

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Análisis De Diferentes Parámetros Ambientales y Densidad Poblacional De La  
Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) Para La Obtención De Humus  
Líquido

Por:

**MARTHA SANTIS SANTIS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila; México.

Febrero de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Análisis De Diferentes Parámetros Ambientales y Densidad Poblacional De La  
Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) Para La Obtención De Humus  
Líquido

Por:

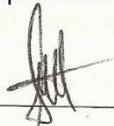
**MARTHA SANTIS SANTIS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

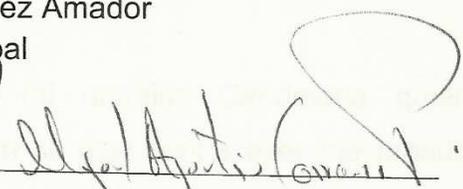
Aprobada



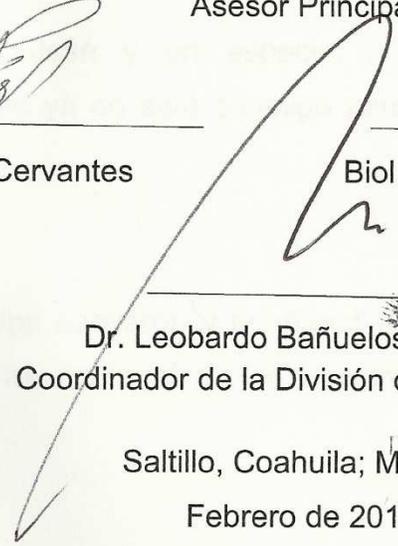
Dr. Silvia Yudith Martínez Amador  
Asesor Principal



Dr. Rubén López Cervantes  
Coasesor



Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila; México.



Febrero de 2014

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

#### **Julieta Santiz Méndez**

Con todo mi amor para esa maravillosa mujer, mi madre que nunca me dejó sola, que siempre tenía las palabras correctas para darme las fuerzas necesarias para seguir, gracias por brindarme su amor, su ejemplo de trabajo y entrega.

#### **Rodolfo Santiz Méndez**

Quien dedicó tiempo y esfuerzo, además de su apoyo moral y comprensión en los momentos difíciles de mi formación profesional y de la vida. Hoy agradezco sus consejos y agradezco a la vida por tener a un padre como él, porque me ha enseñado que las metas son posibles.

### **A MIS HERMANOS:**

Con mucho cariño para mis hermanitos Carolina y Rodolfo, que son dos personitas que siempre llevo en mi corazón; quienes siempre estuvieron conmigo y han sido mi apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por su tiempo, paciencia y consejos.

### **A MIS ABUELOS:**

Catalina, Manuel, José y en especial a mi abuelita Candelaria quien desafortunadamente ya no está conmigo pero sé que donde este me manda sus bendiciones.

### **A MIS TIOS:**

Quienes siempre me apoyaron y brindaron su cariño en especial para mi tía Rosa que siempre me hacía reír en los momentos de tristeza.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por haberme permitido terminar la carrera.

### **A MI ALMA MATER**

Por darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional, de quien siempre estaré orgullosa y agradecida por haberme dado las herramientas necesarias para enfrentar los retos en mi vida.

A la Dr. Silvia Yudith Martínez Amador, por haberme permitido ser una de sus tesis, por su comprensión y paciencia y con su ayuda culminar mi formación académica.

Al Dr. Rubén López Cervantes, por su tiempo, enseñanza y colaboración para el buen término de este trabajo.

Al Biólogo Miguel Agustín Carranza Pérez por su colaboración en este trabajo y por ser parte del jurado calificador.

A Jazmín, Nora, Amada y a todas las chicas del servicio social que me apoyaron con la tesis.

A mis amigos y compañeros por compartir momentos de alegría y esfuerzos en especial a mis amigos Víctor y Artemio, a todos ellos gracias; de igual forma a mis maestros quienes pusieron lo mejor de ellos para concluir con mis estudios.

## CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	lii
AGRADECIMIENTOS.....	Iv
CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	Vii
RESUMEN.....	Viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. HIPOTESIS.....	3
4. REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1 Antecedentes históricos de la lombricultura.....	4
4.2 Características generales de <i>Eisenia foetida</i> .....	4
4.2.1 La Taxonomía de <i>Eisenia foetida</i> .....	4
4.2.2 Características morfológicas y fisiológicas de <i>Eisenia foetida</i> .....	4
4.3 Ciclo de vida.....	6
4.4 Parámetros de supervivencia.....	8
4.4.1 Temperatura.....	8
4.4.2 Luz.....	8
4.4.3 Aireación.....	8
4.4.4 Humedad.....	9
4.4.5 Riegos.....	9
4.4.6 Densidad poblacional.....	9
4.4.7 pH.....	10
4.4.8 Tamaño del sustrato.....	11
4.5 Plagas.....	11
4.6 Enfermedades.....	12
4.7 Características favorables del abono de la lombriz.....	13
5. METODOLOGÍA.....	14

5.1 Tamizado del estiércol.....	14
5.2 Acondicionamiento de contenedores.....	14
5.3 Análisis de pH y Conductividad eléctrica en el precomposteo.....	15
5.4 Análisis de pH en el humus liquido.....	16
5.5 Trampeo e inoculación de lombrices.....	16
5.6 Análisis de ácidos fúlvicos.....	16
5.7 Conteo de cocones.....	17
5.8 Conteo de lombrices adultas y jóvenes.....	17
5.9 Análisis del humus liquido.....	17
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6.1 Conductividad eléctrica.....	19
6.2 pH del lixiviado del estiércol .....	20
6.3 pH del humus liquido de lombriz.....	21
6.4 Temperatura.....	22
6.5 Número de cocones.....	23
6.6 Número de lombrices adultas.....	25
6.7 Número de lombrices jóvenes.....	26
6.8 Humus liquido de lombriz.....	26
6.9 Evolución de los ácidos fúlvicos.....	29
7. CONCLUSIÓN.....	31
8. SUGERENCIAS.....	32
9. BIBLIOGRAFÍA.....	33

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No 1: Cantidad de agua con que fueron regadas los diferentes tamaños de partículas de estiércol para obtener una humedad constante en el precomposteo .....	15
Tabla 2: Tratamientos establecidos durante el experimento tomando en cuenta el tamaño y humedad del sustrato así como el número de lombrices utilizadas en cada contenedor.....	18
Tabla 3: Promedios de la conductividad eléctrica de los diferentes tratamiento.....	19
Tabla 4: Promedio del pH del estiércol en el precomposteo de los diferentes tratamientos.....	21
Tabla 5: Promedios del pH del humus líquido de lombriz en los diferentes tratamientos, para dos fechas de muestreo.....	22
Figura 1: Fluctuación promedio de las temperaturas por semanas de los diferentes tamaños de partículas en el precomposteo.....	23
Tabla 6: Comparación de medias, Coeficiente de variación y significancia estadística correspondiente a número de cocones encontrados en cuatro muestreos.....	24
Figura 2: Número de cocones de los tratamientos en cuatro muestreos...	25
Tabla 7: Comparación de medias de las variables número de lombrices adultas, jóvenes transformadas y cantidad de líquido producido en los diferentes tratamientos.....	28
Tabla 8: cantidad de ácidos fúlvicos producidos en los tratamientos, de tres muestreos diferentes.....	29
Figura 3: Comportamiento de los ácidos fúlvicos de todos los tratamientos en tres fechas de muestreos diferentes.....	30

## RESUMEN

El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo; Coahuila, en el túnel del Departamento de Ciencias del Suelo teniendo como objetivo la obtención de parámetros óptimos que propicien un ambiente favorable para el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para generar humus líquido. Los tratamientos evaluados fueron 14 con tres repeticiones donde se evaluaron diferentes tamaños de sustratos de 2, 6 y 10mm y el testigo consistió en dejar el estiércol sin tamizar, todos los tratamientos con un proceso de precomposteo. Se estudiaron las humedades 4, 7, 10 y 13Cb y diferentes densidades poblacionales de lombrices tomando en cuenta que esta debe ser 750 lombrices/m<sup>2</sup>, las cantidades fueron 25, 35, 45 y 55 lombrices. Las variables evaluadas fueron: pH, Conductividad eléctrica, temperatura, cantidad de ácidos húmicos, cantidad de líquido desechado por cada tratamiento, número de adultas, número de jóvenes realizando el conteo al final del experimento y número de cocones evaluados cada 20 días y al final de experimento con un total de cuatro muestreos. En el número de cocones el mejor tratamiento fue el 11 superando al testigo en un 12.5%, 111.2%, 151.5% y 175.5% en los cuatro muestreos respectivamente el cual tenía un sustrato de 6mm, humedad de 4Cb y con una población de 35 lombrices, en cuanto al número de adultas el testigo presentó mayor cantidad seguido del tratamiento cuatro; por otro lado en el número de jóvenes los mejores tratamientos fueron el 3, 4 y 11 superando al testigo en un 2700%, 2726.6% y 2793.2% respectivamente y en la cantidad de líquido el tratamiento 11 es el mejor superando al testigo en un 47.14%. Con base a los resultados se puede concluir que el tamaño de partículas y la cantidad de humedad si influye en el crecimiento poblacional de las lombrices.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, densidad poblacional, estiércol, sustratos, precomposteo.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de lombrices es una alternativa para todos los productores y tiene varias finalidades, entre las que podríamos mencionar la producción de materia orgánica rica en nutrientes, fitohormonas y en microorganismos que mejoran la fertilidad del suelo y por lo tanto mejora la productividad de las plantas (Pineda, 2006). Con su actividad participan en la fertilización, aireación, formación del suelo al modificar propiedades físicas y químicas de un suelo es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura. Se trata del humus de lombriz, sustancia inodora parecida a la borra de café (Díaz, 2002).

Se estima que hay en el planeta más de 8500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra; sin embargo para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales, que reúnan ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3000 msnm. Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos anteriormente citados son *Eisenia foetida* (lombriz roja de California) y *Eisenia andrei* (coqueta roja), especies utilizadas en el 80% de los criaderos a nivel mundial (SAGARPA, 2000).

La lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) es de color rojo púrpura, con la cola algo achatada y levemente amarilla su peso es de un gramo aproximadamente y mide de 5 a 9 cm, con 3-5 mm de diámetro (GRAMA), puede consumir entre 50% y 100% de su peso diario y duplicar su población en 90 días (Ruiz, 2011).

Los sustratos aportan a las lombrices un medio donde moverse libremente, alimentarse y reproducirse. Algunas de las características del material a utilizarse como sustrato son: capacidad de retener humedad en una forma accesible para las lombrices, no apelmazarse para permitir el paso del aire, permitir el drenaje de humedad excesiva, no ser muy granuloso ni una fuente de

alimento alto en proteínas, además de ser una buena fuente de carbono para las bacterias además de contener ciertos parámetros para su fácil desarrollo como es la humedad, ésta es necesaria para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada está entre los 75 a 80%. Otro factor importante con que debe contar las lombrices es la temperatura, siendo la óptima entre 20-25°C aunque *Eisenia fetida* tiene gran tolerancia a la variación de la temperatura tolerando hasta de 0-30°C (Díaz, 2002). Al igual que la temperatura el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte (SAGARPA, 2000).



Imagen: *Eisenia foetida*

La lombricultura es una práctica sencilla que, incluso a pequeña escala, se puede implementar en cualquier lugar y se puede integrar fácilmente en los sistemas agrícolas. Así, se pueden incluir en el sustrato de la compostera los restos de los diversos productos cultivados y procesados. El humus resultante es un buen abono para todos los cultivos además de que en poco tiempo se puede aprovechar.

Al no brindar las condiciones óptimas que las lombrices necesitan trae como consecuencia la decadencia de la población generando un lento procesamiento del humus además de la desesperación de los productores, propiciando pérdidas económicas y obteniendo productos de mala calidad. Una posible

solución es la búsqueda de parámetros necesarios que ayuden a obtener un ambiente generoso para las lombrices.

Modificar parámetros como humedad, densidad poblacional de las lombrices, el tamaño del sustrato puede ser una solución para obtener una mejor calidad de humus en corto tiempo; ya que en muchas ocasiones la alta o baja humedad puede provocar la muerte de las lombrices. La densidad poblacional y tamaño del sustrato también juegan un papel muy importante en la producción del humus debido a que estos determinan la velocidad de descomposición de los residuos, permitiendo a las lombrices realizar un procesamiento eficiente además que con un adecuado número de lombrices no se generara estrés por sobrepoblación facilitando la reproducción por lo que la población aumente obteniendo de una manera más rápida el humus.

## **2. OBJETIVOS**

Objetivo general

Evaluar diferentes parámetros ambientales que generen mayor crecimiento poblacional en las lombrices y una mayor cantidad de ácidos fúlvicos.

## **3. HIPÓTESIS**

Que al menos uno de los ambientes establecidos serán favorables para el desarrollo de poblaciones de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) generando una mejor producción de ácidos fúlvicos.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Antecedentes históricos de la lombricultura

El rol de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo era bien conocido en el Antiguo Egipto. Una gran parte de la fertilidad del Valle del Nilo dependía de estos animales. Por eso los faraones tenían previstos castigos muy severos a quienes los dañaran o contrabandearan. El gran filósofo griego Aristóteles las definió certeramente como “los intestinos de la tierra”. Los romanos también supieron apreciar a las lombrices, aunque recién en el siglo XIX se explicó científicamente cuál era su verdadera función en el ecosistema. En su último libro, Charles Darwin demostró que en el transcurso de 4 o 5 años las lombrices hacían pasar por su intestino la mayor parte de la capa arable del suelo (De Sanzo y Ravera, 2000).

### 4.2 Características generales de *Eisenia foetida*

#### 4.2.1 La Taxonomía de *Eisenia foetida* es:

- Reino: Animal
- Sub-reino: Metazoos
- Tipo: Anélido
- Phylum: Protostomia
- Clase: Anélido
- Orden: Oligochaeta
- Familia: Lumbricidae
- Género: *Eisenia*
- Especie: *foetida*

#### 4.2.2 Características morfológicas y fisiológicas de *Eisenia foetida*

Color: *Eisenia foetida* tiene un color rojizo intenso, razón por la cual se le conoce con el nombre de Roja Californiana, el color no siempre lo determina el

pigmento en la piel de la lombriz, sino a veces la sangre o el contenido del intestino.

Tamaño y peso: La lombriz californiana adulta mide aproximadamente de 3 a 10 cm, de 3 a 5 mm de diámetro y pesa un gramo.

Forma: El cuerpo de las lombrices tiene una forma cilíndrica, pero pueden existir secciones cuadrangulares, la sección posterior puede ser achatada, la superficie dorsal surcada a lo largo.

Segmentos: Llamadas también metameros, son los anillos que conforman el cuerpo de la lombriz.

Surcos intersegmentarios: Son surcos con forma de anillos, los cuales se encuentran entre segmentos sucesivos y se pueden reconocer en la pared del cuerpo de la lombriz por el menor espesor del epitelio e intervención de la musculatura circular.

Prostomio: Es una pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento del cual está separado por un surco, existen 5 tipos principales de prostomio: Prolóbico, proepilóbico, epilóbico abierto, epilóbico cerrado y tanilóbico.

Peristomio: Es el primer segmento, envuelve la boca y no tiene quetas o cerdas, su superficie es lisa y está recorrida por numerosos surcos longitudinales.

Quetas o cerdas: Son estructuras primariamente locomotoras formadas en invaginaciones de la piel. Es uno de los principales caracteres taxonómicos externos. Están presentes a partir del segundo segmento y ausentes en la última porción del cuerpo, la cual no se enumera como segmentos, el Pigidio.

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

Metridioporos: Son aberturas excretoras presentes a lo largo del cuerpo de la lombriz, un par en cada segmento.

Poros espermatecales: Raramente ausentes, en general ubicados en algunos surcos intersegmentarios pre-clitelaes.

Poros femeninos: En general se encuentran ubicados en el segmento 14.

Poros masculinos: Son las aberturas de los canales que transportan el semen. En general hay un par ubicado después de los poros femeninos.

Surcos seminales: Es un par de surcos transitorios formados durante la cópula y van desde los poros masculinos hasta el clitelo.

Clitelo: Es un espesamiento glandular, superficial en algunos segmentos. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsula donde se alojan los huevos. Puede tener una forma anular, es decir que envuelve completamente los segmentos en los cuales se encuentran o tienen la forma de una silla de montar cuando no envuelve la parte ventral de los segmentos (Shunico, 2011).

### **4.3 Ciclo de vida**

Las lombrices son de desarrollo directo (no proporcionan larva como ocurre en otros invertebrados), naciendo del capullo pequeñas lombrices parecidos a los padres, con los mismos hábitos alimentario y misma dieta. Estos juveniles, son transparentes y de pocos milímetros de longitud. Después de un periodo de vida entre los 50-65 días alcanza una longitud de 2-3 cm momento ideal para comenzar con su reproducción, el cual se evidencia con la apariencia del clitelo; sin embargo, estos animales siguen creciendo y pueden llegar a medir hasta 6 ó 7 cm de longitud y un peso aproximado de 0.8 a 1.4 gramos.

En una población de lombrices pueden distinguirse cuatro estados o estratos: 1) capullos, 2) juveniles (lombrices transparentes, o con pigmentos rojos insuficientes para opacar el tubo digestivo), 3) animales subadultos

(pigmentados pero carentes de clitelium) y 4) ejemplares adultos (clitelados). El clitelium puede perderse en condiciones de mal nutrición pero son capaces de desarrollarlo nuevamente, al aportar más nutrientes al medio de cultivo. Las proporciones relativas de estos segmentos poblacionales cambian muy rápidamente y se relacionan con la frecuencia de las divisiones en los cultivos, y por ende, con el grado de apiñamiento de las lombrices en el cultivo. Cabe hacer mención que el tamaño del capullo depende del diámetro de la lombriz que lo produce, pero un tamaño no proporciona mayor cantidades de lombrices (Sanches, 2009). Los capullos son abandonados por los progenitores, permaneciendo allí por 23 días, madurando sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, depositando cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido promedio de 10 huevos, pudiendo llegar a 20, los que después de 14 a 21 días de incubación eclosionan, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato. La lombriz tiene un promedio de vida de 16 años, aunque algunos autores confirman que *E. foetida* dura 4.5 años de vida. (Chávez y Fuentes, 2013).

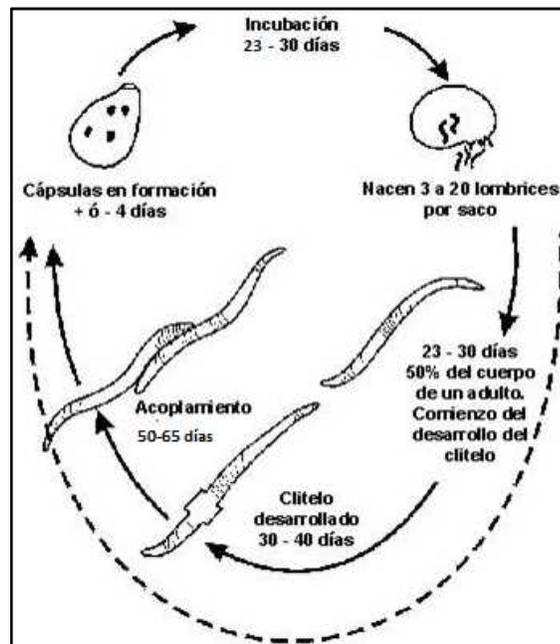


Imagen: Ciclo de vida de *Eisenia foetida*.

#### **4.4 Parámetros de supervivencia**

Todas las actividades de las lombrices están ligadas a la temperatura, densidad poblacional y la calidad del alimento, cada una de éstas influye de manera diferente en las características biológicas de la lombriz.

##### **4.4.1 Temperatura**

La especie de *Eisenia foetida*, es resistente a cambios bruscos dentro de su hábitat. La temperatura óptima está entre los 18 a 28 grados centígrados. Hay que tener cuidado con el material sin previa descomposición ya que la fermentación del mismo en la cama aumenta el calor (hasta 70°C) y ello puede ser crítico. La temperatura óptima para la formación de cocones es entre 12 y 15°C (Clavería, 2005). Aunque otros autores manejan rangos diferentes como Durán y Henríquez (2009) mencionan que la adaptación se da a un rango de temperaturas entre 15-25°C.

##### **4.4.2 Luz**

Los lechos deben cubrirse con paja ó sacos de yute, no con láminas ni productos impermeables que impiden el paso de aire, tampoco es recomendable que los lechos estén expuestos al sol, ya que la lombriz tiende a morir con los rayos ultravioleta y huye de la luz. Entre menos luminosidad será más beneficioso para las lombrices, ya que tapando la superficie la lombriz puede comer el sustrato de arriba (Clavería, 2005).

##### **4.4.3 Aireación**

Minta en el 2010 reporta que la presencia del oxígeno o una buena aireación es muy necesaria para que no exista limitación en el proceso aeróbico de la fermentación del abono orgánico. Se calcula que como mínimo debe existir de un 5% a 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa. Sin embargo cabe recalcar, que cuando los microporos se encuentran en estado anaeróbico debido a un exceso de humedad, ello puede perjudicar la aireación

del proceso y, en consecuencia, se obtiene un producto de mala calidad, que al incorporar al suelo no actuaría normalmente evitando el desarrollo normal del cultivo.

#### **4.4.4 Humedad**

La humedad en el sustrato se debe mantener entre un 70 a 80%, ya que la lombriz no tiene dientes, por esto debemos darle humedad para que pueda absorber su alimento (Chávez y Fuentes, 2013).

Pineda (2006) menciona que en un cultivo de lombriz de la especie *Eisenia foetida*, en estiércol de vaca, encontró que las condiciones más favorables de humedad para el crecimiento, maduración y producción de cocones, es mantener la humedad de 80%; ya que aunque puede vivir temporalmente en condiciones de mucha humedad, pero no trabaja en la descomposición ni se reproduce. Es básico recordar que la humedad de 80% controla la plaga, hormigas que se acercan por los azúcares que produce la lombriz al deslizarse por las galerías del sustrato.

#### **4.4.5 Riegos**

Chango (2007) indica que se debe aplicar de manera uniforme, para lo cual se recomienda el uso de micro aspersores o cualquier otro elemento que distribuya el agua en forma de llovizna fina.

Se debe mantener una humedad adecuada en el alimento con un riego diario sobre la cama de la producción de lombriz (Hernández, 2010).

#### **4.4.6 Densidad poblacional**

Se define como la cantidad de individuos presentes por unidad de área. La densidad de población de un cultivo de lombrices puede llegar a su clímax por unidad de área cuando las condiciones para su desarrollo son óptimas, o sea, cuando encuentran todos los requerimientos nutricionales para su desarrollo. Cuando en un área pequeña hay alta densidad de población los alimentos

comienzan a escasear y el espacio vital se reduce dominando los individuos más fuertes y mejor adaptados. En estos casos puede observarse migraciones de las poblaciones adultas, escasez de huevos y abundante presencia de juveniles en el cultivo, entre otros fenómenos. Siempre que seamos capaces de proporcionar a un cultivo las condiciones de pH, temperatura y humedad óptima, podremos encontrar como mínimo de 20,000 a 30,000 lombrices por metro cuadrado, aunque algunas experiencias han reportado valores de 40000 a 60000 lombrices por metro cuadrado. Se considera que un cultivo de lombrices no presenta problemas si al realizar el muestreo de población se encuentra un 60% de las lombrices en el estadio juvenil, el 40% en el estadio adulto, y se encuentran más de 500 capullos por metro cuadrado (Shunico, 2011).

El número de lombrices a utilizarse por  $m^2$  dependerá de la velocidad con que se desea obtener el humus, NATURLAD (2005) recomienda de 200-300 lombrices sobre un sustrato de  $1m^2 \times 20$  cm de profundidad y Ruiz en el 2011 recomienda utilizar  $10.5kg/ m^2$ ; la densidad poblacional también influye en el tiempo para alcanzar la maduración sexual en donde el clitelo aparece más tarde en las poblaciones más densas; cuando 3 individuos son colocados por cada  $cm^3$  maduran a las 7 semanas, mientras que 16 individuos en el mismo volumen de sustrato maduran a las 10 semanas (Alas y Alvarenga, 2002).

#### **4.4.7 pH**

De igual manera que la temperatura el pH influye directamente durante el proceso de transformación, pues la alcalinidad o la acidez determinan en el sustrato la interacción de distintos factores en su descomposición y específicamente para la reproducción de la lombriz roja californiana. El pH está dado por la humedad y la temperatura, la lombriz tiene un rango de tolerancia entre 5 a 8.4; siendo el ideal de 7 (neutro). Sí el pH es ácido, la lombriz entra en una etapa de dormición y se desarrolla una plaga llamada planaria (Garavito, et al., 2002). Aunque otros autores mencionan que el valor del pH del estiércol

debe estar comprendido entre 6,5 y 7,5 siendo los valores óptimos 6,8 y 7,2 (De Sanzo y Ravera, 2000).

#### **4.4.8 Tamaño del sustrato**

Para obtener un buen humus es recomendable reducir el tamaño de las partículas de estiércol entre menor sea el tamaño de partícula, mayor área superficial estará disponible para el ataque microbiano y una ingesta más eficiente y rápida. Sin embargo, si las partículas son demasiado pequeñas (<5 mm), se incrementa el desarrollo potencial de condiciones anaeróbicas y la consecuente generación de malos olores. Por ello es deseable mantener una estabilidad estructural con un amplio rango del tamaño de partícula que permita un ambiente con condiciones aeróbicas (Ruiz, 2011).

#### **4.5 Plagas**

La lombriz no posee ningún tipo de defensa, por lo que cualquier organismo las puede atacar. Presenta resistencia a hongos y bacterias y no se les conocen enfermedades.

Son atacadas generalmente por hormigas, ciempiés, tisanuros, ácaros, pájaros, ratones, topos, sapos, lagartijas, planarias etc.

Los ácaros rojos se encuentran en el excremento y la basura, no las atacan directamente pero compiten con ellas por el alimento, reduciendo su crecimiento y reproducción (Alas y Alvarenga, 2002).

El topo es, quizá, el peor enemigo de la lombriz. Cuando un topo accede a un lecho puede acabar con toda la población de lombrices en unos pocos días, por cuyo motivo hay que evitar, a toda costa, la presencia de estos peligrosos animales. Para su eliminación no se puede emplear algún tipo de veneno, ya que si un topo envenenado queda en un lecho, las lombrices que se lo comen morirán. La solución más idónea consiste en colocar trampas para topos en los lugares de acceso donde se detecta su presencia (Fuentes, 1997).

Los ácaros rojos se encuentran en el excremento y la basura, no las atacan directamente pero compiten con ellas por el alimento, reduciendo su crecimiento y reproducción (Fuentes, 1997).

La planaria (pequeño gusano de cuerpo plano, color oscuro y rayas a lo largo del cuerpo) es capaz de disminuir a la especie en unos cuantos días ya que es un parásito que se adhiere a la lombriz, absorbiendo sus líquidos corporales, hasta el punto de matarla (Sánchez, 2009).

Las hormigas si causan un efecto perjudicial sobre las lombrices, ya que cuando se establecen lo hacen en colonias de alta densidad de individuos ocasionando por esto daños considerables. El método de combatir estos enemigos naturales es el riego, ya que la alta humedad en el medio, impide el establecimiento de estos enemigos naturales (Peña et al., 2002).

Las aves pueden acabar poco a poco con las lombrices, pero esta plaga se puede controlar fácilmente poniendo un manto de pasto de 10cm o en su defecto un tejido media sombra sobre la cama de cría y de reproducción.

Ratones es otra plaga muy peligrosa para el cultivo de las lombrices. También se puede controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad alta cercana al 80% (Díaz, 2002).

#### **4.6 Enfermedades**

La lombriz es afectada por un Síndrome proteico o Gozzo Acido, este se debe a que cuando la lombriz se le suministra sustratos que son altos en proteínas (40%, por ejemplo frijoles) es degradado por enzimas que la lombriz posee en su sistema digestivo y se da una alta producción de Amonio, presentando la lombriz inflamaciones en todo el cuerpo, muriendo a las pocas horas (Medina, 2005).

#### **4.7 Características favorables del abono de lombriz**

Son muchos los beneficios que proporciona el uso de lombriz, algunos:

- Incrementa la flora microbiana y fauna del suelo en los terrenos de cultivo.
- Los elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg y B), están disponibles para las plantas.
- Favorece la retención de agua en el suelo.
- Mejora las características físicas y químicas del suelo (SAGARPA, 2000).

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 Tamizado del estiércol**

El sitio experimental se encuentra ubicada en el invernadero del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo; Coahuila, México, localizada en 25°23" latitud Norte y 101°01" longitud Oeste a 1743 msnm, con un clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. Con una temperatura media anual de 19.8 °C.

El estiércol que se utilizó fue de ganado vacuno de origen lechero obtenidos del establo de la misma Universidad; se transportó en una camioneta perteneciente al departamento de Suelos donde una vez allí se inició el tamizado de estiércol utilizando tamices de las siguientes medidas 10, 6 y 2mm este proceso duro dos meses.

### **5.2 Acondicionamiento de contenedores**

Se emplearon garrafones de plásticos de los utilizados para almacenar agua purificada se eliminaron la punta para obtener un orificio más grande y colocar el estiércol con mayor facilidad; por otro lado para facilitar la filtración del líquido fue necesario partil ladrillos en cuadros de aproximadamente 1cm<sup>2</sup> y posteriormente se cortó la tela con la medida de la circunferencia de los garrafones y finalmente el 31 de agosto del 2012 los cuadros de ladrillos fueron colocados en los garrafones a una altura de 4cm y la tela por encima de este por lo que el estiércol de diferente4s tamaños se colocó al último, se llenaron 18 garrafones en tamaños de 10mm, 18 de 6mm, 3 de 2mm y 3 con estiércol sin tamizar de manera que todos los garrafones tuviesen la misma altura y a cada uno se les agregaron 4 litros de agua se dejaron por 72 horas y de esta forma se inició el precomposteo, una vez transcurrido este tiempo se perforaron los garrafones para que el agua se drenara, el 4 de septiembre se agregó otro litro de agua y el 5 de septiembre se comenzó la lectura de temperatura,

tomándose una vez al día durante un mes hasta observar una disminución de esta y una mayor estabilidad, el 11 de este mismo mes se colocaron los tensiómetros agregando diferente cantidad de agua para cada tamaño de partículas de manera que el tensiómetro marcará 4 Centibares (Cb). Por lo que la cantidad de agua con que se regó fue la siguiente.

Tabla 1: Cantidad de agua con que fueron regadas los diferentes tamaños de partículas de estiércol para obtener una humedad constante en el precomposteo.

Tamaño de partícula (mm)	Cantidad de agua (litros)	Humedad (Cb)
10	1.5	4
6	1	4
2	0.8	4
Grande (testigo)	8	4

mm=milímetros; Cb=Centibares

Cuando las bajas temperaturas se presentaron se cubrieron los contenedores con bolsas negras para tratar de incrementar la temperatura, creando un microclima con una diferencia de temperatura de dos grados más, llevándose acabo el día 14 de noviembre del 2012.

Por otro lado los cuadros de ladrillos que se colocaron al principio del precomposteo se retiraron cuando se realizó el primer conteo de cocones debido a que las pequeñas lombrices nacían al fondo de los contenedores encontrándose con la grava y sin alimento provocando su muerte.

### 5.3 Análisis de pH y Conductividad eléctrica en el precomposteo

El 17 de septiembre del 2012 se realizó un riego para tomar muestras del líquido filtrado y analizar el pH y la conductividad eléctrica (CE) con la ayuda de

un conductivímetro realizándose cada viernes por tres semanas de manera que el día 3 de octubre se realizó la nivelación del estiércol dejándolo a una altura mayor al tamaño del bulbo de los tensiómetros y evaluar las diferentes humedades.

#### **5.4 Análisis de pH en el humus líquido**

Los días 7 y 10 de enero se hicieron riegos para obtener líquido de los contenedores las 14 muestras fueron llevadas al laboratorio y poder evaluar el pH.

#### **5.5 Trampeo e inoculación de lombrices**

El día 4 de septiembre se inició el trampeo de lombrices que proporcionó el ingeniero René De la Cruz de la sección de Agrotecnia de la UAAAN. Para ello se colocó estiércol y se regó para que las lombrices se acercaran a comer y allí ser capturadas de manera que el día viernes 5 de octubre se colocaron las lombrices en los diferentes contenedores y se realizó un riego y a las 24 horas otro, sin tomar en cuenta la humedad que marcara el tensiómetro ya que lo que interesaba era que las lombrices se adaptaran en su nuevo medio.

#### **5.6 Análisis de ácidos fúlvicos**

Para el análisis de los ácidos fúlvicos se tomaron muestras cada mes; de manera que el primer muestreo fue el día 5 de octubre, y el segundo y tercer muestreo el 5 de diciembre y el 5 de enero respectivamente.

Se colocaron muestras de los 14 tratamientos y cada una de las tres repeticiones, se tomó una porción y se elaboró una muestra compuesta de la lombricomposta; es decir, se colectó una muestra representativa por tratamiento. La muestra se secó al aire en el laboratorio de fertilidad de suelos y sustratos del Departamento de Ciencias del Suelo.

Una vez seca la muestra, la metodología empleada en la medición, fue la propuesta por López, *et al.* (2006); donde se hace alusión a algunos cambios,

sobre todo en los reactivos empleados en la extracción, a la metodología propuesta por López y López (1990).

### **5.7 conteo de cocones**

El conteo de cocones se realizó los días 26 de octubre, 23 de noviembre ,13 de diciembre y los días 11 y 12 de enero del 2013 días en que finalizó el experimento. Se tomaron muestras de tres puntos del contenedor de manera que la cantidad de estiércol sumara 80ml, de esta muestra se contaban los cocones, esto se realizó con la ayuda de un vaso de precipitados realizándose con mucho cuidado para no exponerlos a la luz y evitar su deshidratación.



Imagen: Cocones de *Eisenia foetida*

### **5.8 conteo de lombrices adultas y jóvenes**

Como proceso final se realizó el conteo de lombrices adultas y jóvenes los días 11 y 12 de enero del 2013, por lo que cada contenedor era vaciado para contar las adultas y jóvenes que habían sobrevivido.

### **5.9 Análisis del humus líquido**

Con las diferentes humedades evaluadas que fueron 4, 7, 10 y 13 Cb en los diferentes tratamientos durante los tres meses que duró el experimento, solo se obtuvo liquido en el tratamiento de 4 y 7 Cb por lo que el día 7 de enero del 2013 se colocó un litro de agua a cada garrafón para que se filtrará el líquido

realizando lo mismo el 10 de enero, pero solo se agregaron 800mm de agua a los garrafones de esta forma dependiendo de los tratamientos se obtuvieron diferentes cantidades de líquido y así poder analizar tanto el pH, CE, coloración y olor final del líquido que como bien se ha manejado entre más obscuro sea el líquido y menor olor tenga este será de mejor calidad.

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, con 14 tratamientos y 3 repeticiones y se empleó la prueba de Duncan, con el paquete estadístico SPSS, con un total de 42 unidades experimentales de manera que los tratamientos se establecieron de la siguiente manera.

Tabla 2: Tratamientos establecidos durante el experimento tomando en cuenta el tamaño y humedad del sustrato así como el número de lombrices utilizadas en cada contenedor.

Tratamientos	Tamaño (mm)	Humedad Cb	No. De lombrices
1	6	7	35
2	6	7	45
3	6	10	35
4	6	10	45
5	10	7	35
6	10	7	45
7	10	10	35
8	10	10	45
9	2	7	35
10	Grande	10	45
11	6	4	35
12	6	13	45
13	10	7	25
14	10	10	55

Las variables a evaluar fueron: Cantidad de ácidos fúlvicos, pH, conductividad eléctrica, cantidad de humus líquido, densidad poblacional de las lombrices (contando las lombrices adultas y jóvenes) y número de cocones.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Conductividad eléctrica

En el proceso de precomposteo se pudo observar que a medida que el tiempo transcurre la C.E comienza a disminuir en todos los tratamientos, tal como se observa en la tabla número tres; en los tres muestreos el tratamiento que presentó mayor C.E fue el de 2mm, una de las razones del porqué tan alta conductividad podría deberse a que a menor tamaño, las partículas están más unidas por lo que hay poca liberación de sales; además de que por su tamaño pequeño el agua no se filtraba al realizar los riegos provocando un estancamiento.

Tabla 3: Promedios de la conductividad eléctrica de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	MUESTREOS DE LA C.E		
	17-sep-12	21-sep-12	28-sep-12
1. 6mm-7Cb-35L	7,9	5,3	5,1
2.6mm-7Cb-45L	9,5	7,7	5,6
3.6mm-10Cb-35L	7,7	5,4	5,4
4.6mm-10Cb-45L	9,6	6,3	4,4
5.10mm-7Cb-35L	12,8	6,7	6,3
6.10mm-7Cb-45L	11,4	6,9	6,5
7.10mm-10Cb-35L	9,6	6,7	6,6
8.10mm-10Cb-45L	13,6	8,7	7,7
9. 2mm-7Cb-35L	15,6	9,7	9,1
10. Grande-10Cb-45L	7,6	6,0	5,9
11. 6mm-4Cb-35L	11,6	8,3	6,9
12. 6mm-13Cb-45L	8,4	8,4	5,5
13. 10mm-7Cb-25L	10,9	9,6	8,2
14. 10mm-10Cb-55L	9,1	8,2	6,8

CE= Conductividad eléctrica; mm=milímetros; Cb=Centibares; L=Lombrices.

## **6.2 pH del lixiviado del estiércol.**

El valor de pH del estiércol debe estar comprendido entre 6,8 y 7,2 en el experimento se tomaron tres muestreos, en el precomposteo y dos del líquido de lombriz obteniéndose los siguientes resultados. En los muestreos del lixiviado del estiércol la diferencia entre muestreos es poca, pero se puede observar claramente que entre el primero y segundo muestreo el pH aumentó, esto es normal ya que durante la maduración del estiércol se eleva el pH y para el tercer muestreo presentó una disminución y esto se observó en todos los tratamientos (tabla cuatro), datos similares fueron encontrados por Gutiérrez (2007) quien durante un mes estabilizó el estiércol a un pH 8.9 a 9.3 en sus diferentes tratamientos, por otro lado los rangos de pH entre los tratamientos fueron diferentes y esto no afectó la viabilidad de las lombrices, datos que coinciden con el estudio realizado por Manh (2003), el cual señala que el máximo pH que adquirió el sustrato fresco de bovino fue de 8.14, las lombrices sobrevivieron y en el sustrato de aves de corral con un pH de 7.29, el cual afectó completamente la viabilidad de la lombriz californiana. Por su parte, Santamaría et al. (2002), concluyen que en pH, de más 9.5 las lombrices no se reproducen y mueren.

Tabla 4: Promedio del pH del estiércol en el precomposteo de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	PH DEL ESTIERCOL		
	17-sep-12	21-sep-12	28-sep-12
1. 6mm-7Cb-35L	7,00	8,40	7,30
2.6mm-7Cb-45L	6,80	8,40	7,30
3.6mm-10Cb-35L	7,00	8,30	7,30
4.6mm-10Cb-45L	6,90	8,40	7,40
5. 10mm-7Cb-35L	6,80	8,30	7,50
6. 10mm-7Cb-45L	6,90	8,30	7,30
7. 10mm-10Cb-35L	6,80	8,30	7,40
8. 10mm-10Cb-45L	6,50	8,20	7,30
9. 2mm-7Cb-35L	6,90	8,20	7,30
10. Grande-10Cb-45L	6,80	8,00	7,50
11. 6mm-4Cb-35L	6,60	8,36	7,30
12. 6mm-13Cb-45L	6,90	8,40	7,30
13. 10mm-7Cb-25L	6,80	8,20	7,3
14. 10mm-10Cb-55L	6,70	8,20	7,3

mm=milímetros; Cb=Centibares; L=Lombrices.

### 6.3 pH del humus líquido de lombriz

El pH del humus líquido de lombriz entre el primero y el segundo muestreo disminuyó, resultado que coincide con el estudio realizado por Fernández (2003), el cual menciona que esta disminución se debe al riego y lavado del sustrato. Existen una diferencia numérica entre los tratamientos y el tratamiento 14 fue mejor ya que es el que presenta menor pH tanto en el primero como en el segundo muestreo debido a que un lixiviado de lombriz entre más se acerque a un pH neutro lo hace sumamente adecuado para ser usado con plantas delicadas (Tabla cinco).

Tabla 5: Promedios del pH del humus líquido de lombriz en los diferentes tratamientos, para dos fechas de muestreos.

TRAMIENTOS	PH DEL LIQUIDO DE LOMBRIZ	
	07-Ene-13	10-Ene-13
1. 6mm-7Cb-35L	8,36	8,35
2.6mm-7Cb-45L	8,63	7,97
3.6mm-10Cb-35L	8,27	7,96
4.6mm-10Cb-45L	8,39	8,30
5. 10mm-7Cb-35L	8,43	8,32
6. 10mm-7Cb-45L	8,83	8,59
7. 10mm-10Cb-35L	8,45	8,10
8. 10mm-10Cb-45L	8,74	8,42
9. 2mm-7Cb-35L	8,41	8,40
10. Grande-10Cb-45L	7,65	7,60
11. 6mm-4Cb-35L	9,27	8,20
12. 6mm-13Cb-45L	7,90	7,90
13. 10mm-7Cb-25L	8,30	8,17
14. 10mm-10Cb-55L	7,60	7,50

mm=milímetros; Cb=Centibares; L=Lombrices PH=Potencial de hidrogeno.

#### 6.4 Temperatura

La temperatura es un parámetro fundamental en la transformación biológica de la materia orgánica, el rango ideal para el buen desarrollo de la lombriz (agente transformador) es de 15°C a 25°C. *Eisenia foetida* vive sin problemas en ambientes con temperatura de 10 y 25°C; a <10°C y temperaturas >30°C, no hay producción de cápsulas. En cuanto a la fecundidad, se reporta que bajo temperaturas controladas de 15°C, 20°C y 25°C, eclosionan 2.6, 3.1 y 2.7 lombrices por cápsula respectivamente, por lo que la temperatura óptima es de 20°C.

Por ello, en el precomposteo la temperatura se evaluó durante cuatro semanas tomando en cuenta los tres tamaños de partículas (10mm, 6mm y 2mm) y el testigo que consistió en tomar el estiércol del establo sin tamizar, lo que se pretendía era observar cómo influye el tamaño de partículas en la temperatura.

La figura uno muestra como a través del tiempo la temperatura disminuye, resultados similares fueron encontrados por López et al (2003) que analizó la temperatura del estiércol durante seis semanas y observó que la temperatura descendía a través del tiempo.

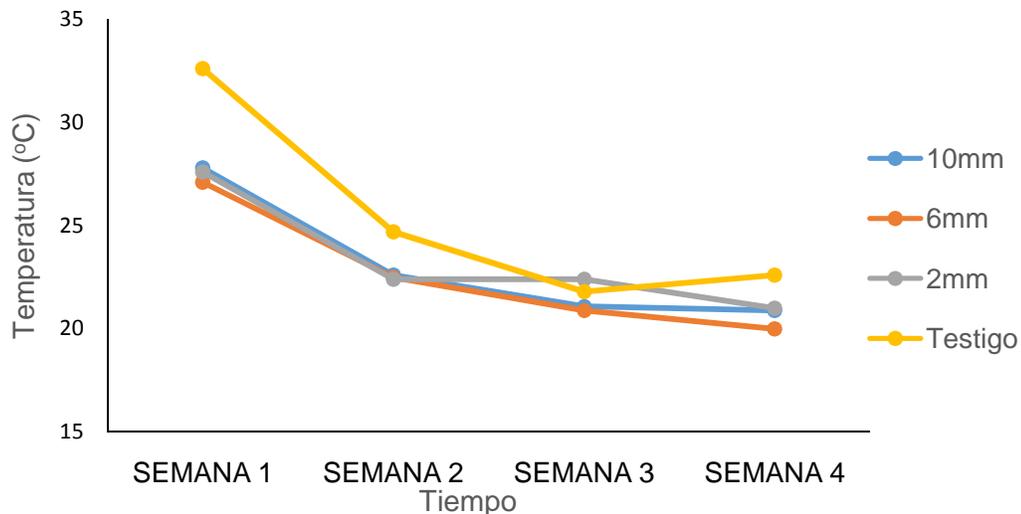


Figura 1: Fluctuación promedio de las temperaturas por semanas de los diferentes tamaños de partículas en el precompostado.

### 6.5 Número de cocones

Cuando inició el establecimiento de las lombrices se comenzó con cero cocones, pero cuando se realizó el primer muestreo a los 20 días después de la inoculación todos los tratamientos a excepción del siete y nueve ya presentaban al menos un cocón, resultados diferentes fueron obtenidos por Gutiérrez (2007) señalando que en el primer muestreo todos los tratamientos tenían más de 6 cocones; el tratamiento que presentó mayor número de cocones fue el 11 superando al testigo en un 12.5% el cual tenía un sustrato de 6mm, humedad de 4Cb y con una población de 35 lombrices y de acuerdo con la comparación de medias existe una diferencia altamente significativa (0.01) dichos datos se puede observar en la tabla seis.

En el segundo y cuarto muestreo se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos donde el testigo fue superado con un 1112% y 175.5% respectivamente por el tratamiento 11 y los tratamientos más bajos fueron el 7 y 9; en cuanto al tercer muestreo no hay significancia estadística entre los tratamientos, pero si hay una diferencia numérica donde el tratamiento 11 y 3 superan al testigo en un 151.5%.

Tabla 6: Comparación de medias, Coeficiente de variación y significancia estadística correspondiente a número de cocones encontrados en cuatro muestreos.

Tratamientos	FECHAS DE LOS MUESTREOS DE COCONES			
	26-oct-12	23-nov-12	13-dic-12	11-ene-13
1. 6mm-7Cb-35L	1,33 CD	3,00 AB	1,00 A <sup>Z</sup>	1,66 B
2.6mm-7Cb-45L	3,33 ABC	1,66 AB	1,00 A	2,00 B
3.6mm-10Cb-35L	1,33 CD	0,66 AB	1,66 A	1,33 B
4.6mm-10Cb-45L	0,33 CD	2,33 AB	1,33 A	2,00 B
5. 10mm-7Cb-35L	0,00 D	0,33 B	0,66 A	0,33 B
6. 10mm-7Cb-45L	0,66 CD	0,33 B	0,33 A	1,00 B
7. 10mm-10Cb-35L	0,00 D	0,33 B	0,00 A	0,00 B
8. 10mm-10Cb-45L	1,66 CD	0,33 B	0,00 A	1,33 B
9. 2mm-7Cb-35L	0,00 D	0,33 B	0,33 A	0,00B
10. Grande-10Cb-45L	5,33 AB	0,33 B	0,66 A	2,66 AB
11. 6mm-4Cb-35L	6,00 A	4,00 A	1,66 A	7,33 A
12. 6mm-13Cb-45L	0,66 CD	1,00 AB	0,66 A	2,00 B
13. 10mm-7Cb-25L	0,66 CD	0,33 B	0,00 A	1,66 B
14. 10mm-10Cb-55L	2,66 BCD	1,00 AB	1,66 A	4,66 AB
C.V = %	135,911	163,487	144,804	149,389
S.E	**	*	NS	*

Z=Medias con la misma letra son iguales de acuerdo con la prueba de Duncan a una  $P \leq 0.01$ ; C.V=Coeficiente de variación; S.E=Significancia estadística; \*= Poco significativo; \*\*=Altamente significativo; NS= No significativo; mm=milímetros; Cb=Centibares; L=Lombrices

En la figura dos se puede observar como en los cuatro muestreos realizados el número de cocones presentó grandes fluctuaciones entre tratamientos y entre fechas de muestreos; en el tratamiento uno del segundo muestreo, el número

de cocones aumentó y para el tercero disminuyó; esto debió ser porque las lombrices salieron de los cocones y para el cuarto muestreo el número de cocones volvió a aumentar.

Por otro lado se puede observar que el tratamiento 11 fue superior en todos los muestreos y que produjo un total de 35 cocones tomando en cuenta todos los muestreos y el tratamiento que produjo menos cocones fue el siete produciendo un cocón en todo el experimento obtenido en el muestreo dos.

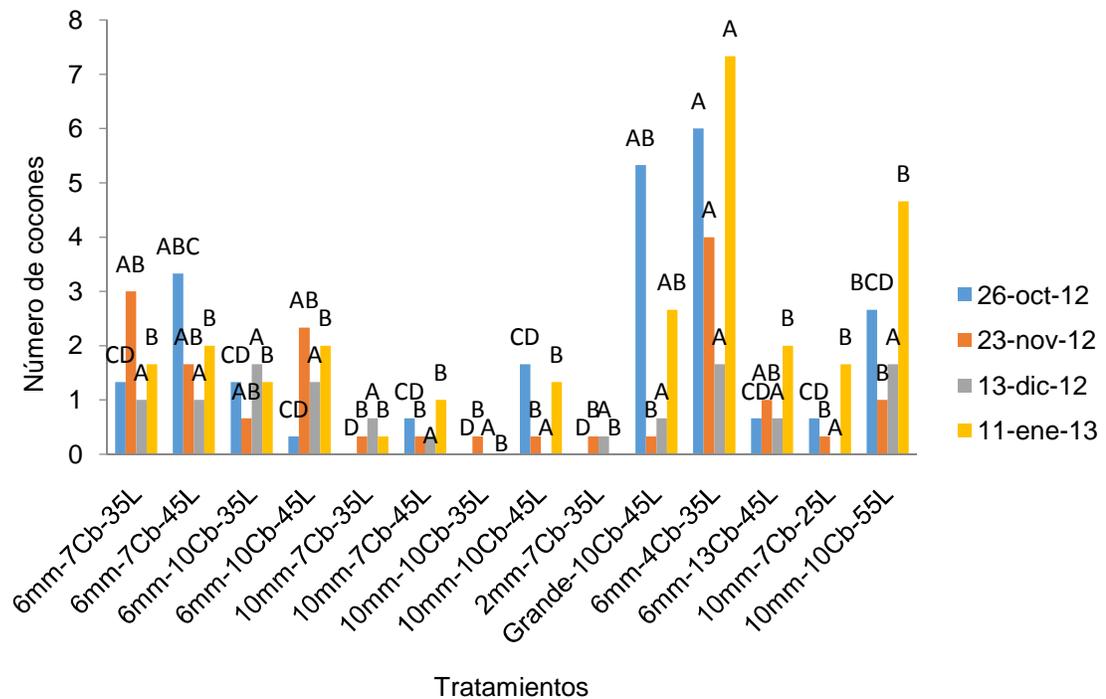


Figura 2: Número de cocones de los tratamientos en cuatro muestreos.

### 6.6 Número de lombrices adultas

El análisis de varianza y comparación de medias demostró que el testigo presentó mayor número de lombrices adultas; datos diferentes fueron encontrados por Rodríguez (2000) quien observó que su testigo era inferior al resto de sus tratamientos el cual tenía un tamaño de partícula de 2cm. Por otro lado, el que produjo menos adultas fue el tratamiento 13 esto podría deberse a

que en el solo se colocaron 25 lombrices siendo uno de los tratamientos con menos población; observándose una diferencia altamente significativa entre los tratamientos (tabla siete).

### **6.7 Número de lombrices jóvenes**

Otra variable importante en la densidad poblacional es el número de lombrices jóvenes donde se puede observar que los mejores tratamientos fueron el 3, 4 y 11 superando al testigo en un 2700%, 2726.6% y 2793.2% respectivamente, aunque en estos tres tratamientos no hay diferencia estadística, si hay una diferencia numérica ya que el tratamiento tres fue superior con una media de 145, esto podría deberse a que estos tratamientos tiene las condiciones adecuadas para que las lombrices pequeñas sobrevivieran, en el caso del tratamiento 11 pudo deberse a que es la humedad idónea; estos resultados son opuestos a los resultados encontrados en la producción de cocones debido a que a mayor producción de cocones debería encontrarse mayor número de jóvenes y aquí se demostró todo lo contrario; los peores tratamientos fueron el siete y el testigo produciendo cero y cinco lombrices como media respetivamente esto ocurrió debido a que en el tratamiento siete se utilizó la partícula de 2mm siendo está muy pequeña para el desarrollo de las lombrices pequeñas, ya que hay menos oxígeno y en el testigo se utilizó un sustrato sin tratar por lo que para las lombrices jóvenes este era demasiado grande. En esta variable hay una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

### **6.8 Humus liquido de lombriz**

El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva en forma de excretas que ejerce este pequeño anélido sobre la materia orgánica que consume. Aunque como abono orgánico puede decirse que tiene un excelente valor en macro nutrientes, también habría que mencionar la gama de compuestos orgánicos presentes en él, su disponibilidad en el consumo por las plantas, su resistencia a la fijación y al lavado. El Humus de Lombriz líquido contiene la concentración de los elementos solubles más importantes presentes

en el humus de lombriz (sólido), entre los que se incluyen los humatos más importante como son: los ácidos húmicos y fúlvicos, entre otros.

En cuanto a la cantidad de líquido obtenido el mejor tratamiento fue el 11 superando al testigo en un 47.14% y el peor fue el nueve que consistía en un tamaño de partículas de 2mm, 7Cb y 35 lombrices; datos similares fueron encontradas por Fernández (2003) quien señala que a menor tamaño de partículas menor cantidad de líquido lixivia; esta variable presenta una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

Como se puede observar existe una relación entre las variables ya que en el tratamiento 11 produjo mayor número de cocones por lo tanto presentó mayor número de lombrices jóvenes y lixivió mayor cantidad de líquido además su mortalidad fue poca, en cuanto al tratamiento más bajo fue el siete el cual produjo un solo cocón en el experimento y no se obtuvo ni una sola lombriz joven.

Tabla 7: Comparación de medias de las variables número de lombrices adultas, jóvenes transformadas y cantidad de líquido producido en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	No. De lombrices adultas	No. De lombrices jóvenes	Líquido (ml)
1. 6mm-7Cb-35L	6,360 A	10,442 ABC	503,33 B
2. 6mm-7Cb-45L	7,054 A	10,918 ABC	400,00 EF
3. 6mm-10Cb-35L	6,368 A	12,071 AB	420,00 DEF
4. 6mm-10Cb-45L	7,545 A	12,381 AB	370,00 F
5. 10mm-7Cb-35L	6,593 A	3,054 D	416,66 DEF
6. 10mm-7Cb-45L	6,642 A	4,178 D	370,00 F
7. 10mm-10Cb-35L	5,800 AB	1,000 D	433,33 CDE
8. 10mm-10Cb-45L	7,452 A	4,753 CD	366,66 F
9. 2mm-7Cb-35L	6,155 AB	3,309 D	303,33 G
10. Grande-10Cb-45L	7,615 A	2,291 D	466,66 BCD
11. 6mm-4Cb-35L	6,432 A	12,690 A	686,66 A
12. 6mm-13Cb-45L	6,820 A	6,727 ABCD	483,33 BC
13. 10mm-7Cb-25L	4,526 B	3,549D	670,00 A
14. 10mm-10Cb-55L	6,860 A	6,163 BCD	523,33 B
C.V = %	17,574	72,904	24,237
S.E	*	**	**

Z=Medias con la misma letra son iguales de acuerdo con la prueba de Duncan a una  $P \leq 0.01$ ; C.V=Coeficiente de variación; S.E=Significancia estadística; \*= Poco significativo; \*\*=Altamente significativo; NS= No significativo; mm= milímetros; ml= mililitros; Cb=Centibares; L=Lombrices

## 6.9 Evolución de los ácidos fúlvicos

Los ácidos fúlvicos es la fracción húmica que permanece en la solución acuosa acidificada; soluble en ácidos y bases. Es de color pardo amarillento, de menor peso molecular y posee cerca de 43 a 52% de Carbono.

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que en el primer muestreo el mejor tratamiento fue el cinco superando al testigo en un 4.5%, en el segundo muestreo el tratamiento ocho superó al testigo con un 3.29% y en el último muestreo el tratamiento cinco volvió a ser superior en un 3.7%.

Tabla 8: Cantidad de ácidos fúlvicos producidos en los tratamientos, de tres muestreos diferentes.

Tratamientos	Cantidad de ácidos fúlvicos (mg/L)		
	5/Oct/12	05/Nov/12	05/Dic/12
1. 6mm-7Cb-35L	0,4748	0,4864	0,4864
2.6mm-7Cb-45L	0,4710	0,4844	0,4673
3.6mm-10Cb-35L	0,4805	0,4767	0,4825
4.6mm-10Cb-45L	0,4692	0,4692	0,4825
5. 10mm-7Cb-35L	0,4924	0,4583	0,4904
6. 10mm-7Cb-45L	0,4673	0,4805	0,4805
7. 10mm-10Cb-35L	0,4844	0,4710	0,4729
8. 10mm-10Cb-45L	0,4767	0,4924	0,4673
9. 2mm-7Cb-35L	0,4786	0,4825	0,4767
10. Grande-10Cb-45L	0,4710	0,4767	0,4729
11. 6mm-4Cb-35L	0,4748	0,4786	0,4748
12. 6mm-13Cb-45L	0,4748	0,4767	0,4673
13. 10mm-7Cb-25L	0,4844	0,4729	0,4767
14. 10mm-10Cb-55L	0,4805	0,4748	0,4767

mg/L= miligramos por litro.

En la figura tres se puede observar cómo se presentan las fluctuaciones de ácidos fúlvicos; en algunos tratamientos tiende a subir tal como sucedió en el tratamiento seis, ya que entre el primero y el segundo muestreo sube y para el tercero no presenta cambios. En el caso del tratamiento cinco el cambio que dio entre el primero y segundo muestreo es enorme ya en el primero fue superior a

todos los tratamientos y en el segundo fue el más bajo y para el tercero vuelve a subir superando al testigo.

Datos diferentes fueron encontrados por Fernández (2003) quien obtuvo diferencias significativas entre sus tratamientos además de que el nivel ácidos húmicos y fúlvicos a través del tiempo tendió a elevarse algo que en este experimento no sucedió.

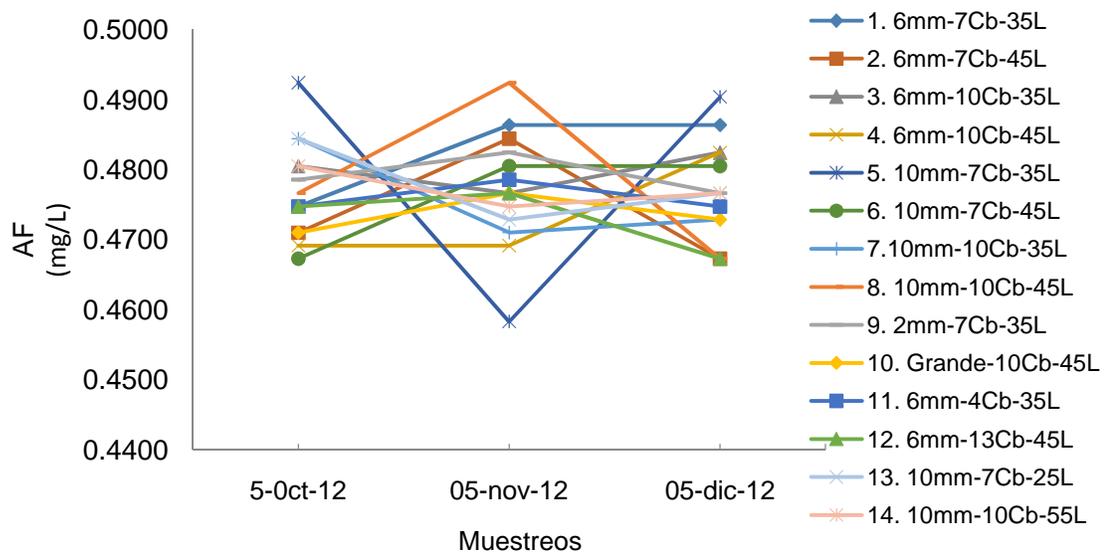


Figura 3: Comportamiento de los ácidos fúlvicos de todos los tratamientos en tres fechas de muestreos diferentes.

## 7. CONCLUSIÓN

Con base a los resultados se puede concluir que a mayor tamaño del sustrato la temperatura es mayor por lo que la estabilización de esta en el precomposteo tarda más. La temperatura al igual que en el pH y C.E se puede observar un descenso a través del tiempo.

El pH y la C.E juegan un papel muy importante en el sustrato y en el crecimiento poblacional debido a que la buena calidad del alimento brindará el éxito en la crianza de lombrices. Si el alimento es de óptima calidad, se asegura la rápida producción y la transformación del sustrato, aumentando con ello el desarrollo y cantidad de lombrices en un corto tiempo.

Para el tamaño del estiércol es mejor el de 10mm y el número de lombrices por metro cuadrado dependerá con que velocidad se desea el humus ya que a mayor número de lombrices más rápido se obtendrá el humus, sin embargo la densidad poblacional que más funciono fue la de 614 lombrices por metro cuadrado, pero si lo que se pretende obtener es el humus solido lo conveniente es utilizar más lombrices.

En cuanto a la humedad la conveniente a utilizar es el de 4Cb ya que con esta humedad las lombrices produjeron cocones a corto tiempo y a mayor cantidad que el resto de los tratamientos.

## 8. SUGERENCIAS

1. Si se desea un sustrato más pequeño que el producido en el establo, tamizar a un tamaño mayor de 6mm para que no sea muy laborioso, pero sobre todo para evitar la muerte de lombrices.
2. No colocar graba ni tela en el fondo del sustrato porque las lombrices pequeñas se mueren al quedar atrapadas en esta, además así se puede drenar fácilmente.
3. Si se desea evaluar la humedad esperar que el tensiómetro marque la humedad deseada y después colocar las lombrices.
4. Tomar valores de humedad menores a 7Cb para obtener líquido en el experimento y no esperarse hasta el final, ya que con valores más altos no hay lixiviación.
5. En cuanto al conteo de cocones considerar muestras de mayor tamaño para tener valores más reales.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alas, R.R.C. y Alvarenga. H. 2002. Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*Eisenia foetida*). Tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo. Universidad De El Salvador Facultad De Ciencias Agronómicas Departamento De Fitotecnia. 102pp.
- Capulin, G. J., Caballero, L.M., Sandoval, E. M. y Capulin, V. J. C. 2011. Estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. Rev. Chapingo Ser. Horticultura. 17 (2). México.
- Chango, A.D.A. 2007. Establecimiento de un plan de manejo sostenible para la producción de lombriz en el oriente Ecuatoriano (PUYO). Tesis para obtener el título de ingeniero zootecnista. Rio Bamba, Ecuador. 177pp.
- Chávez, C.C.R y A.E.U. Fuentes. 2013. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del lixiviado obtenido del estiércol de bovino utilizando *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). Tesis para optar al grado de licenciatura en química y farmacia. San Salvador, El Salvador. 127pp.
- Clavería, C.L. 2005. Estudio de factibilidad para producir harina a partir de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para ser utilizada en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala. Tesis para obtener el título de Ingeniero químico. Guatemala. 161pp.
- De Sanzo, C.A y Ravera, A. R. 2000. Como criar lombrices rojas californianas. Programa de autosuficiencia regional. Buenos Aires, Argentina. 41p.
- Díaz, R. F. 2002. Lombricultura una alternativa de producción. Monografía de la Escuela de agricultura y ganadería Estelí de Nicaragua. 57pp.

- Duran, L. y C. Henríquez. 2009. crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. Revista Agronomía Costarricense. 33(2): 275-281. Costa rica.
- Fernández, Z.M. 2003. Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz. Santiago, Chile, 52 pp.
- Fuentes, Y.J.L. 1997. La crianza de la lombriz roja. Hojas de divulgación. Madrid, España.
- Garavito, N.J., P. Morales, y A. Chávez. 2002. Descripción de metodologías del sistema de lombricultura para gestión de residuos sólidos orgánicos. Colombia. 21pp.
- Gómez, M.L. 2008. Manual de lombricultura. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 39pp.
- GRAMA, 2004. Manual de vermicompostaje.
- Gutierrez, V.H. 2007. Dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida* en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. Volumen VIII Número 6.
- Hernández, H.M.I. 2010. Mujeres y lombricultura, capacitación en el barrio de Tlala, Calnali, Hidalgo. Memoria para obtener el título de Técnico superior Universitario en Agrobiotecnología. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. 41pp.
- López, C.R., Gallegos, D.T.A., Peña, C.E., Reyes, L.A., Castro, F.R y Chávez, G.J.S. 2006. Substancias húmicas de origen diverso en algunas propiedades físicas de un suelo franco arcilloso limoso. Revista Terra Latinoamericana. Volumen 24, No. 3. 303-309 pp.
- López, J. M., Hernández, S.M y Elorza, M.P. 2003. Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisenia andrei Savigni*). Revista UDO Agrícola 3 (1): 12-16.

- López, R.J. y López, M.J. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Editorial Mundi-prensa. 4ª edición. España.
- Manh C. T. "Effects of different substrates and levels of seeding on reproductive rate of earthworms". 2003. From MEKARNMini-projects.15(5).
- Medina, J.D. 2005. Manejo de estiércol de ovino mediante dos especies de lombriz (*Eisenia foetida*) y una nativa. Tesis para obtener el título de médico veterinario zootecnista. Morelia, Michoacán. 60 pp.
- Minta, V.M.F.2010. Evaluación de diferentes densidades de siembra de lombrices en la reproducción de abono orgánico casting. Para obtener el título de ingeniero zootecnista. Riobamba, Ecuador. 82pp.
- NATURLAND. 2005. Vermicompost un abono de alta calidad para mejorar la fertilidad del suelo. 23pp.
- Peña, T.L., Carrión, R., Martínez, F. Rodríguez., Rodríguez, N.A y Companioni, N.C. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. Habana, Cuba. 65pp.
- Pérez, A.M.A. 2010. Comportamiento de diseño de *Eisenia foetida* bajo diferentes densidades de población y tipos de alimento. Tesis para obtener el título de ingeniero Agrónomo. Salvador. 64pp.
- Pineda, R.J.A. 2006. Lombricultura. Honduras. Compañía editorial UAP-PASOLAC-Honduras Feliciano Paz. 38pp.
- Ruiz, M.M. 2011. Taller de elaboración de lombricomposta. Universidad Iberoamericana. México, D.F. 23pp.
- SAGARPA. 2000. Lombricultura. Ficha técnica Estado de México. 8 pp.
- Sánchez, H.Z.E. 2009. Propuesta para el tratamiento de metales pesados en lodos residuales de origen urbano, utilizando vermicomposteo. Tesis para

obtener el título de Maestro en tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional. Altamira, Tamaulipas. 137pp.

Santamaría, R. S. y Ferrera, C.R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. Terra. 20 (3):303-310.

Shunico, S.H.M. 2011. Evaluación de cuatro diferentes sustratos en la producción de vermiabono utilizando *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). En Cantón Cruz grande, Izalco, sonsonate. Tesis para optar al grado de licenciatura en química y farmacia. San Salvador, El Salvador. 119pp.