testigo) es óptimo para que las lombrices adultas opositen debido a que se necesita una mejor circulación de oxígeno.

Pero además, la mezcla de 100% mezquite ofreció muy buenos resultados ya que se ubica en un desarrollo de huevecillos. Este dato muestra de igual manera que el tratamiento con mezquite que es el objetivo de este trabajo ofrece por ser cien por ciento natural, condiciones semejantes de optimización para para que las lombrices adultas opositen.



**Gráfica 4.1 Población de huevecillos**



se retoman algunos resultados similares, como por ejemplo el de Hernández *et al.*, (1996) en el que se señala que la lombriz adulta inicia la ovoposición a los tres días de convertirse en adulta y que necesitan de una buena oxigenación para poder ovopositor, así como de sustratos con espacio poroso muy bueno y preferiblemente sin realizar algún tipo de tamizado.

Los datos de la misma gráfica 4.1 permite observar dos aspectos adicionales; por una parte, que los tratamientos combinados: t2, t3, t4, se comportaron de la misma manera, es decir que tuvieron un menor desarrollo de huevecillos que los dos tratamientos de 100% ya señalados; y por otra parte, que en el día 90, los tratamientos combinados: t3, t4, y el t5 (100% mezquite) tuvieron una baja.

Respecto a esta baja, una de las causas que debe señalarse es que el alimento se les estaba terminando y también puede ser por el espacio que tenían ya que estaba muy reducido. Sin embargo, los datos muestran que el t5 logró recuperarse de manera significativa incluso por encima del t2 que junto el con testigo fueron los dos tratamientos que no mostraron dicha baja.

Al respecto, esto se podría sustentar con las afirmaciones de Aira *et al.* (2007), quienes mencionan que cualquier factor de estrés en el medio, se traduce en una elevación de la tasa metabólica de la lombriz, acrecentando el gasto energético y generando una reasignación de recursos que podría estar enfocado al crecimiento corporal en detrimento de la reproducción.

Así mismo, el hecho de que el t5 haya logrado una recuperación en el desarrollo de los huevecillos, posterior a su baja, podría ser un elemento de ratificación de que la mezcla de mezquite ofrece un ambiente favorable a la reproducción de huevecillos, cuidando sin duda, el aspecto de la temperatura ya que estas lombrices, alcanzan la máxima capacidad de reproducción de 14°C a 27°C, como lo menciona Vázquez (1999), que fue el término en que se mantuvieron las muestras.

La temperatura es un factor muy importante ya que esta interviene directamente en el desarrollo de los cocones. La temperatura es un factor muy importante ya que esta interviene directamente en el desarrollo de los cocones. 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, por lo que este factor en combinación con la buena oxigenación dada por el estiércol ayudó al buen desarrollo de huevecillos.

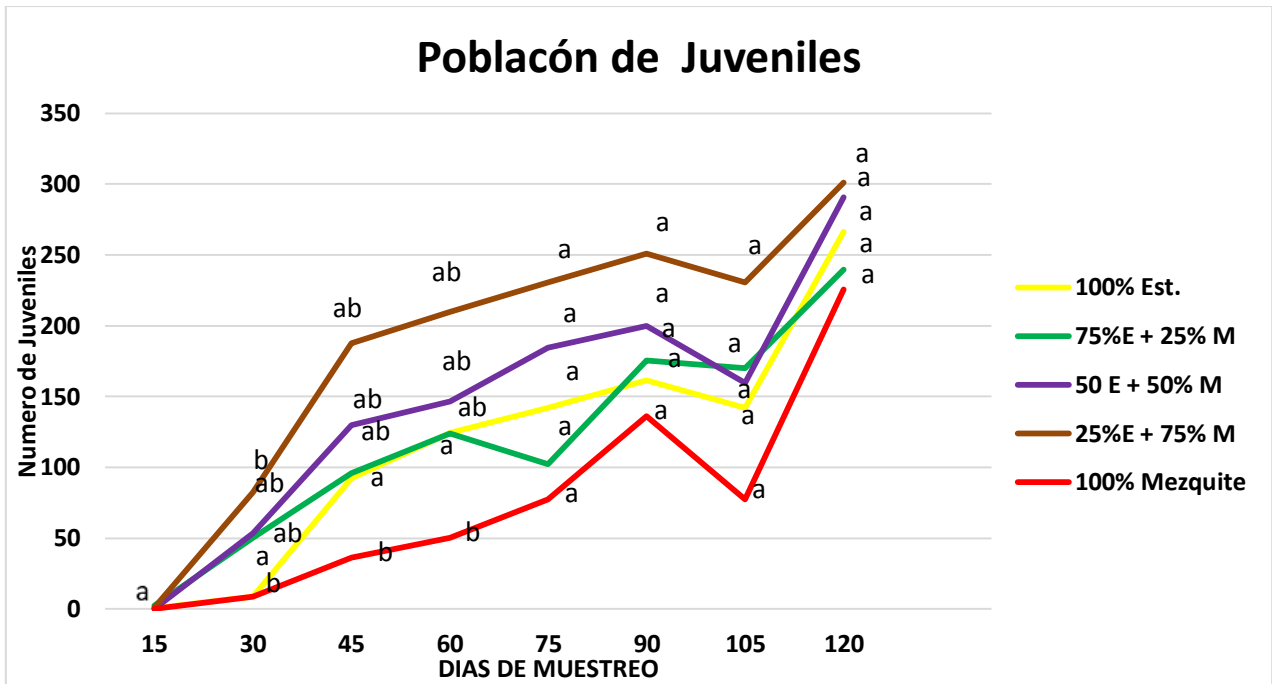
#### **4.4.2 Población Juvenil**

para este caso, ambos tratamientos son los óptimos para el desarrollo de las lombrices juveniles.

Esto ratifica lo señalado anteriormente con el tema de los huevecillos, para el caso de las que necesitan de una buena oxigenación, es decir que ambos se presenta como sustratos con espacio poroso muy bueno y preferiblemente sin

realizar algún tipo de tamizado, lo cual permite la buena circulación del oxígeno, a diferencia de los otros tratamientos.

**Gráfica 4.2 Población de juveniles**

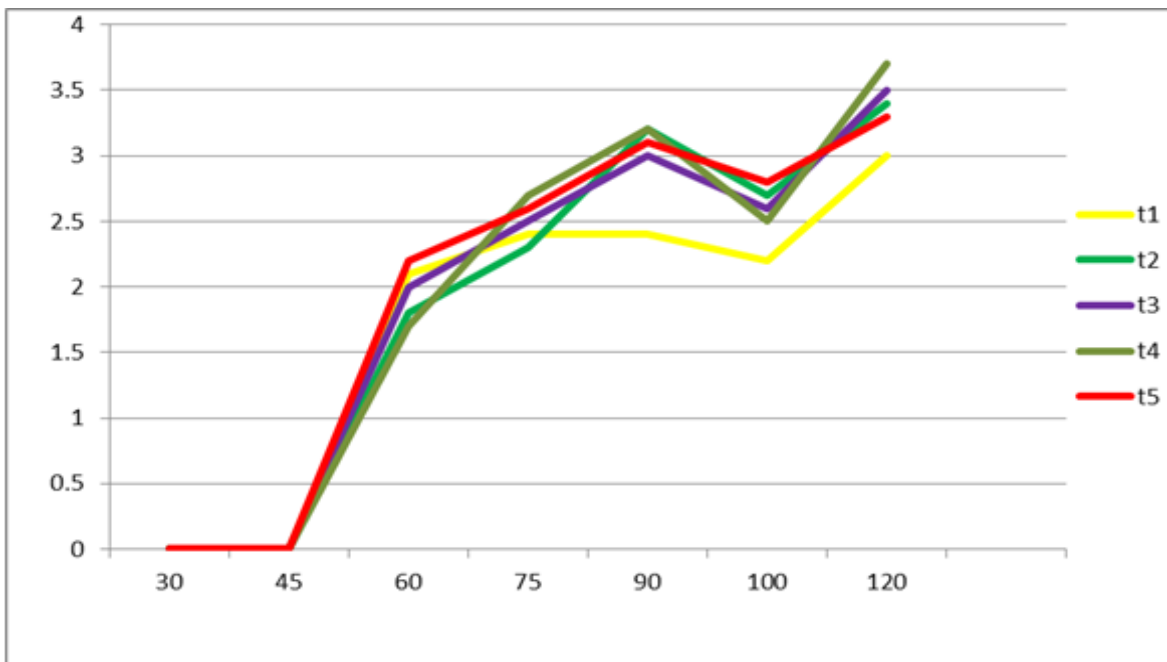


En el caso de la población adulta, el análisis de varianza muestra una situación semejante a la población juvenil, esto es que entre t2, t3 y t4 no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre dichos tratamientos. La diferencia aquí es que el tratamiento 5 (mezquite al 100%) se integra a este grupo; mientras que el t1 (testigo) si muestra diferencia significativa con el t4 (25% E+75% M) ( $P \leq 0.05$ ).

#### 4.4.3 Población de adultas

En la siguiente anterior grafica 4.3, se muestra, por una parte, el comportamiento ascendente después de los sesenta días. En este caso debe señalarse con claridad que a los sesenta días se encontraron en algunos individuos, un clitelo evidente no totalmente conformado, pero se tomó como indicador para que fueran identificadas como adultas; aunque no es sino hasta los 90 días cuando ya se puedan considerar absolutamente adultas.

**Gráfica 4.3 Población de adultas**



Tal como lo señalan Durán y Henríquez (2009) debido a que *Eisenia foetida* L tiene la capacidad de reproducirse entre el segundo y el tercer mes de vida, es muy posible que individuos nacidos durante el período en que se llevó a cabo el experimento, se reprodujeran.

Al respecto Schuldt *et al.* (2005), menciona que la presencia de la estructura o anillo clitelar desarrollada y visible, es indicativo de su capacidad reproductiva. Schuldt *et al.* (2005) y rasgo de su madurez

A partir de lo anterior, se puede señalar que todos los tratamientos obtuvieron una cantidad semejante de adultos, aunque el de mayor número fue el tratamiento cuatro que tiene el 25% estiércol y el 75% de Mezquite, atendiendo seguramente a la tendencia del crecimiento de su población juvenil.

#### **4.4.4 Resultados de determinaciones en laboratorio.**

De los resultados a las determinaciones de laboratorio realizadas a los sustratos en forma pura (100%), tanto al inicio como al final de la investigación (Cuadro 4.3); se encontró: para conductividad eléctrica que mientras el residuo animal incrementó su nivel de salinidad, en el caso del residuo vegetal este mostró disminución, en ambos casos, en alrededor de cuatro unidades.

Para el caso del porcentaje de materia orgánica tanto como el inicio como en el final de la investigación se encontró: que se conservó de igual manera ya que es extremadamente rico en materia orgánica y el poco tiempo del experimento no fue suficiente para que se apreciaran cambios.

Para pH se encontró que al inicio, en el caso del estiércol, estaba alto y al final disminuyó a un buen pH. En el caso del mezquite estuvo estable durante todo el experimento.

Para densidad aparente se mantuvo en los mismos valores tanto al inicio como al final.

**Cuadro 4. 3 resultados de laboratorio a ciertas características de sustratos puros.**

Tratamientos	C.E		M.O		pH		D.A	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
100%E	20.5	24.50	100%	100%	8.7	7.1	0.72	0.72
100%M	20.10	15.69	100%	100%	7.2	7.4	0.70	0.70

## 5. CONCLUSIONES

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

- Se generaron buenos datos sobre el ciclo de reproducción de la lombriz roja californiana, que posterior mente servirán para recomendarlo.
- El tratamiento de 100 % Estiércol mostró las cantidades más altas para número de huevecillos.
- El tratamiento de 25% Estiércol y el 75% de Mezquite es el que mejores resultados ofrece para el crecimiento de la población juvenil.
- Aunque el tratamiento 100% Estiércol (materia orgánica animal) presento materia orgánica suficiente para que se diera una alta ovoposición, este nutriente no fue suficiente para sostener la vida de las juveniles nacidas lo cual si fue sostenido por el tratamiento donde  $\frac{3}{4}$  partes llevaba material de mantillo de mezquite (materia orgánica vegetal).

## 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 de pregrado). Colegio de posgraduados Montecillo. México.
- Alas, R y Alvarenga, H. 2003. Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. (Tesis doctoral). Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Arellano, D. S. 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis* spp) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Dgo. (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma Chapingo. Durango.
- Aira M., Dominguez j., Monroy f., Velando a. 2007. Stress promotes changes in resource allocation to growth and reproduction in a simultaneous hermaphrodite with indeterminate growth. *Biological Journal*. 3(91). Pp. 593-600
- Bakieva, M., González Such, J. y Jornet, J. (2016). SPSS: ANOVA de un Factor. México: InnovaMIDE.
- Carrillo, F. R. 2006. Efecto de la poda sobre el potencial productivo de mezquites nativos (*Prosopis glandulosa* Torr., var. *glandulosa*) en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6. pp. 47-54.
- Capistran T., E. Aranda y J. C. Romero. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. México: Instituto de Ecología A. C.
- Capra F. 1996. *The web of life: Anchor books doubleday. A new scientific understanding of living systems.* New York. USA: ABA
- Centro de estudios agropecuarios. 2001. *Lombricultura, Serie Agronegocios.* México: CEA
- Cerdas, C. 1996. *Potencial de la lombriz/ Elementos básicos para su desarrollo/Claudia Martínez Cerdas/Dr. Alfredo Carballo Quiroz/México/Lombricultura Técnica Mexicana.* México: Great.
- 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: ABA



- Daniel, O. 1995. Reproduction by the earthworm *Lumbricus terrestris* L. Acta Zool. México: Fennica
- Ebert, A. T. 1998. Plant and Animal Populations: Methods In Demography. Press. San Diego, USA: ROI
- Estrada, S. L. 1993. Estudios sobre el potencial técnico de aprovechamiento de la goma, vainas, hojas y madera del mezquite (*Prosopis* spp) en México. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, México.
- Echegoyen, V, Linares, B. 2008. Evaluación de Cinco sustratos alimenticios en lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) Asignatura Diseños Experimentales. (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador. San Salvador.
- 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/. México: Buxade.
- Ferruzzi C. 2001. Manual de lombricultura. Barcelona, España: Mundi prensa.
- Ford A. (1999). Modeling the Environmental: An Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems. Island Press. USA: ROI
- 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: FAO
- González, E. M., E. S. González, A. Y. Herrera. 1991. IX Flora de Durango. Listados florísticos de México. (Tesis de pregrado). Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Hernández, L. J. A, S. J. C. Ríos, G. J. C. Monárrez, S. R. Rosales, B. J. M. Mejía, G. V. Bustamante. 2010. Tecnología disponible para la obtención de semilla. México: Porrúa
- Harrell, C. 2000. Simulation; Using Promedel. USA: McGraw-Hill Companies
- Innis, S. G. 1978. Grassland Simulation Model. New York. USA: Springer-Verlag.
- Lolita Durán. 2012. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos. México: Porrúa
- Meza, S. R, L. E. Osuna. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, B.C.S. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México: Folleto Científico

- Pineda, J.A. 2006. Lombricultura/UAP-PASOLAC-Honduras Feliciano paz, /Tegucigalpa. Honduras :Dirección de Generación de Tecnología.
- Ríos, S. J. C, B. E. Merlín, E. Soto, S. R. Rosales. 2009. Crecimiento de plántulas y productividad del mezquite en el estado de Durango, México: Memorias.Ríos,
- S. J. C, C. R. Trucíos, N. L. M. Valenzuela, P. G. Sosa, S. R. Rosales. 2011. Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México. Durango, México: CENID-RASPA
- Schuldt M., Rumi A., Gutiérrez D. 2005. Determinación de "edades" (clases) en poblaciones de *E. fetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobológicas. Revista del Museo de la Plata Zoología Recuperado de [http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170-zoologia\\_alta.pdf](http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170-zoologia_alta.pdf).
- Ruíz, T. D. R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.