

1. INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una práctica que está en armonía con la naturaleza, ya que se encarga de reciclar y transformar los desechos orgánicos produciendo abono natural, lo cual permite mejorar las condiciones físico químicas de los suelos; esta actividad acelera en forma significativa el retorno de los desechos orgánicos los cuales son aprovechados por las plantas, transformando los suelos áridos en suelos productivos; pues este tipo de alimento aumenta su fertilidad natural.

Esta técnica ha despertado interés en países como Estados Unidos, Italia, Argentina, Cuba y Francia, los cuales están procesando grandes cantidades de desechos orgánicos, generando abonos de excelente calidad, los cuales ayudan a evitar el uso indiscriminado de fertilizantes químicos. La técnica de la lombricultura es una alternativa viable eficiente y amigable al medio ambiente, con bajos costos de inversión. La transformación de estos residuos orgánicos produce beneficios mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, permeabilidad, Intercambio Catiónico (Cerdas, C. 1996).

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 (Alas Alvarenga, 2003). 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 (INTA EEA 2003). La práctica comprueba que el alimento que pasa por su cuerpo, es transformado, llegando a tener alimentos asimilables por la planta, 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 11 veces más potasio, dos veces más calcio y dos veces más magnesio que un suelo común, (Manual de lombricultura, Chile 1993).

En el país no existen investigaciones con *Eisenia foetida* sobre estudios de densidades de población, tipos de alimentación y si las hay son muy escasas, lo anterior obedece a que no existen programas a nivel de gobierno que motiven al desarrollo de este tipo de investigaciones, no existen líneas de trabajo por parte del Ministerio de Agricultura, a los agricultores que contemplan esta tecnología, la cual transforma el estiércol de bovino y conejo

en abonos orgánicos para la fertilización de cultivos.

Existe poco conocimiento de la población Salvadoreña en cuanto a la calidad y cantidad de proteína mediante la elaboración de harinas a base de *Eisenia foetida* para la alimentación animal y nutrición humana.

En la investigación se evaluaron cinco densidades poblacionales de lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, utilizando dos fuentes de alimentación en la producción de abono y carne de lombriz, con el fin de conocer cuál de las dos fuentes de alimentación y cual densidad de población incrementa la producción de lombriabono y pie de cría, permitiendo así un desarrollo auto sostenido de un sistema de producción, no contaminante ni destructivo de un sistema de producción donde se reemplace la explotación por manejo de los recursos.

Los objetivos de este estudio fueron los siguientes

Evaluar el efecto de cinco densidades de población y dos fuentes de alimentación de origen animal para la producción de lombriabono y carne en lombriz roja californiana.

Determinar cuál fuente de alimentación incrementa la producción de lombriabono y carne.

Identificar cual de las densidades en estudio es la más adecuada para la producción de Lombriabono y carne.

Evaluar la relación de cada tipo de alimentación con respecto a las densidades de población.

Evaluar la calidad del lombriabono y carne de lombriz determinando el porcentaje de los elementos, N, P, K, y cantidad de proteína presente respectivamente.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Antecedentes históricos de la lombricultura.

En la década de los 70, la Universidad Agrícola de California inicio, 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 (Cristales 1997).

Los principales países productores de lombricombono en América Latina son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador. Estos países cuentan con grandes explotaciones industriales de lombriz roja californiana (Cristales, 1997). 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).

2.2. Generalidades sobre la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*)

La lombriz de tierra presenta las siguientes características taxonómicas.

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

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

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. Esta 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.

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. Fuente, 1987.

Las lombrices han sido clasificadas ecológicamente de acuerdo con sus hábitos alimenticios, profundidad a la que se encuentran y al tamaño de los individuos. Con base en esta clasificación se define su función y participación en la mejora del suelo. Unas prefieren la capa arable y otras, capas más profundas, según el tipo de lombrices. (Cerdas, 1996). La respiración de la lombriz se realiza a través de su piel, a un cuando esta no se puede ver ni oír, es extremadamente sensible a los movimientos que se realizan alrededor de ella, reaccionando negativamente a la luz. (Cristales, 1997).

La clase anélida se divide en tres órdenes: Polychaeta, Oligochaeta e Hirudíneas.

Todos los anélidos se caracterizan por su marcado metamerismo; es decir la división del cuerpo en segmentos (anillos) o partes similares. 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. (Agroflor Lombricultura 1993).

Hay alrededor de 2000 especies de lombriz, la mayoría de ellas se encuentran en agua dulce y lugares terrestres húmedos, pesa 0.6 a 0.8 g. en estado adulto, mide 6 cm de longitud, consume

lo equivalente a su peso al día y expulsa un 60% como material unificado (Agroflor Lombricultura 1993).

Eisenia foetida come 4 a 7 veces diarias, de ahí la necesidad de mantener altos contenidos de materia orgánica en las camas de reproducción, esta característica la ubica como una especie con gran capacidad de trabajo, además por su alta reproductividad es común que actúen con una densidad poblacional de entre 40 y 50,000 individuos por metro cuadrado. Cerdas, C.M., 1996 menciona que densidades mayores reducen su capacidad de trabajo y su reproducción. Esta lombriz madura sexualmente entre las 10 y las 12 semanas, a partir de este momento se cruzan para el intercambio de esperma, luego de este periodo cada individuo por si solo empieza a liberar cápsulas, esto depende de las condiciones climáticas y de la calidad del alimento que consuman las lombrices, De cada cápsula pueden nacer entre 3 y 12 individuos.

2.2.1. Características Morfológicas y Fisiológicas.

Las lombrices tienen un cuerpo cilíndrico y alargado que consiste de dos tubos concéntricos: la pared del cuerpo y el tubo digestivo, separados por el celoma está dividido en segmentos llamados somitos y presentan una pared anterior y una posterior. El primer somito de la parte anterior es la boca, donde se encuentra el prostomio, estructura carnosa que sobresale delante de ella; el último segmento que se encuentra en la parte posterior, es el ano. Una lombriz adulta puede llegar a tener entre 40 y 250 somitos, el clítelo puede ubicarse entre los somitos 13 y 37 dependiendo de la especie, su función está directamente relacionada con la reproducción, la formación de cápsulas se da en el clítelo, como resultado de la secreción de una sustancia viscosa que permite proteger y transportar los huevos (Cerdas, C. 1996).

2.2.2 Características Morfológicas Externas.

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

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

Forma: el cuerpo es un tubo bilateral-mente 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 Inter segmentarios. 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).

2.2.3. Características Morfológicas Internas.

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

Faringe: es el primer compartimiento después de la boca

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

Glándulas de morren: su función es metabolizar el calcio. Están ubicadas en el esófago.

Intestino: se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ovisacos: seguidos al segmento que contiene el ovario.

Espermatecas: sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes (Pineda José Arnoldo/2006).

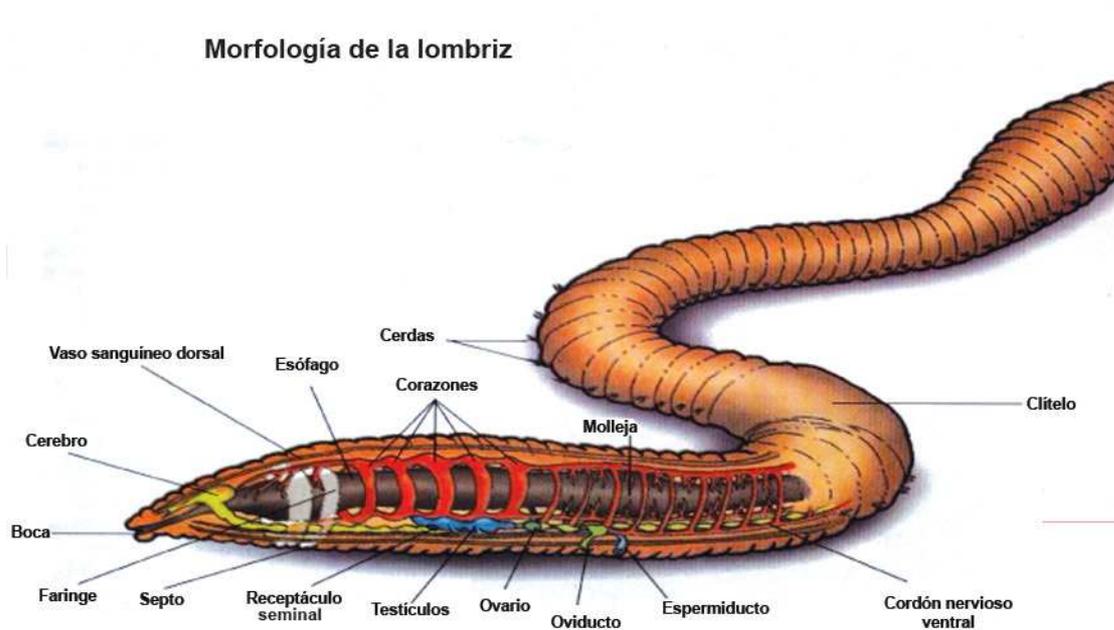


Figura 1. Superficie anteroventral de la lombriz de tierra.

Tomado de fuente: Aguilera López. (2004)

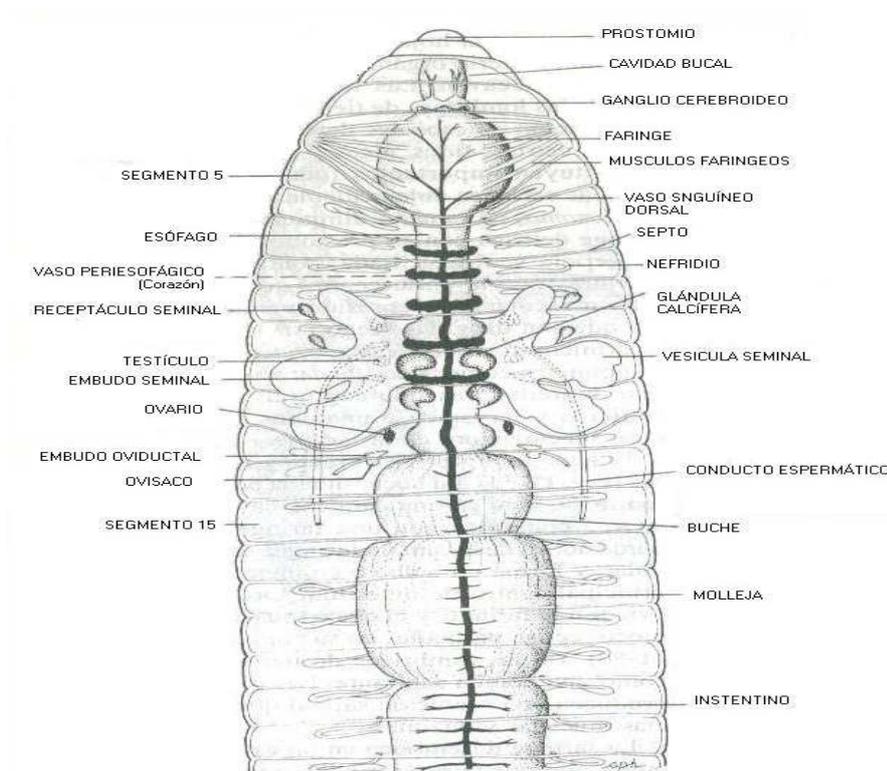


Figura 2. Vista dorsal de estructuras internas anteriores de la lombriz de tierra.

Tomado de fuente: Aguilera López. (2004)

2.2.4. Fisiología de la lombriz Roja Californiana.

Sistema Digestivo. Está formado por la boca. Que es una pequeña cavidad que se une con la faringe y en ella se lubrica el alimento que pasa posteriormente al esófago en el cual se encuentran las glándulas calcáreas, cuya función es excretar carbonato cálcico para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento, posteriormente se encuentran el buche y la molleja. En el buche se almacena el alimento y en la molleja se tritura, para ser digerido en el intestino donde ocurre la mayor parte de la digestión y la adsorción (Cerdas, 1996).

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

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

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

Sistema Respiratorio La respiración de las lombrices es cutánea la falta de un sistema circulatorio organizado permite que la sangre circule por capilares que se ubican junto a la cutícula húmeda de la pared del cuerpo, lo que favorece la absorción del oxígeno y la liberación de anhídrido carbónico. Por lo tanto, la respiración solo puede darse, con la cutícula húmeda, Cuando se expone una lombriz al sol, de la de respirar al irse secando y muere. Otra causa de muerte es la falta de oxígeno que se presenta en condiciones de saturación de agua, de inundación, por ejemplo, cuando hay precipitaciones altas. (Cerdas, 1996).

Sistema nervioso. Está formado por un cerebro, que a su vez lo integran dos ganglios suprafaríngeos existen dos conectivos que rodean 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 somito, que corresponde al ano. En cada somito se presenta un ganglio que se origina a partir del cordón nervioso ventral, del cual emergen tres pares de nervios laterales, de los cuales salen las fibras sensitivas y las fibras motoras; las primeras llevan impulsos de la epidermis al cordón nervioso y las segundas del cordón nervioso a los músculos y células epidérmicas (Cerdas, 1996).

Aparato neurosensorial. La lombriz carece de ojos, posee en la piel células fotosensibles; es sensitiva a la luz y al estar expuesta mucho tiempo a ella, muere. El sentido del tacto se encuentra en la epidermis y éste es el centro de los nervios.

Las células neurosensoriales le permiten percibir vibraciones que le provocan estrés y la hacen reaccionar a la temperatura. A lo largo de la epidermis hay nervios especializados en responder al PH. También posee órganos gustativos que le permiten distinguir diferentes tipos de alimento. (Cerdas, C. 1996).

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 sobre los carbohidratos. Aquí los alimentos son absorbidos por el torrente sanguíneo y los que no se pueden digerir son excretados por el ano.

La lombriz de tierra tiene dos estómagos; uno anterior de pared delgada y uno posterior de pared gruesa. (Cerdas, C. 1996).

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

Algunas especies representan partenogénesis uniparental, con autofecundación, que puede ser facultativa u obligada. La mayoría tiene reproducción biparental. La reproducción de la lombriz tiene lugar durante todo el año, cuando las condiciones son apropiadas los jóvenes alcanzan su madurez sexual a los tres meses; tiempo que coincide con la formación del clitelo, ocupando de 6 a 8 segmentos. Cada lombriz adulta puede depositar un huevo que eclosiona al cabo de 3 semanas y de éste emergen entre 2 y 20 estados juveniles, están listas para reproducirse, a los 3 meses. La lombriz tiene un promedio de vida de 16 años, aunque algunos autores confirman que *E. foetida* dura 4.5 años. (Cerdas, 1996).

Sistema Reprodutor masculino. El sistema reproductor masculino está conformado por dos pares de testículos ubicados entre los segmentos 10 y 11. Los espermatozoides producidos son almacenados en reservorios y vesículas seminales; de los cuales salen los embudos espermáticos en forma par y los llevan a través de dos conductos espermáticos a los poros masculinos, en la cara ventral del segmento 15, allí salen los espermatozoides durante la cópula Cuenta también con receptáculos seminales o espermáticos que son unos sacos que reciben el semen de la otra lombriz ubicada en los segmentos 9 y 10. (Cerdas, 1996).

Sistema Reprodutor Femenino. El sistema reproductor femenino está formado por dos pares de ovarios, ubicados entre los segmentos 13 y 14, su finalidad es la de producir óvulos, éstos son recogidos por embudos ovulares que los llevan por oviductos y salen a través de poros femeninos. La lombriz, durante la cópula, se sitúa en sentido opuesto, quedando unida por unas secreciones mucosas del clitelo ubicado en el segmento 32 al 37 y aquí se encarga de secretar sustancias que forman los capullos donde se alojan los huevos; y posteriormente se forman dentro de ellos, diminutos gusanos (Cerdas, 1996).

2.2.5. 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 J.A.2006).

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. (Pineda J.A.2006).

Reproducción y Apareamiento. La reproducción y el apareamiento lo 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. Este comportamiento lo refleja (Tineo, 1994 y Aranda, 1995).

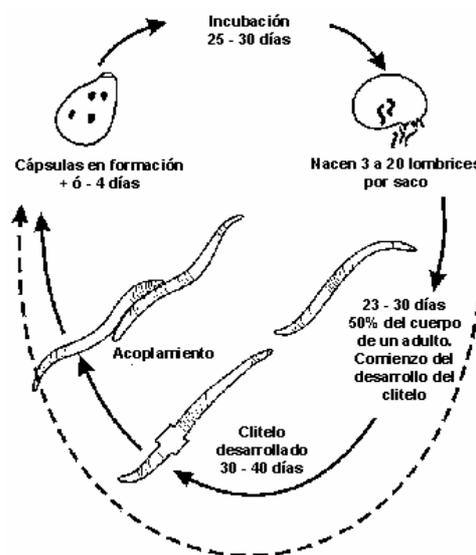


Figura 3. Ciclo reproductivo de la Lombriz (*Eisenia foetida*)

Tomado de fuente: Aguilera López. (2004)

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 una semana de la copulación del cuerpo de la lombriz tomando una consistencia dura al tener contacto con el aire.



Figura. 4 Capullos o cocones de *Eisenia foetida*

Longevidad. Las lombrices que nacen saliendo del capullo crecen de forma acelerada y en el periodo de 1 y 3 meses se encuentran sexualmente maduras para comenzar a reproducirse. Han sido reportadas longevidades entre 4,8 y 10 años, experimentalmente se han mencionado para *Eisenia foetida* una longevidad de 1000 días a 25°C (Ferruzzi, 1987 y Aranda, 1994).

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 (Aranda 1995 y Cristales 2000).

2.2.6. Características Biológicas.

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

Producción de capullos. 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 1. Condiciones óptimas para la reproducción de *Eisenia foetida*.

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

Tomado de Fuente: Escuela Nacional de Agricultura (ENA 1997)

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

Crecimiento. *Eisenia foetida* presenta una curva de crecimiento en forma de “S” su rango de crecimiento y el tiempo requerido para alcanzar la madurez es más rápido que el de otras

especies, en condiciones apropiadas de temperatura puede alcanzar su madurez sexual en 35 días y llegar a la mayor producción de capullos 70 días después del empollamiento (Cristales 1997).

Maduración. 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^3 , maduran a las 7 semanas, mientras que 16 individuos en el mismo volumen de sustrato maduran a las 10 semanas (Alvarenga 2002).

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

2.3. Importancia de la Lombriz de tierra (*Eisenia foetida*)

2.3.1. Importancia Ecológica. Es importante observar que el aumento de residuos y basura va en aumento, todas las grandes ciudades y proporcionalmente las pequeñas, tienen planteado el importante problema de la eliminación de los residuos urbanos, en los últimos años se han construido diversas instalaciones de incineración de basuras, para hacer frente a estas necesidades, pero estas soluciones tienen pocas 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 a sí como los fangos y lodos en fertilizantes orgánicos.

La explotación de las lombrices es absolutamente inodora, 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 23/36 horas posteriores a su introducción. (Ferruzzi, C., 1997).

2.3.2. Importancia de la Agricultura Orgánica.

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

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

2.3.3. 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 terreno donde se realice la explotación debe ser de topografía plana y con buen drenaje.

2.3.4. Importancia de la producción de carne de lombriz.

La carne de la lombriz es muy alta en proteína conteniendo alrededor del 64 al 82 %, esta calidad la hace apta para la alimentación de animales y aun para la alimentación humana.

La lombriz es utilizada ampliamente como carnada de pesca y se constituye un excelente cebo vivo, en cuanto a la utilización para la alimentación humana. La carne de lombriz es un recurso económico importante al tratarse de un alimento rico en proteínas y de fácil producción, se trata de una carne roja en la que se obtiene harina con un 73% de proteína y una gran cantidad de aminoácidos esenciales. La lombriz se emplea tanto en la alimentación humana como en la animal, aunque su riqueza mineral es inferior a las harinas de pescado y su contenido en fibra es muy reducido.(www.infoagro.com).

Cuadro 2. Contenido y Composición aminoácidos esenciales de la harina de carne de lombriz (*Eisenia foetida*).

AMINOACIDO	CONTENIDO (gr.de aminoácido por 100 g.de proteína)
Arginina	6.1 – 7.0
Cistina	1.4 - 4.2
Histidina	2.2 – 4.3
Isoleusina	1.2 – 6.6
Lisina	6.6 – 8.7
Metionina	1.5 – 6.3
Fenilalanina	3.5 – 4.6
Treonina	4.7 – 5.3
Triptófano	1.2 – 1.5
Tirosina	2.2 – 4.4
Valina	4.5 – 5.9

Tomado de Fuente: Escuela Nacional de Agricultura (ENA 1997)

2.4. Aspectos Generales de la producción y manejo de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*).

Ubicación. En principio la caja puede colocarse en cualquier parte preferiblemente en un lugar de fácil acceso para las normales operaciones de riego y distribución de comida. Desde esta perspectiva son aconsejables los garajes, las bodegas, los sótanos, los desvanes, los balcones y las ventanas, siempre que todos estos lugares estén suficientemente aireados y lejos de fuentes directas de calor o de frío. (Ferruzzi, 1996).

Temperatura. La temperatura considerada óptima para el desarrollo de las lombrices, oscila entre 18° a 25°C (su temperatura corporal es de 19-20°C). Cuando la temperatura desciende por debajo de 15°C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad. Van dejando de reproducirse y crecer, y los espermatozoides no eclosionan hasta que se presentan condiciones favorables. Temperaturas por encima de los 35°-40°C o por debajo de los 4°C le resultan mortales para el animal. (Ferruzzi, 1996).

Humedad. La humedad y la alimentación se consideran como los factores más importantes para las lombrices, estos animales no tienen un mecanismo de conservación de agua adecuada, no obstante que requieren de humedad en la pared corporal para su respiración y pierden mucha agua en la orina, sin embargo resisten la pérdida de agua de hasta un 75% como mecanismo de defensa; ante la falta de humedad, la lombriz reduce al máximo su superficie corporal, El agua también es importante en su sistema locomotor, ya que la presión hidráulica del líquido celomático no se da si el contenido de agua del cuerpo se reduce en más de 15%, la lombriz posee el 80 y 90% de su peso vivo. (Cerdas, C. 1996).

pH. El pH mide lo alcalino o ácido del sustrato. La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4, que se puede controlar mediante un peachimetro o un simple papel indicador. Fuera de esta escala, la lombriz tiene problemas. La preparación del sustrato debe hacerse, si es necesario, mediante fermentación aerobia. Esta fermentación es el resultado de la actividad de una serie de microorganismos de diferentes grupos. El tiempo que dure la fermentación depende del pH, humedad, temperatura y tipo de sustrato.

Luz. En la naturaleza, las lombrices de tierra se desplazan por las praderas a través de los túneles que excavan, buscando las zonas húmedas. Por eso, en periodos de lluvia intensa, es frecuente encontrarlas debajo de las piedras etc. La lombriz de tierra es fotofobia (huye de la luz del sol), pues los rayos ultravioleta las matan en pocos segundos. Poseen unos sensores en la epidermis, que les ayudan a detectar la procedencia de la luz y huir de ella a otro lado; la luz directa del sol aumenta la temperatura del medio, llegando a alcanzar temperaturas mortales si el animal no tiene posibilidad de huir (Cerdas, C. 1996).

2.5. Manejo de lombricultivo.

2.5.1. Sistema de siembra en cajas. El lombricultivo se inicia colocando una capa de 10 cm de zacate seco en el fondo de la estructura, posteriormente se coloca la lombriz encima con todo y sustrato y por ultimo se coloca una capa de 5 cm de alimento, de esta manera se asegura que la lombriz disponga de un medio para refugiarse si las condiciones del alimento no fuese las adecuadas

2.5.2. Alimentación. Las lombrices obtienen su nutrición de los microorganismos que crece en la materia orgánica, al mismo tiempo se promueve una actividad microbial mayor en los residuos que se producen, que son mucho mas fragmentados y activos microbialmente que la materia original consumida, es necesario que la calidad que se proporcionara del alimento sea la mejor, ya que con esto se lograra éxito en la crianza de lombrices, aseguramos la rápida reproducción del pie de criá cuando el alimento proporcionado es de optima calidad, aumentando con ello el desarrollo y cantidad de lombrices en un corto tiempo. Las características más importantes que deberá reunir el sustrato alimenticio son los siguientes: El valor del pH deberá ser entre 7.0 - 8.5; La humedad deberá tener entre 80 al 85 %; no proporcionar gallinaza como sustrato alimenticio; la materia orgánica debe ser biodegradable.

La selección del alimento dependerá en gran parte de la disponibilidad del mismo en el sitio de la explotación, este es uno de los factores que determinan la factibilidad y ubicación del lombricultivo. Se ha observado que es posible estimular la reproducción utilizando sustratos

diferentes. Se utilizan capas delgadas (máximo 5 cm.) esto se hace por las siguientes razones: se evita el calentamiento del sustrato cuando este se encuentra muy fresco, se facilita la aireación del cultivo, se asegura la transformación del material y mantener a las lombrices alimentándose en la parte superior.

Frecuencia y cantidad de alimento proporcionado. El mejor sistema de alimentación es el libre consumo, es decir proporcionar alimento de acuerdo a la demanda del mismo, se acostumbra proporcionar alimento de 1 a 2 veces por semana en capas no mayores de 5 cm., llevando con ello registros de alimentación del lombricultivo

Necesidades de humedad y frecuencia de riego. El alimento se prepara remojándolo antes de llevarlo a las camas de lombrices, remojándolo si es necesario, hasta que, estando totalmente humedecido, no drene, esto corresponde aproximadamente a un rango de 80 a 85 % de humedad, también se deben remojar las camas para conservar la humedad, los líquidos lixiviados se podrán utilizar como abonos foliares. (Cristales, O. 1997).

2.5.3. Enfermedades y plagas.

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

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

2.5.4 Cosecha.

La separación de la lombriz y la cosecha del lombrihumus se pueden hacer 2 a 4 veces por año, cuando el sustrato llega a la altura máxima de la cama, se suspende la alimentación y el riego durante una semana, para obligar a la lombriz a consumir todo el material que no se ha transformado, extendiendo en la semana siguiente una malla plástica sobre la cama y se alimenta de nuevo y una semana después se retira la malla con la capa superior donde ha subido la lombriz. Otra forma de separación manual consiste en colocar el producto cosechado sobre un plástico y exponerlo directamente al sol, de esta forma las lombrices se acomodaran en la parte inferior y siendo más fácil su separación. (Cristales, O. 1997).

2.6. 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 lignoproteica, 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 lombriabono 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 mas la humedad, debido a sus características higroscópicas, cualquier tierra infértil tratada con humus puede regenerarse y aprovecharse con plantaciones y cultivos,

en los anexos se detallan análisis de laboratorio que muestran los contenidos nutricionales del lombríabono

2.7. Tipos de sustratos para la alimentación de lombrices.

Generalidades. 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, esta debe tener un contenido en celulosa no inferior a un 20-25% en forma de paja triturada, papel o cartón; por ejemplo, normalmente, los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de pollos, gallinas, pavos y de aves en general no son aconsejables debido a su fuerte acidez ocasionada por la elevada temperatura de fermentación (90°C).

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

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

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

Estiércol de cabra. Este estiércol se presenta en forma de bolitas endurecidas por lo que se tendrá que humedecer para ser consumida por las lombrices, los valores nutritivos son 2.0 de nitrógeno, 1.5 de fósforo y 2.1 de potasio (Alas, R; Alvarenga, H. 2002) tomado de (Clark,2001; Ruiz, 1999).

Bagazo de caña. Se obtiene en grandes cantidades en los ingenios azucareros después de la extracción del azúcar de la caña. Actualmente se emplea como combustible en los ingenios donde se procesa la caña, la melaza juntamente con el bagazo se puede mezclar y al ser manipulado con otros productos, para ser utilizados en la alimentación animal. El bagazo de caña contiene los siguientes valores nutritivos 7% de proteína cruda, 1.12% de nitrógeno, 0.15% de calcio y .07% de fósforo, (Alas, R; Alvarenga, H. 2002 tomado de (Clark, 2001; Ruiz, 1999).

Cáscara de plátano. El uso de cáscara de plátano como sustrato, podría ser una alternativa a acorto plazo para utilización eficiente de los desechos, esto tomando en consideración los hábitos alimenticios y de conversión de la lombriz domestica, la cáscara de plátano muchas veces presentan un problema por su acumulación debido a que no hay forma adecuado de aprovechar estos desperdicios.

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

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

2.8. Resultados de experiencias en tipos de alimentación y densidades en *Eisenia foetida*

Coward, J.; Alvarado G.; Briceño J.; 1996 evaluaron la eficiencia del vermicomposteo usando cuatro densidades poblacionales iniciales 45, 60, 75 y 90 mil lombrices / m³ de (*Eisenia foetida*) en la Pulpa de café como alimento para lombrices, los resultados muestran

que la utilización de lombrices es favorable en la descomposición y mineralización de la pulpa de café, recomendando utilizar la menor densidad (45,000 lombrices / m³) por ser económicamente más favorable. El producto lombricompost se usó en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae*) como planta indicadora para evaluar la germinación, longitud del tallo y raíz al momento del trasplante; demostrando que la mayor longitud del tallo y raíz de las plántulas en la germinación favoreció el desarrollo inicial de las plantas, debido a que se mejora la estructura del medio de crecimiento y el aporte de nutrimentos.

Ángel, C; Meléndez, O; Morales, M. 1997; realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento reproductivo y cantidad proteica de la lombriz (*Eisenia foetida*) alimentada con diferentes sustratos provenientes de desechos orgánicos, T1 (Estiércol de bovino), T2 (Pulpa de café), T3 (Cáscara de plátano), T4 (Bagazo de caña) y T5 (Gallinaza). Los resultados obtenidos demostraron que el estiércol de bovino (T1), presento los mejores resultados como sustrato alimenticio para el aumento reproductivo y contenido proteico de las lombrices de tierra, además de presentar un mayor beneficio al compararlo con los demás tratamientos en estudio, por lo que se recomendó a los productores que se dedican a la explotación de lombrices.

Alas, R y Alvarenga, H. 2002; evaluaron siete tipos de sustratos de origen animal y vegetal, estiércol de bovino, estiércol de conejo, estiércol de cabra, bagazo de caña, cáscara de plátano, basura orgánica y pulpa de café, para la producción de humus y producción de lombriz roja californiana *Eisenia foetida* bajo un sistema de ambiente semí controlado. Se demostró que la mayor cantidad de lombrices se obtuvieron en el sustrato con estiércol de bovino , por ello se recomienda para la explotación de carne de lombriz.

Almendarés. R; Molina. J; Barrera. K; Ramos. Y; 2008; evaluaron cuatro densidades poblacionales 200, 300, 400, 500 por metro cuadrado de lombriz roja californiana en sustrato de bovino con el propósito de conocer cuál de ellas produce mayor cantidad de lombricompost. Se llegó a la conclusión que hubo mayor incremento de lombricompost, mayor desarrollo y

reproducción de las lombrices al trabajar con bajas densidades de lombriz refiriéndose a las densidades de 200 y 300 lombrices/m².

Echegoyen, C; Linares, N; 2008 evaluaron sustratos alimenticios, Estiércol seco y fresco de bovino, Papel reciclado y desperdicios de frutas y verduras encontrando que la mayor producción de lombrices se reflejan en sustratos con estiércol de bovino seco en comparación a los otros sustratos.

Aguilera López, demostró que tanto el crecimiento y desarrollo como la reproducción de *Eisenia foetida* se ven favorecidos por densidades poblacionales bajas, situación que se explica principalmente por la abundancia de alimento que permite altas tasas de ganancia de peso individual, ganancia de longitud individual y del diámetro del clitelio de los anélidos, de esta manera, al encontrarse, los anélidos, en buenas condiciones de desarrollo se favorecen los parámetros reproductivos, a si mismo demostró que la mayor eficiencia en producción de carne se obtiene a altas densidades poblacionales iniciales.

Barrios F, Arauz B y Ordóñez H, Evaluaron la producción de biomasa y humus de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* y la lombriz roja africana *Eudrillus Eugeniae* en la Escuela de agricultura y ganadería de esteli 1999 en el vecino país de nicaragua. Estudiaron cuantitativamente la producción y reproducción de cada una de ellas, demostrando mediante análisis químico que la calidad de lombrihumus obtenido de la lombriz roja californiana en porcentaje de materia orgánica es mayor que el de la lombriz roja californiana, no así los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que presentaron bastante similitud, en cuanto a la tasa de aumento mensual de peso de la biomasa de lombrices no hubo diferencia estadística entre ambas especies, pero en valor absoluto la lombriz roja californiana presento una tasa de 3.8 veces aumento de peso por mes y la lombriz roja africana una tasa de 2.5 veces de aumento de peso por mes, lo que representa un 34% mas de tasa de biomasa a la población de lombriz roja californiana y en cuanto a la producción de humus la lombriz roja africana presento estadísticamente un 24% mas de producción que la lombriz roja californiana

REDVET, Revista electrónica veterinaria 1695-7504, 2007, Evaluó la dinámica poblacional de *Eisenia foetida* alimentada con estiércol fresco y composteado de bovino, alimentados a base de(rastrojos molidos y bloques multinutricionales) y de ovinos alimentados con silo de maíz y concentrado , evaluando la temperatura, numero de cocones, pH, biomasa total de lombrices adultas y jóvenes, descubriendo que en el estiércol composteado con bovino fue donde se presentaron mayor numero de cocones, en comparación con el estiércol composteado de ovino que presento menor numero de cocones, los resultados indicaron que los estiércoles composteados son los mejores en cuanto a la dinámica poblacional de las lombrices en comparación con los estiércoles frescos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Características del lugar del experimento.

La Investigación se desarrollo en las instalaciones de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador ubicada en el cantón Tecualuya del municipio de San Luís Talpa, Departamento de la Paz; con coordenadas geográficas; 13°28'3'' Latitud Norte, 89°05'8'' Longitud Oeste a una elevación de 50 m.s.n.m. y temperatura promedio de 34.6 °C, Con una precipitación anual de 1,700mm, El trabajo se llevó a cabo en el área de lombricultura de La Estación Experimental y Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

3.2. Montaje del experimento.

El lugar donde se realizó la investigación está ubicado en un lugar con sombra y protegido de otros animales, se usaron bancos de madera rolliza que sostuvieron las cajas de durapax, luego se hizo la preparación de sustratos estiércol de bovino y estiércol de conejo en semidescomposición. La cosecha se realizo a los 120 días después de la siembra, obteniendo el material para someterlo a las diferentes pruebas: Estadísticas y de laboratorio (Análisis químico de lombriabono).

3.3. Instalaciones y Equipo

El área está construido de madera, piso de tierra, paredes con malla ciclón en ambos lados y techo de lamina metálica; con dimensiones 6.0 m de ancho y 3.60 m de largo totalizando un área de 21.60 m².

Para el montaje del experimento se utilizaron cajas de durapax, las cuales tienen 0.45m. de largo, 0.35 m. de ancho y 0.10 m. de altura, totalizando un volumen de 0.015m³.

El estudio comprendió dos fases, una de campo y otra de gabinete. La fase de campo se realizo en el periodo de marzo a junio de 2010 y tuvo una duración de cuatro meses y consistió en el montaje del experimento, manejo del pie de cría y toma de datos y en la segunda se organizó

los datos, se analizó e interpretó los resultados con el uso del programa estadístico MSTAT-C y el ayudante MST.



3.4. Pie de cria.

Para la investigación se utilizaron 12,000 lombrices Roja Californiana las cuales fueron proporcionadas por La Unidad de lombricultura de la Estación experimental de La Universidad de El Salvador. Para el montaje se colocaron en cada unidad experimental estiércol de bovino y estiércol de conejo (Según el tratamiento) en cantidad de tres libras; luego se colocó el pie de cría el cual tiene las siguientes características: Longitud promedio de 8cm, un grosor de 0.2cm y un peso promedio de 0.7 gramos; estas características corresponden a lombrices adultas; luego se contabilizaron en densidades de 100, 200, 300, 400 y 500 lombrices de acuerdo a los tratamientos en estudio.



Figura. 5. Lombriz roja Californiana en estado adulto.

3.5. Plan de manejo.

3.5.1. Preparación de sustrato básico.

Los sustratos se prepararon tres días antes de inocular cada una de las cajas, colocando en el fondo plástico negro más una capa de sustrato básico de más de 3cm de espesor. El sustrato utilizado estaba en estado de semi descomposición y bien fraccionado para ser transformado rápidamente; se agrego 10 gramos de cal por cada 3 libras de estiércol por caja para pasar el pH de ácido a neutro.



3.5.2. Inoculación. Se contabilizaron 5 densidades de población; 100, 200, 300,400 y 500 lombrices y se colocaron en el centro de la caja. Durante la primera semana se controló el criadero sin añadir comida, observando que la lombriz se haya adaptado a su nuevo hogar.

3.5.3. Alimentación de las lombrices. Once días después se alimentaron las lombrices, colocando 3 libras (1.36 Kg.) por caja de ambos sustratos: Estiércol bovino y estiércol de conejo. se aplicó esta cantidad semanalmente hasta finalizar la fase de campo del experimento. Para el control de la acidez y la temperatura del sustrato se utilizó peachímetro y termómetro; este control se hizo semanalmente, cada vez que se alimentaron las lombrices y así asegurar que el sustrato estuviera en óptimas condiciones de humedad, temperatura y acidez.

3.5.4. Riego. Este se aplicó con regadera, aproximadamente 200 ml de agua por cada caja, con intervalos de tres días, para lograr mantener el sustrato con un 75-85% de humedad.

3.5.5. Control de enemigos naturales. Se utilizaron recipientes circulares con solución jabonosa y sobre ellos se colocaron en cada uno de los soportes de los bancos.

3.6. Metodología Estadística.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Se estudió en parcelas grandes los sustratos y en parcelas pequeñas las densidades de población.

Los factores en estudio, sus correspondientes niveles y las respectivas combinaciones de tratamientos se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de los factores en estudio y sus respectivos niveles y combinación de Tratamientos.

Factores	Niveles	Combinación de tratamientos	Especificaciones
Tipos de Sustratos (A)	a1=Estiércol de Bovino * a2=Estiércol de Conejo**	T1=a1d1	Est. Bovino + 100 lombrices
		T2=a1d2	Est. Bovino + 200 lombrices
		T3=a1d3	Est. Bovino + 300 lombrices
		T4=a1d4	Est. Bovino + 400 lombrices
		T5=a1d5	Est. Bovino + 500 lombrices
Densidad de población (D)	d1=100 lombrices	T6=a2d1	Est. Conejo + 100 lombrices
	d2= 200 lombrices	T7=a2d2	Est. Conejo + 200 lombrices
	d3= 300 lombrices	T8=a2d3	Est. Conejo + 300 lombrices
	d4= 400 lombrices	T9=a2d4	Est. Conejo + 400 lombrices
	d5= 500 lombrices	T10=a2d5	Est. Conejo + 500 lombrices

Nota: * El estiércol bovino fue proporcionado por la Estación experimental.

**El estiércol de conejo proveniente de la granja cunicula de la Estación experimental. Este fue recolectado diariamente y tenía textura sólida de forma redonda, que al humedecerla se hizo blanda y compacta quedando lista para ser degradada por las lombrices.

Las fuentes de variación se separan mediante la técnica de análisis de varianza las cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Análisis de varianza (ANVA), diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones.

F de V	GL	SC	CM	FC
Efecto de Sustratos (A)	1	$\sum_{j=1}^a Y^2_{.j}/bn-FC$	<u>S.C. Sustrato</u> g.l	<u>C.M. Sustrato</u> CM.Error (a)
Error (a)	6	Diferencia	<u>S.C Error(a)</u> g.l	—
Sub. Total (Parcelas grandes)	7	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a Y^2_{ij}/b-FC$	—	—
Efecto de Densidades (D)	4	$\sum_{k=1}^b Y^2_{.k}/an-FC$	<u>S.C Densidades</u> g.l	<u>C.M. densidades</u> C.M Error (b)
Interacción (AxD)	4	$\sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b Y^2_{jk}/n-FC$	<u>S.C.Int. AxD</u> g.l	<u>S.C.Int. AxD</u> C.M Error (b)
Error (b)	24	Diferencia	<u>S.C. Error (b)</u> g.l	
Total	39	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b Y^2_{ijk}-FC$		

Hipótesis Estadística a Demostrar.

En los experimentos en parcelas divididas, las hipótesis a probar está relacionadas con los factores en estudio y su interacción; además con el diseño simple utilizado; por tanto, para este estudio se demostrarán tres hipótesis: una para los tipos de sustratos estudiados en parcelas grandes; la segunda para densidades de población, estudiadas en parcelas pequeñas y la tercera para la interacción. Estas se plantean de la siguiente manera:

Tipos de Sustratos (A)

Ho: $a_1=a_2=0$; Indica que no hay diferencia entre los tipos de sustratos; es decir ambos producen efectos iguales en las variables respuestas estudiadas.

Densidades de Población (D)

Ho: $d_1=d_2=d_3=d_4=d_5=0$; Indica que las densidades de población de 100, 200, 300, 400 y 500 lombrices produjeron efectos iguales en las variables respuestas.

Interacción AxD

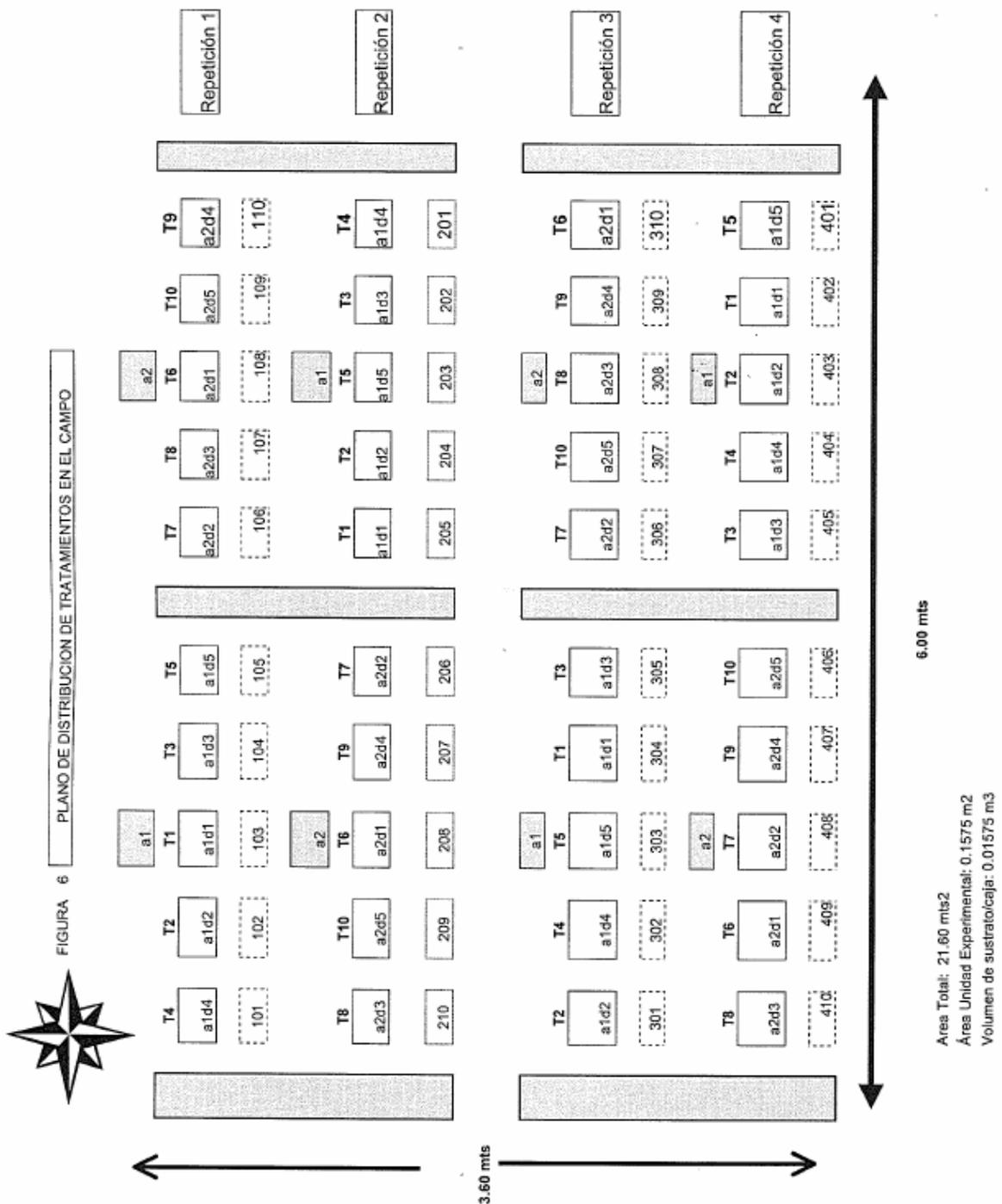
Ho: $\Sigma (AxD)_{jk}=0$; Indica que no hay interacción entre A_j y D_k ; es decir que el efecto de cualquier sustrato es independiente de las densidades de población o sea que los tipos de alimentación actúan de forma independiente respecto a las densidades de población.

Para comparar las medias de tratamientos de cada factor se utilizo la prueba de diferencia mínima significativa (D.M.S.), con un nivel de confianza del 5 y 1 % de probabilidad.

Coeficiente de variabilidad (C.V)

El coeficiente de variabilidad se aplicara con el propósito de evaluar la representatividad de los resultados respecto a la media experimental ($C.V.= \frac{S}{\bar{x}} \times 100$) y además para evaluar la calidad de los resultados del experimento.

Plano de distribución de los tratamientos: La distribución al azar de los tratamientos en el campo, según el diseño de parcelas divididas se presentan en la **figura 6**.



Variables estudiadas.

Para medir el efecto de los tipos de alimentación, las densidades de población y el grado de dependencia entre cualquiera de los niveles del factor sustrato respecto a los niveles del factor densidad de población se consideraron las siguientes variables.

Peso Total de lombrices / tratamientos, en kilogramos. (Biomasa) : Se determino considerando los pesos de las lombrices de cada tratamiento, esta medición se hizo a los 120 días después de la siembra

Producción de lombriabono: Esta variable se midio a los 120 días de la investigación, utilizando una balanza de reloj; procediendo a restar el peso de la caja vacía más la población de lombrices al peso de la producción de abono por caja.

Peso promedio de lombriz: El peso promedio de cada lombriz se obtuvo considerando una muestra representativa de 25 lombrices, las cuales fueron pesadas en una balanza semianalitica con una capacidad de 110 g. y una sensibilidad de 0,0001 g., luego al peso total de la 25 lombrices se dividió entre el numero de lombrices y así obtener el peso de cada lombriz, esta misma metodología se aplico para cada tratamiento.

Longitud promedio de lombriz: Se determino el promedio de las longitudes individuales después de cuatro meses de siembra de la semilla. Esta variable se medio con regla graduada considerando una muestra representativa de 25 individuos, la longitud se tomo de forma individual.

Número total de lombrices: La cantidad de lombrices por tratamiento se obtuvo al finalizar 120 días del ensayo, mediante el conteo manual de todas las lombrices; para ello se utilizaron 8 personas en un lapso de 2 días, realizando esta labor solamente en horas de la mañana. Se contabilizo cada una de las cajas o tratamientos de forma manual, hasta finalizar las cuarenta unidades experimentales.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1. Generalidades de los resultados del ensayo.

Para medir la efectividad de los tipos de alimentación se uso el diseño de parcelas divididas, evaluando en parcelas grandes los tipos de alimentación y en parcelas pequeñas las densidades de población. La comparación entre medias de tratamientos para el factor densidades de población, se realizo usando la prueba de diferencia mínima significativa;, se uso el nivel de confianza del 5% de probabilidad.

Previo al análisis de los datos para cada variable, se evaluó si estos cumplen con el principio de homogeneidad de varianza, evaluando la varianza dentro de tratamientos con la prueba de Cochran. Para todas las variables en estudio se cumplió con esta exigencia y así poder aplicar el método estadístico de parcelas divididas, el cual se fundamenta en el análisis de varianza; además se utilizo los principios básicos de estadística descriptiva: cuadros estadísticos, media aritmética, coeficiente de variabilidad, desviación estándar y figuras. Para el análisis de los datos se uso el programa estadístico MSTAT-C y el ayudante MST.

El comportamiento de cada variable se describe a continuación.

4.2. Peso total de lombrices en Kg. (Biomasa).

El análisis de varianza (ANVA) para la variable peso total de lombrices por tratamiento (Cuadro 5), se determino que no existe diferencia significativa, respecto a los tipos de alimentación, (Bovino 0.275 Kg. y Conejo 0.277 Kg.); en cambio para densidades se determino que si existe diferencia significativa, lo que indica que las densidades de población producen efectos diferentes en el peso total de lombrices, al 5% de la probabilidad.

Cuadro 5. Análisis relacional de la variable peso total de lombrices, entre los tipos de alimentación y las densidades de población (*Eisenia foetida*) UES, 2010.

F de V	GL	SC	CM	F.C	P>F
Tipos de Alimentación (A)	1	0.000	0.000	0.0147 N.S	
Error (a)	6	0.025	0.004		
Sub. Total	7				
Densidades (D)	4	0.052	0.013	2.9946*	0.0388
Interacción (AD)	4	78784.483	0.0220	4.5203**	0.0073
Error (b)	24	104553.951	0.004		
Total	39				

Nivel de significancia C.V= (Parcelas grandes 14.51%), C.V= (Parcela pequeña 22.92%)

Al relacionar el comportamiento de los tipos de alimentación con las densidades se observa que el estiércol de conejo es el tipo de alimento que mas aumento en el peso total de las lombrices, cuando estas se colocaron en las densidades de 200,400 y 500 lombrices; en cambio con el estiércol de bovino el peso de las lombrices fue más bajo, respecto a las densidades antes mencionadas.

En la tabla de ANVA se determina una total dependencia entre cualquiera de los tipos de alimento y las densidades (Fcal para AxD =4.52**);

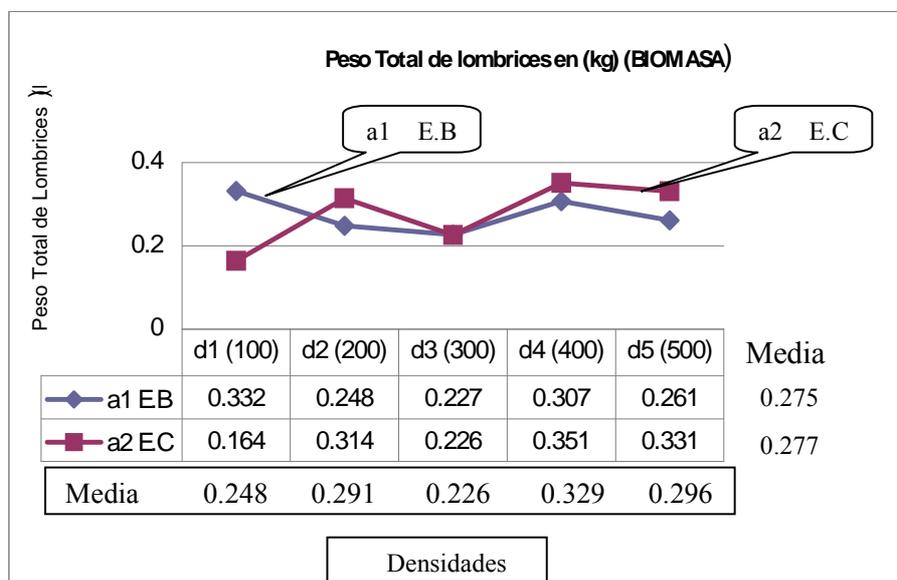


Figura 7. Análisis relacional de la variable peso total de lombrices, entre los tipos de alimentación y las densidades de población (*Eisenia foetida*) UES, 2010

Con relación a las diferencias de medias entre densidades, según la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS, se determino que las densidades de 200,400 y 500 lombrices, son las que produjeron los mayores pesos totales de lombrices (d4=0.329; d5=0.296; d2=0.281) siendo iguales entre si y superiores a las densidades 100(d1) y 300(d3).

Cuadro 6. Resultados de la prueba de D.M.S. para Pesos totales de lombrices, en Kg.

Tratamientos	Medias (Kg.)	Significación Estadística
d4 =(400)	0.329	A
d5 =(500)	0.296	AB
d2 =(200)	0.281	ABC
d1 =(100)	0.248	BC
d3 =(300)	0.226	C

4.3. Producción promedio de lombriabono Tratamiento /(Kg.)

Los resultados para la variable producción de lombriabono por tratamiento se determino que existe diferencia significativa, respecto a los tipos de alimentación, siendo mejor el uso de estiércol bovino (x= 5.51) que estiércol de conejo (x= 4.29); en cambio para densidades se determino que no existen diferencia significativa lo que indica que, las densidades producen efectos iguales en la producción de lombriabono. (Ver cuadro 8).

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable producción promedio de lombriabono por tratamiento en Kg.

F de V	GL	SC	CM	F.C	P>F
Tipos de Alimentación (A)	1	14.857	14.857	13.5112**	0.0104
Error	6	6.598	1.100		
Sub Total	7				
Densidades (D)	4	1.981	0.495	1.9914 N.S	0.1280
Interacción (AD)	4	1.038	0.260	1.0432 N.S	0.4057
Error	24	5.970	0.249		
Total	39	0.444			

Nivel de significancia C.V= (Parcela grande 21.40%), C.V= (Parcela pequeña 10.2%)

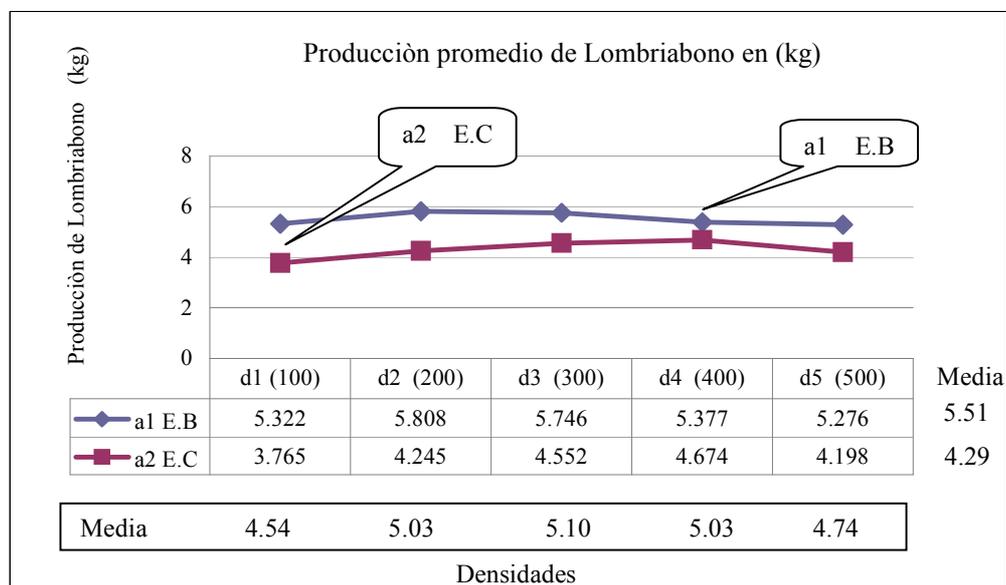


Figura 8. Interacción de cinco densidades poblacionales y dos fuentes de alimentación en la producción de lombriabono de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), UES. 2010.

El gráfico muestra que para la variable producción de lombríbono existe independencia entre cualquiera de los tipos de alimentación y las densidades de población; es decir que ambos tipos de alimentos aumentan o bajan su efecto en la producción respecto a las densidades; lo cual se muestra con el paralelismo entre las dos líneas de tendencia en la Figura 7 y el valor de $F_{calculado}$ para interacción que es no significativa. ($F_{cal}=1.0432^{n.s}$).

Con relación a las diferencias entre medias de densidades, según la prueba de diferencia mínima significativa, se determinó que las densidades 100, 200, 300, 400 y 500 lombrices produjeron los mismos efectos en la producción de lombríbono; pues su promedio de producción es de 5.0 Kg. tal como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Resultados de la prueba D.M.S para la producción de lombríbono en Kg.

Tratamientos	Medias (Kg.)	Significación estadística
d3 =300	5.114	A
d2 =200	5.026	A
d4 =400	5.026	A
d5 =500	4.736	A
d1 =100	4.543	A

4.4. Peso promedio de lombriz por tratamiento en (gr.)

El análisis de varianza para la variable Peso promedio de lombrices por tratamiento determinó que existe diferencia significativa, respecto a los tipos de alimentación; siendo el estiércol de conejo el que proporcione el mayor peso promedio. Bovino ($x= 0.53$) Conejo ($x= 0.83$). De la misma manera, para las densidades se determinó que existe diferencia significativa; lo que indica que las densidades producen efectos diferentes en el peso de las lombrices al 1% de la probabilidad.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable peso promedio de lombrices, gr.

F de V	GL	SC	CM	F.C	P>F
Tipos de Alimentación (A)	1	1.051	1.051	174.4386**	0
Error	6	0.036	0.006		
Sub Total	7				
Densidades (D)	4	0.108	0.027	5.7809**	0.0021
Interacción (AD)	4	0.047	0.012	2.5332 N.S	0.0666
Error	24	0.112	0.005		
Total	39				

Nivel de significancia 5% C.V= (Parcela grande 14.61%) C.V= (Parcela pequeña 8.51%)

Observamos en la figura 8, cierto paralelismo al relacionar los tipos de alimentación con las diferentes densidades de población, es decir que cualquier tipo de alimento tiene igual comportamiento con las densidades de población; lo cual indica que no hay interacción, no existe dependencia entre cualquiera de los tipos de alimentación y las densidades de población.

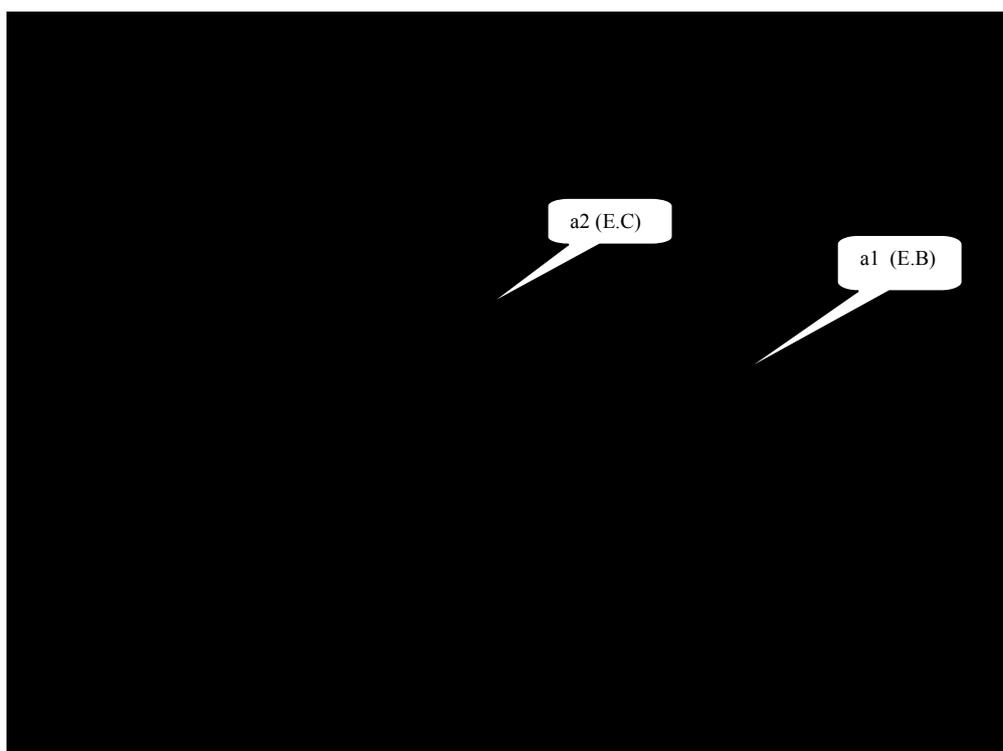


Figura 9. Análisis relacional para la variable peso promedio de lombrices (*Eisenia foetida*) entre dos tipos de alimentación y cinco densidades poblacionales. (*Eisenia foetida*) UES, 2010

Con relación a las diferencias de medias entre densidades, según la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS, se determinó que las densidades de 100, 200 y 400 lombrices, son las que presentaron los mayores pesos promedios de lombrices ($d1=0.7740$; $d4=0.7220$; $d2=0.6770$) y los más bajos corresponden a las densidades de 500 y 300 lombrices

Cuadro 10. Resultados de la prueba de D.M.S. para peso promedio de lombrices en gramos.

TRATAMIENTOS	MEDIAS (gr.)	Significación estadística
d1= (100)	0.7740	A
d4 =(400)	0.7220	AB
d2= (200)	0.6770	AB
d5 =(500)	0.6500	B
d3 =(300)	0.6300	B

4.5. Longitud promedio de lombriz (cm.)

El análisis de varianza para la variable Longitud de Lombrices por tratamiento (Cuadro 12) determinó que existe diferencia significativa respecto a los tipos de alimentación siendo menor el promedio para estiércol bovino ($x=6.48$). Con estiércol de Conejo ($x= 8.62$) hay un mayor crecimiento.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable longitud promedio de lombrices en cm.

F de V	GL	SC	CM	F.C	P>F
Tipos de Alimentación (A)	1	45.796	45.796	67.1659**	0.0002
Error	6	4.091	0.682		
Sub Total	7				
Densidades (D)	4	6.679	1.67	1.1619 N.S	0.3522
Interacción (AD)	4	8.104	2.026	1.4098 N.S	0.2609
Error	24	34.489	1.437		
Total	39				

Nivel de significancia 5% C.V= (Parcela grande 12.74%) C.V= (Parcela pequeña 13.90%)

El grafico muestra que entre los tipos de alimentación y las densidades de población no existe dependencia; lo cual indica que para cualquier tipo de alimento su comportamiento, respecto a la longitud de lombrices, es el mismo cuando se relaciona con las densidades de población; este comportamiento se refleja por el paralelismo de las dos líneas de tendencia; es decir que la longitud de las lombrices es el mismo, estadísticamente, respecto a las densidades de población establecidas

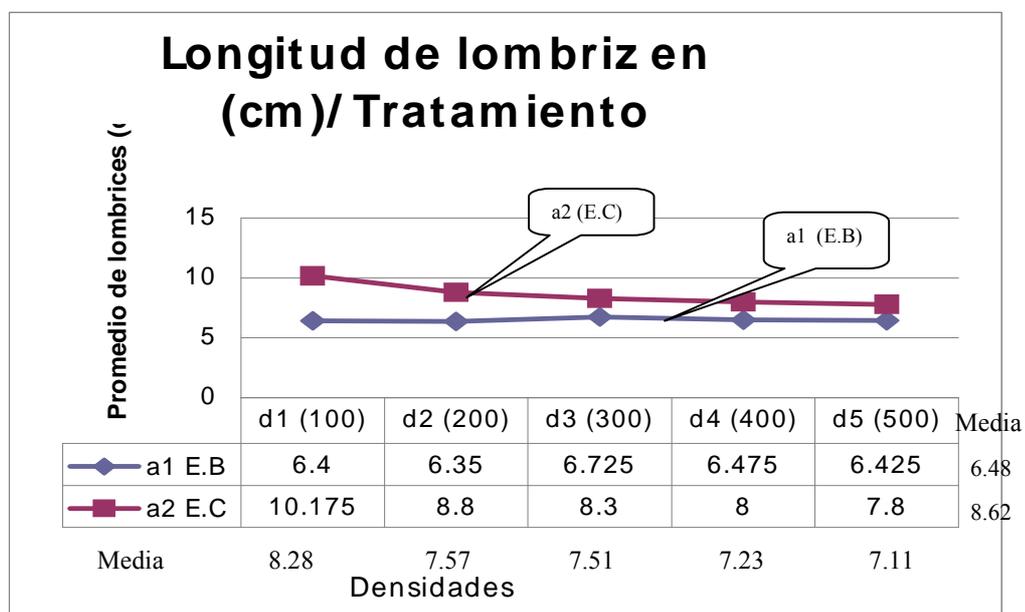


Figura 10. Análisis relacional de cinco densidades de población y dos fuentes de alimentación en la longitud de lombrices, (*Eisenia foetida*) UES, 2010.

Con relación a las diferencias de medias entre densidades de población, según la técnica de ANVA y la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se determinó que las densidades de 100, 200, 300, 400 y 500 lombrices produjeron iguales efectos en la longitud de las lombrices, para un nivel de confianza del 5% de probabilidad. La longitud de las lombrices osciló entre 7.11 y 8.29 cm.

Cuadro 12. Resultados de la prueba de D.M.S para la longitud promedio de lombrices/Tratamiento en (cm.)

TRATAMIENTOS	MEDIAS (cm.)	Significancia Estadística
T1 (100)	8.287	A
T2 (200)	7.575	A
T3 (300)	7.512	A
T4 (400)	7.237	A
T5 (500)	7.112	A

4.6. Número Total de lombrices /Tratamiento

Mediante el análisis de varianza para la variable Número Total de Lombrices por tratamiento se determinó que existe efecto significativo respecto a los tipos de alimentación; siendo el uso de estiércol de bovino el que produjo los mayores efectos ($X = EB = 525$ lombrices), en relación al estiércol de conejo ($X = EC = 335$ lombrices).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable número total de lombrices/Tratamientos

F de V	GL	SC	CM	F.C	P>F
Tipos de Alimentación (A)	1	359292.025	359292.025	20.0093**	0.0042
Error	6	107737.55	17956.258		
Sub Total	7				
Densidades (D)	4	74277.4	18569.35	1.9245 N.S	0.1389
Interacción (AD)	4	147700.6	36925.15	3.8269**	0.0152
Error	24	231571.2	9648.8		
Total	39				

Nivel de significancia 5% C.V= (Parcela grande 25.53%) C.V= (Parcela pequeña 29.31%)

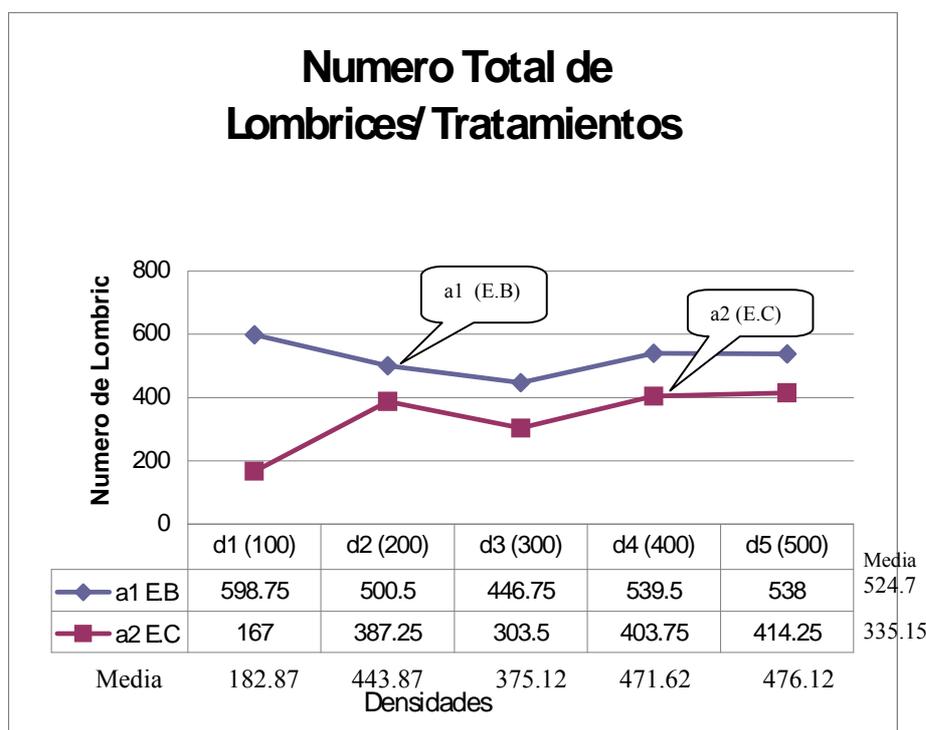


Figura 11. Análisis relacional del número total de lombrices entre cinco densidades poblacionales y dos fuentes de alimentación (*Eisenia foetida*) UES, 2010.

En la figura 10 se demuestra cierto grado de dependencia al relacionar el estiércol de bovino y de conejo con la densidad de 100 lombrices, en donde el número total de lombrices es mayor con estiércol de bovino y menor con estiércol de conejo y sucede lo contrario para la densidad de 200 lombrices pues con estiércol de bovino el número de lombrices baja y con el estiércol de conejo sube; es con las densidades de 100 y 200 donde se marca esa dependencia; luego se observa que con las densidades de 300, 400 y 500 lombrices hay un comportamiento casi paralelo: baja el número de lombrices para la densidad de 300; sube el número de lombrices con la densidad de 400 y luego tiende a mantenerse estable con la densidad de 500 lombrices pero siempre el total de lombrices es mayor con estiércol bovino que con estiércol de conejo.

Respecto a las densidades de población se determinó con la Técnica de ANVA que no existe diferencia significativa en el número total de lombrices para las densidades de 100, 200, 300, 400 y 500 lombrices; es decir que con estas densidades se logra el mismo número promedio ($X=430$ lombrices) de lombrices por tratamiento, lo cual se demuestra con los resultados de la prueba de D.M.S. Cuadro 14

Cuadro 14. Resultados de la prueba de D.M.S para el número total de lombrices para las diferentes densidades de población.

Tratamientos	Medias	Significancia Estadística
T5 (500)	476.1	A
T4 (400)	471.6	A
T2 (200)	443.9	A
T1 (100)	382.9	A
T3 (300)	375.1	A

4.7. Calidad del lombricompostaje proveniente de lombrices alimentadas con estiércol Bovino y de Conejo.

De acuerdo a los resultados analíticos de la muestra estiércol de bovino y estiércol de conejo realizados en el laboratorio de Pro café, se observan diferencias en cuanto a la composición de

cada uno de ellos, siendo el más sobresaliente el estiércol de conejo en cuanto a los elementos como, nitrógeno total, fósforo total, calcio total y magnesio total, no así en el estiércol bovino donde predominaron elementos como el potasio total, la materia orgánica y otros como relación carbono nitrógeno y el pH.

Cuadro 15. Resultados del análisis de las muestras de estiércol bovino y estiércol de conejo

Tipo de análisis	Estiércol de conejo	Estiércol de bovino
Nitrógeno total	2.04%	1.85%
Fósforo total	2.58%	0.86%
Potasio total	1.78%	1.81%
Calcio total	3.95%	1.84%
Magnesio total	1.21%	0.51%
Materia orgánica	50.39%	57.02%
Relación carbono nitrógeno	13.72%	17.12%
pH	7.76%	8.06%

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Peso total de lombrices en Kg. (Biomasa)

Mediante la técnica de Análisis de varianza se determinó que los tipos de alimento estudiados están causando el mismo efecto en el peso de las lombrices; y según Pérez Ascencio, (2010) respecto a esta situación menciona que los resultados obtenidos sobre peso total de lombrices está determinado por densidad de individuos presentes en cada una de las unidades experimentales; pues de esta condición depende el crecimiento y desarrollo de las lombrices; ya que algunas presentaron mayor vigor con densidades bajas; es decir que el peso total de las lombrices está determinado por la relación del tipo de alimento y la cantidad de lombrices puestas en cada tratamiento. Esto lo respalda Gómez Zambrano J. (2010) quien establece que todo alimento para lombrices debe ser sujeto a compostaje; pero cuando se cuenta con alimentos residuo es sujeto de lombricompostaje; pero cuando se cuenta con que alimentos de poca calidad se manifiesta una baja reproducción y adelgazamiento de los especímenes.

Según los resultados obtenidos para esta variable las densidades de $d_4= 400$; $d_5= 500$; y $d_2= 200$ son las mejores y estos resultados concuerdan con los encontrados por Aguilera López (2004), quien determinó que los tratamientos con mayores registros de biomasa correspondieron a los tratamientos con mayores densidades poblacionales; menciona además que los tratamientos con altas densidades poblacionales, son registrados en tiempos más cortos, señala que el peso individual de cada lombriz fue más bajo a medida aumentaba la densidad de lombrices por tratamientos.

1

¹ Pérez Ascencio, M.A. 2010. Comportamiento de diseño de *Eisenia Foetida* bajo diferentes densidades de población y tipos de alimento. Docente de la facultad de Ciencias Agronómicas (Comunicación personal).

En la investigación se demostró que a densidades poblacionales mayores, se obtiene una mayor producción de carne (Biomasa) y estos resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Almendares, R.; Medina J; Barrera K. y Ramos, Y.(2008) quienes determinaron que el uso de sustrato a base de estiércol bovino y el uso de densidades de población de 200, 300, 400 y 500 se logra un mayor desarrollo y reproducción de la lombriz

Por otro lado Echegoyen, C y Linares, H (2008) determinaron que con el uso de estiércol bovino seco, se logro una mayor producción de lombrices, porque entre mayor es el grado nutricional que posee la fuente de alimento, se invierte al crecimiento y desarrollo de ella misma; lo cual hace que la producción de lombriabono, se vea afectada por la misma reproducción; por otra parte si la aireación del sustrato no es adecuada, el consumo de alimento se reduce; además el apareamiento y la reproducción se ve limitado debido a la compactación del medio.

5.2 Producción promedio de lombriabono, en Kg.

El estiércol de bovino (EB) resulto ser mejor que el estiércol de conejo respecto a la producción promedio de lombriabono. Según Pérez Ascencio (2010) esto sucede ya que la velocidad de conversión del alimento por la lombriz es más rápida cuando el tamaño de la partícula es más fina tal como sucede con el estiércol de bovino (E.B); pero es mas lenta cuando es granulométrica, tal es el caso del Estiércol de Conejo (E.C).

Esto también lo explica Himi, (1990), quien determino que al alimentar lombrices con residuos sólidos de estiércol de bovino obtuvo una relación de 4 a 9 veces mayor producción de lombriabono, que cuando que cuando utilizo residuos sólidos de aguas servidas, cuya relación fue de 1 a 4. Ese mismo comportamiento se dio en la reproducción de lombrices, En conclusión cuando el alimento esta mas desecho y con mejor gustabilidad estimula a la lombriz a comer más, que fue lo que paso con estiércol bovino; lo que quiere decir que al comer mas las lombrices aumentan la producción de lombriabono; pues de lo que consumen el

60% lo convierten en lombriabono; Además menciona que la aireación juega un papel muy importante en el volumen del lombriabono producido, pues un exceso de humedad conduce a poca aireación y esto permite que no haya buena producción de lombriabono; pues se reduce su capacidad de conversión

La actividad reproductiva con estiércol de Bovino (EB) fue mayor que la de origen cunicola por lo que fue estimulada a consumir más volumen debido al tamaño de la partícula a pesar de tener las mismas condiciones de humedad en ambos sustratos no así el estiércol de conejo ya que la partícula es mayor y la naturaleza física de la excreta (bolitas) permitió que su partícula fuera de mayor densidad. Se concluye que la estructura física del estiércol de bovino es más fina y no granulométrica como la del conejo.

Mediante la prueba de D.M.S. se demostró que todas las densidades, producen iguales efectos en la producción de lombriabono, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos por Aguilera López, quien encontró que los tratamientos con mayores registro de biomasa, correspondientes a los tratamientos con mayores densidades poblacionales; es decir que a mayores densidades de población, mayor producción de biomasa o lombriabono.

5.3. Peso promedio de lombriz por tratamiento, en gramos.

Los resultados del ANVA demuestra que el estiércol de conejo produjo el mayor peso promedio de lombriz por tratamiento; esto se debe a que el estiércol de conejo utilizado proviene de conejos alimentados con un 80% a base de concentrado y por el mecanismo de digestión que realiza el conejo, este es monogástrico, por lo tanto la excreta expulsada lleva alto porcentaje de nutrientes derivados del concentrado; ese porcentaje es alto en relación a la alimentación que recibe el ganado bovino que es solo el 40% concentrado. Este 40% determina la diferencia de la calidad de los tipos de estiércoles en estudio; siendo más alto en nutrientes el estiércol de conejo que el estiércol de bovino. Estos resultados estadísticos están sujetos al tipo de alimentación que tenga la explotación cunicola.

Según Alvarenga 2002 al evaluar sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y Carne, observo que el estiércol de conejo fue el que presento las cantidades más bajas de lombrices, incluso observo que disminuyo el numero de lombrices; pero resulto ser el mejor tratamiento en cuanto al peso promedio de la lombriz, esto coincide con los estudios de Ferruzzi (1987) en relación a este sustrato; el menciona que es una masa compacta que carece de oxígeno y constituye un sustrato para las lombrices que les es difícil sobrevivir a acepción de las lombrices adultas, que por ser más fuertes se les facilita el desplazamiento en el mismo sustrato.

Con relación a las densidades de población, según prueba de la Diferencia Mínima Significativa, las densidades de $d_1=100$ A; $d=200$ A; $d=400$ A son los mejores. Según Pérez Ascencio (2010) menciona que el estudio demuestra que existe una relación directamente proporcional; es decir que ha menor densidad mayor peso de las lombrices. Estos resultados también concuerdan con lo que dice Aguilera López quien llevo a cabo un experimento con el propósito de evaluar el efecto de 5 densidades poblacionales y dos tipos de ambientes sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de *Eisenia foetida*; encontró que la estabilización del peso individual es dependiente de la densidad poblacional, es decir, que a menor densidad mayor peso y viceversa; estos resultados concuerdan con los obtenidos en el experimento, quien determinó que la diferencia de pesos individuales se debe a la disponibilidad de alimento; además dice que el peso individual de *Eisenia foetida* disminuye por la energía que utiliza en su reproducción; además determinó respecto a la ganancia de peso individual, que el mayor peso se obtuvo cuando se colocó una lombriz que cuando uso 2,4,8 y 16 lombrices. También determino que a medida transcurrió el tiempo, las pérdidas de peso individual fueron más precoces; es decir que a medida que aumenta la densidad poblacional, se registran pérdidas de peso a los 60 días en los tratamientos al aire libre con 8 y 16 lombrices por recipiente. Observo que el registro de peso individual más alto lo alcanzo cuando colocó una lombriz y este fue de 1.04 gr; esto sucedió al día noventa. Ferruzzi (1988) señala que la lombriz adulta pesa casi un gramo.

Pobete y Ruiz (1989) determinaron que la longitud y el peso de *Eisenia foetida* bajo condiciones naturales, en la novena región del país de Chile, presentan un crecimiento lineal a través del tiempo llegando a estabilizarse a partir de las 24 semanas de vida; estos investigadores registraron una longitud media de 4.74 cm. y un peso medio de 0.406 gr.; además señala que la máxima longitud media registrada es de 6.4 cm. y el máximo peso medio registrado alcanzó los 0.585 gr; estos investigadores mencionan que el peso individual es también afectado por la densidad poblacional inicial; se demostró que a diferentes densidades poblacionales, las lombrices que se desarrollan a altas densidades crecieron más lentamente y con un menor peso corporal final, no obstante el peso total de la biomasa producida, por unidad de estiércol, fue mayor que en densidades menores. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la investigación, pues los mayores pesos se obtuvieron con las densidades más bajas $d_1=100$; $d_2=200$ y $d_4=400$ lombrices.

5.4. Longitud promedio de lombrices por tratamiento, cm.

Mediante el análisis estadístico se demostró que al alimentar las lombrices con estiércol de conejo (E.C) se logra un mayor crecimiento, lo cual se debe a la calidad de este alimento; pues con estiércol de conejo, en la excreta de éste hay mayor cantidad de nutrientes, debido a que los conejos son alimentados con un 80% de concentrado y un 20% de zacate y otros alimentos; por otro lado también influye el mecanismo de digestión que realiza el conejo, el cual es poligástrico, por lo tanto la excreta expulsada contiene alto porcentaje de nutrientes, derivados del concentrado y eso hace que la lombriz presente mayor crecimiento que cuando se alimenta de estiércol de bovino.

En cambio se determinó que las densidades de $d_1=100$; $d_2=200$; $d_3=300$; $d_4=400$; $d_5=500$ lombrices producen iguales efectos en la longitud de las lombrices. Los resultados obtenidos concuerdan con estudios realizados en La Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina, quienes determinaron que con bajas densidades de lombrices, se permite un rápido crecimiento de la población; pero a medida la densidad es creciente, la siembra incide negativamente sobre la producción de nuevos individuos; con los

resultados de ambas investigaciones se demuestra que con densidades en el rango de 100 a 500 lombrices, se logran tamaños de lombrices iguales.

Aguilera López (2004), menciona que la longitud registra diferencias significativas cuando las lombrices se desarrollan en densidades diferentes; así determino que al igual que el peso individual, la ganancia de longitud individual se ve afectada por densidades altas, es decir que a menores densidades la longitud de las lombrices es mayor; y a mayor densidad la longitud es menor; aunque Aguilera López no especifica hasta que densidad investigo, podemos inferir que es necesario investigar densidades arriba de 500 lombrices para un volumen de sustrato determinado, y así observar cual es el comportamiento de esta variable.

5.5. Número total de lombrices por tratamiento.

En relación al tipo de alimento, con el análisis de varianza se determino que alimentar las lombrices con estiércol bovino produjo mayor número de lombrices,($x=525$) en relación al estiércol de conejo,($x=335$) este comportamiento se debe al tipo de alimentación, por lo tanto la fuente de alimentación tiene mucho que ver con esta respuesta. , (Pérez Ascencio (2010).

Una fuente de alimento con un bajo contenido nutricional la población resultante es baja, en cambio una fuente con alto contenido nutricional la población es alta, por lo tanto a mayor riqueza de nutrientes mayor proliferación de la lombriz, obteniendo tasas de reproducción altas.

León 1,991, menciona que la calidad del alimento disminuye a medida pasa el tiempo, ya que la disponibilidad de los nutrientes es baja, lo cual influye en la baja reproducción de las lombriz.

Pérez Ascencio (2010), concluye que el tipo de alimento tiene influencia directa en el numero de lombrices; lo cual indica que hay un estímulo de equilibrio optimo para que se dé el equilibrio reproductivo, porque si el alimento es alto en nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo, seda un estímulo exuberante de crecimiento y desarrollo en las

lombrices y respecto a las densidades se determinó que con d1=100; d2=200; d3=300; d4=400; d5=500 se obtiene igual efecto en el número total de lombrices por tratamiento.

Aguilera López (2004) menciona que la producción de lombrices se ve favorecida por densidades bajas y por condiciones favorables de clima; por lo tanto bajo condiciones óptimas se pueden producir de 5 a 1.8 cocones semanalmente bajo las condiciones de densidad poblacional que permite la mayor producción. Si se dejan poblaciones y temperaturas adecuadas se da un incremento de cocones.

Con temperaturas de entre 10 a 25 °C se registra una ovipostura apreciable de cápsulas; a partir de los 15°C se pueden producir de 1.8 hasta 3.8 Cocones/Lombriz/Semana; en cambio Hernández (1997) señala que *Eisenia foetida* pueden colocar 1 cocón por semana.

La experiencia en este campo demostró que *Eisenia foetida* tiene una alta capacidad de reproducirse; por lo tanto es recomendable trabajar con densidades de población entre 100 y 500 lombrices por 0.015 m³, pues densidades más altas pueden reducir su capacidad de trabajo y por tanto su reproducción. Su capacidad de reproducción depende, además de las condiciones climáticas la calidad de alimento que consume.

5.6. Calidad de Lombricompostaje.

De acuerdo a los análisis de laboratorio realizados para las muestras de estiércol conejo y estiércol bovino se pudo observar que la mejor calidad la posee el estiércol de conejo ya que presenta mayores porcentajes de elementos mayores que son de mayor asimilación y mejor aprovechado por las plantas.

6. CONCLUSIONES

- ❖ En la producción de carne, los tipos de alimentación estiércol de bovino y de conejo influye de igual forma.
- ❖ Las fuentes de alimentación estiércol de bovino y conejo en la producción de carne, influyo de igual forma y las densidades de mayor efecto fueron 400 y 500 lombrices.
- ❖ El estiércol de bovino produjo la mayor producción de lombriabono en relación al estiércol de conejo y sus densidades 100,200 y 500, produjeron efectos iguales.
- ❖ El estiércol de conejo produjo el mejor efecto de peso promedio de la lombriz comparado con el estiércol de bovino y las densidades de mayor efecto fueron 100 y 200 lombrices.
- ❖ El estiércol de conejo presento mejor efecto en su longitud promedio en relación al estiércol de bovino y sus densidades no produjeron variación.
- ❖ El estiércol de bovino incremento el número total de lombrices respecto al estiércol de conejo y las densidades produjeron igual efecto.
- ❖ Los mejores resultados de N, P, K y proteína en la muestra de lombriabono se obtuvo del estiércol de bovino.

7. RECOMENDACIONES.

- ❖ Utilizar densidades bajas de *Eisenia foetida* para el crecimiento, desarrollo y producción de Lombriabono.
- ❖ Alimentar a las lombrices con estiércol de bovino por su disponibilidad y facilidad de digerir el alimento ya que permite mejores pesos.
- ❖ Alimentar con estiércol de conejo para obtener mayor producción de carne.
- ❖ Utilizar estiércol de bovino para la producción de lombriabono con densidades bajas.
- ❖ Realizar estudios de evaluación con otras fuentes de alimentación con las mismas densidades.

8. BIBLIOGRAFIA.

Sistema de crianza de lombriz de tierra, (ABA). 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. San Salvador, El Salvador. 22 P.

Aguilera López. (2004) Evaluación del efecto de la densidad poblacional inicial y dos ambientes sobre el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la IX Región, Ingeniero Agrónomo, Tamuco-Chile, Universidad Católica de Tamuco, Pág. 23, 28, 30, 31,32.

Aguirre Castro, C.(2010), Situación actual de experimentos con abonos orgánicos, usando (*Eisenia foetida*), para su transformación, UES, Facultad de Ciencias Agronómicas, San Salvador (Comunicación personal).

Alas, R y Alvarenga, H. 2002 Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*Eisenia foetida*) Tesis Ing. Agrónomo, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador.

Almendares. R; Molina. J; Barrera. K; Ramos. Y; 2008 Utilización de Estiércol de bovino en el incremento de la población y producción de lombriabono de la lombriz roja californiana

(Eisenia foetida) Asignatura Diseños Experimentales, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador.

Ángel, C; Meléndez, O; Morales, M. 1997 Usos de sustratos alimenticios en el desarrollo reproductivo y cantidad proteica de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) Tesis Ing. Agrónomo, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador.

Barrios F, Arauz B y Ordóñez H, 1999. Producción de biomasa y humus de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y la lombriz roja africana (*Eudrillus Eugeniae*). Escuela de agricultura y ganadería de Esteli, departamento de investigación y postgrado, Nicaragua.

Bowman, H. y Reinecke, A. 1991. A defined medium for the study of growth and reproduction of the earthworm (*Eisenia foetida*). Biology and Fertilization of Soils, 10:285-289.

Cerdas, C. 1996 Potencial de la lombriz/ Elementos básicos para su desarrollo/Claudia Martínez Cerdas/Dr. Alfredo Carballo Quiros/México/Lobricultura Técnica Mexicana/ Pág. 27-30-31-34.

Patagonia forestal-Año IX N1-Pág. 17 CIEFAP- Lombricultura y residuos domiciliarios Dr. Miguel Schuldt, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la plata Argentina 2005 Pág. 101.

Cristales, O. 1997. Sistema de crianza de lombriz de tierra, Alternativas de su uso, para el manejo de los desechos sólidos. Fundación para el fomento de empresas para la recolección y tratamiento ambiental de los desechos sólidos (ABA). San Salvador, El Salvador. 22 P.

Curso-Taller; “Iniciación a la lombricultura, organizado por INTA EEA Septiembre 2003, impartido Ing. Agr. Guadalupe Abdo, ing. Agr. Mónica Serra. (Tecn. Pro-Huerta Jujuy).

Decimo Congreso Nacional Agronómico / II Congreso de suelos /1996 Centro de investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica/ 1996/ evaluaron la eficiencia del vermicomposteo usando cuatro densidades poblacionales iniciales 45, 60, 75 y 90 mil lombrices / m³ de (*Eisenia foetida*) en la Pulpa de café como alimento para lombrices /Coward, J.; Alvarado G.; Briceño J.; 1996, Pág.101/ Resumen 220.

Echegoyen, V; Linares, B; 2008 Evaluación de Cinco sustratos alimenticios en lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) Asignatura Diseños Experimentales, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador.

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

Fuente, Y. 1987. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 28 P.

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

Nuila de Mejia J.A. ;/1990./Manual de Diseños Experimentales, Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de El Salvador.

Paraninfo Daniel O.Q. / 1995/ Simposio Centro Americano Sobre Agricultura Orgánica:/Acuerdo Bilateral de Desarrollo Sostenible Costa rica- Holanda /Jaime E. García

G., Julián M. Nájera/ Universidad estatal a Distancia (UNED)/Sabanillas de Monte de Oca/ San José Costa rica.

Pérez Ascencio, M.A. 2010 Uso de sustratos orgánicos a base de (*Eisenia foetida*) para la fertilización de suelos (Entrevista) UES, Facultad de Ciencias Agronómicas San Salvador (Comunicación personal).

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

Revista electrónica veterinaria. REDVET, 1695-7504, 2007/ Dinámica poblacional de la lombriz (*Eisenia foetida*) en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino/ Revista electrónica de veterinaria/ volumen VIII Número 6/Michoacán México/25-mayo-2010/<http://veterinaria.org/revistas/recvet/no7070712.pdf>.

Reinecke, J.M. & Viljoen, S.A. 1990. The influence of worm density on growth and cocoon production of the compost worm (*Eisenia foetida*) (Oligochaeta). *Revue d'écologie et de Biologie Sol* 27 pp 221-230.

Rupert, e.; Barnes, R. 1996. Zoología de los invertebrados. Sexta edición. Ed. McGraw- Hill Interamericana. México. 1135 p.

ANEXOS



FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS
SECCIÓN ESPECIALES



INFORME No. : 118

PROPIETARIO: Alan Joel López Torres
DIRECCIÓN: 5 Av. Sur, Ba. El Calvario, Tonacatepeque, S.S
TELÉFONO: 2222-0177

FECHAS	
RECEPCIÓN:	14/07/2010
ANÁLISIS:	20/07/2010
EMISIÓN:	28/07/2010

RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS ESPECIALES

TIPO DE ANÁLISIS	EC-675
	TIPO DE MUESTRA
	ESTIÉRCOL BOVINO
NITRÓGENO TOTAL	1.85%
FOSFORO TOTAL	0.86%
FOSFORO expresado como P ₂ O ₅	1.96%
POTASIO TOTAL	1.81%
POTASIO expresado como K ₂ O	2.18%
CALCIO TOTAL	1.84%
MAGNESIO TOTAL	0.51%
MATERIA ORGANICA	57.02%
RELACION CARBONO NITROGENO	17.12
pH	8.06

NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted (es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.

NOTA: DATOS EN BASE SECA
FACTOR DE PROTEINA:6.25



[Signature]
Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz
Coordinador del Laboratorio de Servicios Analíticos

[Signature]
Lic. Ana Daimy Figueroa
Técnico Analista

El Café es Vida

Avenida Manuel Gallardo, y 13 Calle Poniente, Santa Tecla, la libertad, El Salvador, C.A.
PBX: (503)2288-3088, FAX(503) 2228-0669, E-mail info@procafe.com.sv, <http://www.procafe.com.sv>

1/2



FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS
SECCIÓN ESPECIALES



INFORME No. : 118

PROPIETARIO: Alan Joel López Torres
DIRECCIÓN: 5 Av. Sur, Ba. El Calvario, Tonacatepeque, S.S
TELÉFONO: 2222-0177

FECHAS	
RECEPCIÓN:	14/07/2010
ANÁLISIS:	20/07/2010
EMISIÓN:	28/07/2010

RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS ESPECIALES

TIPO DE ANÁLISIS	EC-676
	TIPO DE MUESTRA
	ESTIÉRCOL DE CONEJO
NITRÓGENO TOTAL	2.04%
FOSFORO TOTAL	2.58%
FOSFORO expresado como P ₂ O ₅	5.92%
POTASIO TOTAL	1.78%
POTASIO expresado como K ₂ O	2.14%
CALCIO TOTAL	3.95%
MAGNESIO TOTAL	1.21%
MATERIA ORGANICA	50.39%
RELACION CARBONO NITROGENO	13.72
pH	7.76

NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted (es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.

NOTA: DATOS EN BASE SECA
FACTOR DE PROTEINA:6.25



[Signature]
Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz
Coordinador del Laboratorio de Servicios Analíticos

[Signature]
Lic. Ana Delmy Figueroa
Técnico Analista

El Café es Vida

2/2

Avenida Manuel Gallardo, y 13 Calle Poniente, Santa Tecla, la libertad, El Salvador, C.A.
PBX: (503)2288-3088, FAX(503) 2228-0669, E-mail info@procafe.com.sv, <http://www.procafe.com.sv>



Área de lombricultura



Área asignada para el proyecto



Preparación estiércol de conejo



Preparación estiércol bovino



Recolección estiércol de bovino seco



Preparación estiércol bovino