

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



EVALUACIÓN DE SUSTRATOS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN DE HUMUS Y CARNE DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*).

POR:

**ROBERTO CARLOS ALAS ROSALES
ANA MILAGRO ROCÍO ALVARENGA HERNÁNDEZ**

**GRADO ACADÉMICO A OPTAR:
INGENIERO AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2002.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL:

LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. MSc. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. JORGE ALBERTO ULLOA ERROA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA:

ING. AGR. JOSÉ RICARDO VILANOVA ARCE

ASESOR:

ING. AGR. JOSÉ RICARDO VILANOVA ARCE

JURADO EXAMINADOR:

ING. AGR. JOSÉ RICARDO VILANOVA ARCE

2.2.3.3.3.	Aparato circulatorio.	16
2.2.3.3.4.	Sistema respiratorio.	16
2.2.3.3.5.	Sistema nervioso.....	17
2.2.3.3.6.	Aparato neuro sensorial.....	18
2.2.3.3.7.	Sistema reproductor	18
	a. Sistema reproductor masculino.....	19
	b. Sistema reproductor femenino.....	19
2.2.4.	Ciclo biológico.....	20
2.2.4.1.	Reproducción y apareamiento....	20
2.2.4.2.	Fecundación.....	21
2.2.4.3.	Longevidad.....	22
2.2.4.4.	Regeneración.....	22
2.2.5.	Características biológicas.....	22
2.2.5.1.	Sobrevivencia.....	23
2.2.5.2.	Producción de capullos.....	23
2.2.5.3.	Número de emergencias de capullo.....	24

2.2.5.4.	Incubación y tasa de emergencia	24
2.2.5.5.	Crecimiento.....	24
2.2.5.6.	Maduración.....	25
2.2.5.7.	Mortalidad.....	25
2.3.	Importancia ecológica de la lombriz.....	26
2.3.1.	Efectos sobre la estructura del suelo.....	26
2.3.2.	Efectos sobre la circulación de nutrientes	26
2.3.3.	Efectos biológicos.....	27
2.4.	Importancia del lombríabono en la agricultura orgánica.....	27
2.5.	Importancia de la Lombricultura en la industria...	28
2.6.	Importancia de la producción de lombriz para la alimentación.....	29
2.6.1.	Otros usos de la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>).	30
2.7.	Aspectos generales de la producción y manejo de lombriz roja californiana.....	31
2.7.1.	Ubicación.....	31
2.7.2.	Temperatura.....	31
2.7.3.	Humedad.....	32
2.7.4.	PH.....	32
2.7.5.	Luz.....	32
2.8.	Manejo de lombricultivo.....	32

2.8.1.	Siembra de pie de cría.....	33
2.8.2.	Sistema de siembra.....	33
2.8.3.	Alimentación.....	34
2.8.3.1.	Sistema de alimentación.....	35
2.8.3.2.	Frecuencia y cantidad de alimento proporcionado.....	35
2.8.3.3.	Necesidades de humedad y frecuencia de riego.....	36
2.8.4.	Enfermedades y plagas.....	36
2.8.5.	Cosecha.....	37
2.9.	Generalidades y características del humus de Lombriz.....	38
2.10.	Tipos de sustratos para la alimentación de lombrices.....	40
2.10.1.	Generalidades.....	40
2.10.1.1.	Estiércol de bovino.....	41
2.10.1.2.	Estiércol de conejo.....	41
2.10.1.3.	Estiércol de cabra.....	41
2.10.1.4.	Bagazo de caña.....	42
2.10.1.5.	Cáscara de plátano.....	42
2.10.1.6.	Basura orgánica.....	43
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	44

3.1.	Localización.....	44
3.2.	Características climáticas.....	44
3.3.	Duración del ensayo.....	44
3.4.	Instalación y equipo.....	44
3.5.	Pie de cría.....	45
3.6.	Plan de manejo.....	46
3.6.1.	Preparación del sustrato básico.....	46
3.6.2.	Inoculación.....	47
3.6.3.	Alimentación de las lombrices.....	47
3.6.4.	Control de acidez, temperatura y humedad	47
3.6.5.	Riego.....	48
3.6.6.	Control de enemigos naturales.....	48
3.7.	Metodología estadística.....	48
3.7.1.	Distribución estadística del modelo.....	49
3.7.2.	Coefficiente de variabilidad (cv.).....	49
3.7.3.	Descripción de los tratamientos.....	50
3.7.4.	Plano de distribución de los tratamientos..	51
3.7.5.	Variables evaluadas.....	51
3.7.5.1.	Producción de humus.....	52
3.7.5.2.	Cantidad de lombrices.....	52
3.7.5.3.	Calidad del humus.....	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53

4.1.	Aspectos generales del ensayo.....	53
4.1.1.	Control de enemigos naturales.....	53
4.2.	Producción de lombrices.....	54
4.2.1.	Distribución de lombrices por tamaño.....	59
4.2.2.	Producción de cocones.....	63
4.2.3.	Peso promedio de lombriz.....	65
4.3.	Producción de humus.....	68
4.4.	Calidad del humus.....	70
5.	CONCLUSIONES.....	69
6.	RECOMENDACIONES.....	70
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.	

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.	Pág. No.
1. Contenido y composición aminoácida de la harina de carne de lombriz (<i>E. foetida</i>).....	30
2. Tratamientos y error experimental.....	49
3. Descripción de los tratamientos.....	50
4. Plano de distribución de los tratamientos.....	51
5. Análisis de varianza para la variable producción de lombriz en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. (<i>E. foetida</i>).....	54
6. Producción de lombrices en los diferentes sustratos de origen animal y vegetal.....	54
7. Análisis de varianza para número de lombrices menores de 3 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	61
8. Producción de lombrices menores de 3 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y	

carne de lombriz.....	61
9. Análisis de varianza para la variable producción de lombrices de 3-5 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	61
10. Producción de lombrices de 3-5 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	61
11. Análisis de varianza para la variable producción de lombrices mayores de 5 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	61
12. Producción de lombrices mayores de 3 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	61
13. Análisis de varianza para la variable número de cocones en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de	

humus y carne de lombriz.....	63
14. Número de cocones por tratamiento en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	64
15. Análisis de varianza para la variable peso promedio de lombriz en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	66
16. Peso promedio de lombriz en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	66
17. Análisis de varianza para la variable producción de humus en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	68
18. Producción de humus por tratamiento (Kg) en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	69
19. Análisis químico del lombriabono obtenido en la evaluación de sustratos de origen animal y	

vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.....	71
20. Análisis de lombrihumus de diferentes explotaciones comerciales.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. No.		Pág. No.
1.	Anatomía de la lombriz roja californiana (<i>E. foetida</i>).....	
2.	Ciclo biológico de la lombriz de tierra (<i>E. foetida</i>).	20
3.	Cocones o capullos producidos por la lombriz (<i>E. foetida</i>).....	21
4.	Lombriz roja californiana en estado adulto.....	46
5.	Diferencia de medias de la producción de lombrices en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.....	55
6.	Diferencia de medias de la producción de lombrices menores de 3 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.....	61
7.	Diferencia de medias de la producción de lombrices medianas (3-5 cm.) en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES.	

2001.....	61
8. Diferencia de medias de la producción de lombrices mayores de 5 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.....	61
9. Diferencia de medias para el número de cocones por tratamiento en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.....	64
10. Diferencia de medias de peso del humus por tratamiento en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.....	67
11.	
12. Diferencia de medias de la producción de humus (Kg.) por tratamiento en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.....	69

ANEXOS

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el propagador del departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en las coordenadas geográficas 13°43.3' LN y 89°12.4' W, con una elevación de 710 m.s.n.m., humedad relativa del 72% y una temperatura promedio del 72%.

El objetivo fue evaluar 7 tipos de sustratos de origen animal y vegetal para la producción de humus y producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) bajo un sistema de ambiente semi controlado. El diseño utilizado fue el de bloques al azar con 5 repeticiones, con los siguientes tratamientos: T₁ (estiércol de bovino), T₂ (estiércol de conejo), T₃ (estiércol de cabra), T₄ (estiércol de bovino + E. de conejo + E. de cabra), T₅ (bagazo de caña), T₆ (cáscara de plátano) y T₇ (basura orgánica). A los resultados obtenidos, se les aplicó análisis de varianza y la Prueba de Duncan, con la cual se obtuvieron los siguientes resultados: El estiércol de bovino (T₁) fue el sustrato donde se obtuvo la mayor cantidad de lombrices. Con respecto al número de cocones, el T₄ (E. combinado) fue el que tuvo una mayor producción. En la variable cantidad de humus, el T₁ (estiércol de bovino) presentó los mejores resultados, por lo tanto este sustrato es muy recomendable para la explotación de lombrices.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios Todo Poderoso:
Por iluminar nuestro camino y permitirnos alcanzar esta anhelada meta.
- A la Universidad de El Salvador:
Por habernos proporcionado nuestra formación académica.
- A Nuestro Asesor: José Ricardo Vilanova, por su valiosa colaboración y constante apoyo en la elaboración de este trabajo.
- Al Personal de la Unidad de Química: Por su colaboración en el Análisis Bromatológico en nuestra investigación.
- A los Docentes de la Facultad: Por brindarnos ese apoyo y aportar sus conocimientos y experiencias para convertirnos en profesionales de bien.
- Al Sr. José María Martínez Dueñas: Por su valioso y desinteresado aporte en la elaboración de las Figuras de nuestra Tesis.
- Al Personal de la Biblioteca de las Ingenierías: Por la colaboración y atención durante el desarrollo de nuestra carrera.
- A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

- A Dios Todo Poderoso:
Por haberme permitido terminar un objetivo tan importante como es mi carrera.
- A Mi Madre:
Mirian Rosales, por su incondicional apoyo, amor, confianza y paciencia a lo largo de toda mi carrera.
- A Mis Hermanos:
Herminio y Carla, por su amor, apoyo y sacrificio durante toda mi carrera.
- A Mis Tíos:
Héctor Rosales, Fátima Herrera, Gloria Monterrosa y Mario Rosales; por su colaboración y apoyo durante mi carrera.
- A Mi Compañera de Tesis:
Ana Rocío Alvarenga, por su apoyo en el transcurso de esta investigación.
- A Todos Mis Compañeros y Amigos:
Por compartir alegrías y dificultades en el transcurso de esta carrera, en la que tengo la oportunidad de desenvolverme y contribuir al desarrollo del Agro.

Roberto Carlos Alas Rosales

DEDICATORIA

- A Dios Todo Poderoso:
Por prestarme vida, bendecirme en cada momento y permitirme culminar mi carrera.
- A Mi Madre:
María del Carmen Escobar, con profundo amor, respeto y agradecimiento, por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado.
- A Mi Hija:
Alejandra Ortiz Alvarenga, por su gran amor y ser mi inspiración para alcanzar este logro.
- A Mis Abuelas:
Ana Alvarenga y Martina Escobar, por su apoyo y ternura que siempre me han brindado.
- A Juan Emilio Ortiz, por su amor, apoyo y comprensión para seguir adelante.
- A Mis Hermanos: Manuel y Alfredo, por su amor y apoyo durante mi formación profesional.
- A Mis Tíos y Primos: Por su afecto y cariño.
- A Mi Compañero de Tesis:
Roberto Carlos Alas Rosales, por haberme dado todo el apoyo y confianza en la elaboración de esta investigación.
- A Todos Mis Compañeros y Amigos:
Por compartir alegrías y dificultades dentro de esta carrera.

Ana Milagro Rocío Alvarenga Hernández

1. INTRODUCCIÓN.

La Lombricultura es la técnica basada en la cría y el manejo de la lombriz de tierra conocida como Coqueta Roja (*Eisenia foetida*), con el propósito de obtener de ella bio-abono (lombricompost) y carne para el consumo de aves, peces y el hombre. Esta actividad ha alcanzado un alto nivel de desarrollo en países como Francia, Italia, Estados Unidos, Argentina, Colombia y Cuba entre otros, en donde se procesan grandes cantidades de desechos urbanos y agroindustriales de origen orgánico, a la vez que se obtienen cantidades importantes de humus y carne de lombriz.

Uno de los múltiples beneficios que esta actividad genera es la obtención de un abono de excelente calidad capaz de recuperar la fertilidad en suelos áridos y reducir su acidez; las características químicas y biológicas de este lombriabono están influenciadas por el material de origen.

En la presente investigación se evaluó la cantidad de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) así como la cantidad y calidad del humus producido por estos a través del suministro de sustratos alimenticios de origen animal y vegetal con el fin de determinar un sustrato con el cual se obtenga la mayor calidad y cantidad de humus y una mejor producción de carne de lombriz.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Las lombrices se encuentran entre los seres con mayor éxito adaptativo, su origen se situó en el precámbrico, hace 700 millones de años (Ferruzzi, 1987).

En la antigua Grecia, Aristóteles (384 – 322 A.C.) enunció que las lombrices eran los intestinos del suelo y que contribuían a la fertilidad del mismo. (Santillán, 1997).

Mucho antes, los egipcios sabían que la fertilidad del Valle del Río Nilo, se debía a la abundancia de lombrices, (Santos, 1997).

Los primeros estudios profundos sobre el tema y las primeras nociones sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices, se realizaron en 1837; estas investigaciones fueron dirigidas por el Biólogo Charles Darwin, quien los clasificaba como los animales de mayor importancia en la historia del mundo, inclusive escribió un libro en donde plasmó sus observaciones científicas acerca de las lombrices “Vegetable Mould Through the Action of Worms” (1881). Sin embargo, pasaron cerca de sesenta años luego de la muerte de Darwin para que se retomara el tema de las lombrices como componente importante del suelo (Delgado, 1995; Santos, 1997).

La Lombricultura como técnica tiene sus orígenes probablemente en 1936, cuando un médico de los Ángeles (EE.UU.) el Dr. Thomas Bonet decidió vivir en el campo, en donde se dedicó a la agricultura, convirtiendo terrenos estériles en fértiles gracias a la ayuda de las lombrices de tierra, a las que observó que en un montón de paja y basura húmeda se multiplicaron prodigiosamente degradando tal material (Tineo, 1994).

En la década de los 70s, la Universidad Agrícola de California inició programas de investigación para la aplicación de las lombrices en la agricultura y posteriormente el gobierno de los EE.UU. estableció subvenciones para aquellas personas que deseaban iniciarse en el negocio. En 1979 había 1500 explotaciones comerciales de lombrices en los EE.UU., (Cristales, 1997).

En 1971, Edwards and Lofty publicaron el primer libro sobre la biología de las lombrices, en donde se resumía el conocimiento que a la fecha se tenía. En 1980 se llevó a cabo un taller aplicado sobre el papel de las lombrices sobre la estabilización de los residuos orgánicos, mismo que se publicó en 1981; en este mismo año se llevó a cabo la primera conferencia internacional sobre lombrices y dio lugar a la publicación del Libro “Ecología de Lombrices”, editado por Satchell; vario años

después, se efectuó la segunda conferencia internacional en Italia, misma que dio lugar a la publicación en 1987 del libro sobre lombrices editado por Pagliai y Omadeo. Un año después en Inglaterra se celebró la primera conferencia internacional sobre lombrices en el manejo de la basura y el medio ambiente y que dio lugar al libro del mismo nombre. (Aranda, 1995).

En el ámbito de Latinoamérica se sabe que Cuba, México y Colombia tienen regulares extensiones dedicadas a la Lombricultura. Actualmente la técnica se ha desarrollado bastante a nivel mundial. Se sabe que países como Italia, Francia y Suiza tienen enormes plantas comerciales en donde se procesan desechos orgánicos y a la vez se obtiene una considerable producción de lombrices. (Cristales, 2000).

2.2. BIOLOGÍA DE LA LOMBRIZ.

2.2.1. Taxonomía.

Reino:	Animal.
Subreino:	Metazoos
Phylum:	Protostomia
Clase:	Annelida
Orden:	Oligochaeta
Familia:	Lumbricidae

Género: *Eisenia*

Especie: *foetida*

2.2.2. Generalidades.

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se encuentra dentro del grupo de los anélidos terrestres, los oligoquetos tienen en la lombriz su representante más destacado. (Matons, 1948; Navas, sf.)

La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, el agua es el principal constituyente en un 80 y 90% de su peso total, tiene diferentes colores, variando de pálido, rosados, negros, marrones y rojos intensos, con franjas amarillentas entre los segmentos; esta variación es por la presencia de pigmentos como la protoporfirina. La pigmentación protege la superficie de las lombrices contra la radiación de la luz ultravioleta; su forma es cilíndrica con secciones cuadrangulares, el tamaño varía de acuerdo a las especies, (Fuente, 1987).

Su diámetro oscila en los 3 y 5 mm y mide de 0 a 12 cm de longitud.

La lombriz tiene un cuerpo cilíndrico, constituido por numerosos anillos, ó metameros bastantes similares entre sí, la cabeza no se diferencia externamente del cuerpo; cada segmento está provisto de cerdas que utiliza como sistema locomotor. (Díaz, 1995). (Ver Fig. 3).

Su respiración la realiza a través de la piel, aún cuando la lombriz no puede ver ni oír, es extremadamente sensible a los movimientos que se realizan alrededor de ella, reacciona negativamente a la luz. (Cristales, 1997; Terranova, 1995).

En cada metámero se ubican 5 pares de corazones, 6 pares de riñones y 182 conductos excretores, (Ferruzzi, 1987; Clark, 2000).

Cada lombriz ingiere por día una cantidad de alimento equivalente a su propio peso; expeliendo en forma de humus, el 60% mientras que el otro 40% restante es asimilado y utilizado por la lombriz para su propio metabolismo. El humus de la lombriz contiene 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 5 veces más potasio más 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron. Puede vivir 15 años y puede llegar a producir bajo ciertas condiciones, hasta 1300 lombrices al año (Santos, 1997).

Existen cerca de 2000 especies de lombrices descritas actualmente en el ámbito mundial pero de todas ellas solo unas cuantas son utilizables para su crianza en residuos orgánicos, debido a que se encuentran diferencias ecológicas y Fisiológicas que determinan el tipo de ambiente y sustrato, en donde estas se pueden desarrollar; en este sentido se han llegado a considerar 3 grupos básicos:

- Las Endogeas u Oligohúmicas, que son aquellas comedoras de tierra que se encuentran permanentemente en las capas inferiores de los suelos.
- Las Anésicas o Mesohúmicas, que son las más frecuentemente observadas en la naturaleza por encontrarse en las capas más superficiales de los suelos y que son las responsables de la movilización de la hojarasca y materia orgánica dentro de los suelos.
- Finalmente las Polihúmicas, que están adaptadas para desarrollarse en sitios de alta concentración y acumulación de materia orgánica, tales como: estiércoles, hojarasca en descomposición y sedimentos orgánicos. (Aranda, 1995).

2.2.3. Características Morfológicas y Fisiológicas.

2.2.3.1. Características morfológicas.

Entre las características morfológicas externas más importantes de la *E. foetida* tenemos las siguientes:

- a. Color: *Eisenia foetida* tiene un color rojizo intenso, razón por la cual se le conoce con el nombre de Roja Californiana, el color no siempre lo determina el pigmento en la piel de la lombriz, sino a veces la sangre o el contenido del intestino. (Matons, 1948).

- b. Tamaño y peso: La lombriz californiana adulta mide aproximadamente de 3 a 10 cm y de 3 a 5 mm de diámetro y pesa 1 gramo.
- c. Forma: El cuerpo de las lombrices tiene una forma cilíndrica, pero pueden existir secciones cuadrangulares, la sección posterior puede ser achatada, la superficie dorsal surcada a lo largo.
- d. Segmentos: Llamadas también metameros, son los anillos que conforman el cuerpo de la lombriz. (Ver Fig. 1).
- e. Surcos intersegmentarios: Son surcos con forma de anillos, los cuales se encuentran entre segmentos sucesivos y se pueden reconocer en la pared del cuerpo de la lombriz por el menor espesor del epitelio e intervención de la musculatura circular.
- f. Prostomio: Es una pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento del cual está separado por un surco, existen 5 tipos principales de prostomio: Prolóbico, proepilóbico, epilóbico abierto, epilóbico cerrado y tanilóbico.
- g. Peristomio: Es el primer segmento, envuelve la boca y no tiene quetas o cerdas, su superficie es lisa y está recorrida por numerosos surcos longitudinales. (Ver Fig. 1).
- h. Quetas o cerdas: Son estructuras primariamente locomotoras formadas en invaginaciones de la piel. Es uno de los principales caracteres taxonómicos externos. Están presentes a partir del

segundo segmento y ausentes en la última porción del cuerpo, la cual no se enumera como segmentos, el Pigidio.

- i. Poros dorsales: Son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos intersegmentarios a lo largo de la línea media dorsal. Son difíciles de observar.
- j. Metridioporos: Son aberturas excretoras presentes a lo largo del cuerpo de la lombriz, 1 par en cada segmento.
- k. Poros espermatecales: Raramente ausentes, en general ubicados en algunos surcos intersegmentarios pre-clitelaes.
- l. Poros femeninos: En general ubicados en el segmento 14.
- m. Poros masculinos: Son las aberturas de los canales que transportan el semen. En general hay un par ubicado después de los poros femeninos.
- n. Surcos seminales: Es un par de surcos transitorios formados durante la cópula y van desde los poros masculinos hasta el clitelo.
- o. Clitelo: Es un espesamiento glandular, superficial en algunos segmentos. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsula donde se alojan los huevos. Puede tener una forma anular, es decir que envuelve completamente los segmentos en los cuales se encuentran o tienen la forma de una silla de montar cuando no envuelve la parte ventral de los segmentos.

(Fig. 1) (Tineo, 1994; Cristales, 2000; Ferruzzi, 1987; Terranova, 1995; Santos, 2000).

2.2.3.2. Características anatómicas.

Estos caracteres se pueden observar después de realizar la disección de la lombriz, con la ayuda de instrumental óptico adecuado. Algunas características internas más importantes son: (Ver Fig. 1).

- a. Pared del cuerpo: Está cubierta interiormente por un peritoneo delgado y liso, entre las fibras musculares circulares hay células pigmentarias, tejido conjuntivo y capilares sanguíneos. No hay esqueleto.
- b. Tabiques: También llamados septos, son las paredes que separan los segmentos sucesivos que están formados por el peritoneo, una de las capas de la pared de lombriz. Se denotan con fracciones, es decir, el tabique o septo 9/10 es el que separa los segmentos 9 y 10. En general no se encuentran en los primeros segmentos.
- c. Faringe: Es el primer compartimiento del tubo digestivo que sigue a la boca, después de esto continúa el esófago.
- d. Molleja: Es la parte gruesa y musculosa del tubo digestivo puede estar situada en el esófago, la molleja esofágica, o en el comienzo del intestino, Molleja intestinal.

- e. Buche: Es ancho y de paredes delgadas y está situado entre el esófago y la molleja.
- f. Esófago: Es recto y alargado, en el cual desembocan 3 glándulas calcíferas.
- g. Glándulas de Moren: Son las que se encargan del metabolismo del calcio cuando existen, están ubicadas en el esófago.
- h. Intestino: Se puede reconocer gracias a la transición brusca con el esófago y muchas veces por la presencia de válvulas.
- i. Ciegos intestinales: Son los apéndices huecos terminados en fondo de saco que aparecen en el trayecto del intestino.
- j. Nefridios: Es el órgano central del sistema excretor. Se denominan holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmentos y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmentos.
- k. Bazo dorsal y ventral: Dentro del aparato circulatorio son los principales. El bazo dorsal se ubica sobre el tubo digestivo y el Bazo ventral debajo de éste. El bazo dorsal puede ser doble en algunos segmentos de la parte delantera del cuerpo.
- l. Bazo supra-intestinal y supra-esofágico: Bazo impar, no siempre presente, situado longitudinalmente entre el esófago – intestino y el bazo dorsal.

- m. Bazo extra-esofágico o latero-esofágico: Bazo par que corre a los lados del esófago, longitudinalmente, entre este y los corazones a veces se fusionan en un bazo único sobre el esófago.
- n. Corazones: Son asas pares, contraídas situadas en la región esofágica del cuerpo, ligando los bazos dorsal y supra-intestinal con el ventral. Pueden ser de 3 tipos: corazones laterales, son los que se ligan directamente al bazo dorsal con el ventral; corazones intestinales o esofágicos, cuando existen son los que conectan directamente el bazo supra-intestinal con el ventral; corazones latero-intestinales o latero-esofágico, cuando existen son los que ligan el bazo dorsal y el supra-intestinal con el ventral.
- o. Testículos: Están presentes de uno o dos pares de tamaño pequeño y ubicados ventralmente antes de los segmentos 10 y 12, rara vez más adelante, a la lombriz se le llama Holándrica cuando tienen dos pares de testículos y Meroándrica cuando tienen un par.
- p. Pabellones testiculares: Es la parte anteriormente alargada y generalmente plegada a los canales deferentes, corresponde uno para cada testículo y se les identifica por el color blanco brillante, debido a los espermatozoides aglutinados.
- q. Canales deferentes o conductos masculinos: Son los que permiten la salida de los espermatozoides, correspondiendo uno para cada testículo. Se prolongó hacia la parte trasera del cuerpo y después de

un determinado número de segmentos se abren a través de los poros masculinos, después de los pabellones testiculares los canales pueden formar un ovillo más o menos compacto, el epidídimo, están ubicados generalmente abajo del peritoneo, ventralmente.

- r. Sacos testiculares: Son las cámaras que envuelven a los testículos y pabellones testiculares, formados por el peritoneo, no están siempre presentes.
- s. Vesículas seminales: Son invaginaciones pares del tabique posterior y/o anterior de los segmentos testiculares. Son voluminosos y blandos, debido a los espermatozoides en su interior.
- t. Ovarios: Están presentes en general un par y entonces las lombrices se denominan metaginadas. Es poco frecuente cuando las lombrices tienen dos pares, en este caso se denominan hologénicas, se les encuentra comúnmente en el segmento número 13.
- u. Ovisacos: Son ovaginaciones pares del tabique posterior del segmento que contiene el ovario, no siempre están presentes.
- v. Espermatecas: Son los sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes. (Tineo, 1994; Cristales, 2000; Ferruzzi, 1987; Terranova, 1995; Santos, 2000).

2.2.3.3. Fisiología de la Lombriz Roja Californiana.

2.2.3.3.1. Sistema digestivo.

El aparato digestivo de la lombriz es de forma tubular y recta, con una abertura anterior en la boca y una posterior en el ano. Entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo se forma una cavidad llamada celoma. Esta cavidad se encuentra dividida simétricamente en cada segmento, en dos compartimientos, en cuyo interior circula el líquido celómico que junto con la sangre transporta el alimento, los desechos y los gases respiratorios dentro del cuerpo de la lombriz. El alimento es masticado en la molleja luego pasa al intestino, en donde las grasas, proteínas y carbohidratos son atacados por diferentes enzimas digestivas. (Clark, 2000).

Las paredes de la faringe están provistas de una gran cantidad de células glandulares oscuras que segregan mucus que contienen una proteosa. (Ferruzzi, 1987; Santillán, 1997).

Este mucus sirve para humedecer el alimento, el buche funciona como un órgano de almacenamiento temporal, humedeciendo y ablandando previamente el alimento; mientras que la molleja tritura el alimento, preparándolo para los estadios finales de absorción y digestión. (Ferruzzi, 1987).

En el esófago se encuentran las glándulas calcíferas o de Morren que cumplen la función de controlar la concentración de ciertos iones en la sangre especialmente de calcio y carbonatos.

El tracto digestivo de la lombriz segrega algunas enzimas como pepsina y tripsina que actúan sobre las grasas, amilasas que activan sobre los carbohidratos; luego, los alimentos digeridos son absorbidos por el torrente sanguíneo a nivel del intestino y los materiales no digeridos son excretados por el ano. (Ruiz, 1999).

2.2.3.3.2. Sistema excretor.

Como ya se ha explicado anteriormente la sangre y el líquido celómico se encarga de transportar los desechos dentro del cuerpo de la lombriz. En principio existe un par de Nefridios en cada segmento, excepto en los 3 primeros y en el último. Los desechos pasan a ellos a través del líquido celómico, en donde los nefridios funcionan como pequeños riñones, el líquido celómico entra a través del nefrostoma, que es la abertura del nefridio en la cavidad del cuerpo; continúa dentro del nefridio recorriendo los distintos tubos (tubo estrecho, medio, ancho y muscular), en donde se realiza la filtración de los desechos. El nefridio termina en una abertura, el nefridioporo, en el lado ventral de cada segmento a través del cuerpo de la lombriz, donde se produce la secreción de los desechos. (Navas, sf; Tineo, 1994).

2.2.3.3.3. Aparato circulatorio.

La sangre circula en el cuerpo de la lombriz en los bazos localizados a lo largo de ella, tiene hemoglobina por lo que es de color rojo (Castillo, sf).

Entre los segmentos VII y IX se conectan los bazos dorsal y ventral, a través de cinco pares de tubos musculares, los corazones, que se encargan de enviar la sangre hacia la parte posterior de la lombriz por medio del bazo ventral.

En el bazo dorsal, sobre el tubo digestivo, circula la sangre hacia delante, ésta circulación dorsal toma alimento de los senos y capilares del intestino y lo llevan hacia la parte anterior del cuerpo. El bazo ventral distribuye la sangre lateralmente y hacia fuera en cada segmento, alimentando los nefridios y la pared del cuerpo de la lombriz; regresan al bazo dorsal utilizando los bazos segmentarios eferentes y el bazo parietal. (Santillán, 1997).

Los bazos neurales transportan parte de la sangre recién oxigenada en los bazos parietales hacia el bazo dorsal. (Tineo, 1994).

2.2.3.3.4. Sistema respiratorio.

El intercambio gaseoso se lleva a cabo en la superficie del cuerpo de la lombriz. El extremo posterior del cuerpo ondea rítmicamente para ventilar su superficie. Cuando le falta oxígeno, la lombriz saca al exterior

una parte mayor de su extremo posterior y aumenta la frecuencia de sus movimientos de ventilación. La lombriz absorbe oxígeno y anhídrico carbónico a través de una red fina de capilares ubicados cerca de la cutícula. La cutícula se mantiene húmeda constantemente, lo cual posibilita el intercambio de gases. (Terranova, 2000; Cristales, 1997).

2.2.3.3.5. Sistema nervioso.

En contacto con la epidermis existe un plexo nervioso subepidérmico que se engruesa para formar un par de cordones nerviosos ventrales, conectados en cada segmento por comisuras en los puntos de unión de los cordones nerviosos y las comisuras existen ganglios. En el extremo anterior del cuerpo hay un anillo nervioso periorgánico, el cerebro, formado por un par de ganglios cerebrales, dorsales conectados entre sí por una comisura cerebral ubicada en el tercer segmento. En cada segmento se puede ver un ganglio. Del cordón nervioso y de los ganglios salen ramificaciones de nervios sensibles a la luz; son más abundantes en los extremos de la cabeza y de la cola. (Terranova, 2000; Tineo, 1994; Nason, 1968).

2.2.3.3.6. Aparato neuro sensorial.

Las lombrices de tierra carecen de ojos, en su lugar existe en la piel células fotosensibles, las cuales les permite reaccionar frente a la

luz, evitándola, ya que expuesta a ellas muere en pocos minutos. Existen más células fotosensibles en el prostomio y en los segmentos anteriores que en las otras partes del cuerpo. (Castillo, sf.).

En la epidermis se encuentra el sentido del tacto que se centra en las terminaciones nerviosas y en las células neurosensoriales, que le permite a la lombriz percibir vibraciones las cuales les provoca estrés.

En la epidermis, hay también nervios especializados en reaccionar solo al PH. También existen órganos gustativos que permiten distinguir entre diferentes tipos de alimento. La T° es otro de los impulsos que la lombriz puede percibir a través de su aparato neurosensorial. (Tineo, 1994; Cristales, 2000).

2.2.3.3.7. Sistema reproductor.

Una de las características de las lombrices que las hace especialmente propicias para una reproducción intensiva, es la de ser hermafrodita, cada individuo posee órgano reproductor masculino y femenino; sin embargo la lombriz es hermafrodita incompleta, ya que no puede autofecundarse y requiere de la participación de otro individuo para reproducirse. (Díaz, 1995; Terranova, 2000; Santillán, 1997).

a) Sistema reproductor masculino.

Está formado por dos pares de testículos, localizados entre los segmentos 9 y 10, cuya función es la de reproducir espermatozoides.

Estos últimos se depositan en unos sacos voluminosos conocidos como vesículas seminales (2 pares) en la que los espermatozoides terminan su desarrollo. Durante la cópula, el semen depositado en las vesículas es transportado por unos conductos o canales deferentes, los cuales se prolongan más atrás hasta terminar en los poros masculinos. Cuentan también con receptáculos seminales o espermatecas que son unos sacos que reciben el semen de otra lombriz durante la cópula, están ubicados entre los segmentos 9 y 10. (Tineo, 1994; Cristales, 1997).

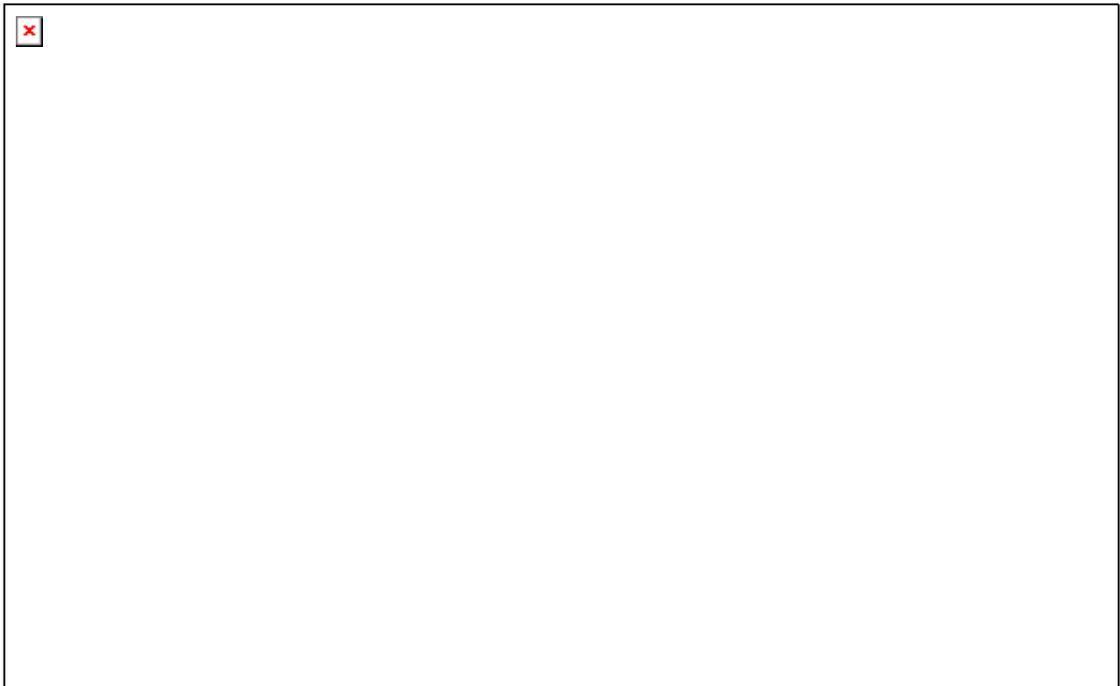
b) Sistema reproductor femenino.

Está formado por dos pares de ovarios, ubicados entre los segmentos 13 y 14, cuya finalidad es la de producir óvulos, los cuales se depositan en ovisacos. Durante el desarrollo de la fecundación los óvulos salen de los conductos denominados oviductos hasta los poros femeninos que son aberturas de la pared del cuerpo por donde son expulsados.

2.2.4. CICLO BIOLÓGICO.

2.2.4.1. 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 mucus que forma una especie de anillo viscoso entorno a ellas y que les permite mantenerse estrechamente unidas mientras se intercambia el esperma producido por ambas (Tineo, 1994; Aranda, 1995).



2.2.4.2. Fecundación.

Una vez separadas las lombrices después del apareamiento, del clitelo de cada una de ellas se genera una formación tubular, viscosa y densa que resbala poco a poco a través de la parte anterior del cuerpo y pasa escogiendo los huevos que cada uno de los poros genitales ha segregado, pasando también por el conducto que proviene del receptáculo seminal en donde se encuentran almacenados los espermatozoides; finalmente, esta secreción se desprende una semana después de la copulación del cuerpo del animal endureciéndose al contacto con el aire y formando el capullo con la forma de una gota de agua (Ver Fig. 3). Es por tanto en el interior de estos capullos donde se lleva a cabo la fecundación de los



huevecillos que podrán dar lugar a un promedio de 7 individuos según la característica. (Aranda, 1995).

Fig. 3. Capullos o cocones de la Lombriz *Eisenia foetida*.

2.2.4.3. Longevidad.

Las pequeñas lombrices que salen del capullo crecen rápidamente y al cabo de un período entre 1 y 3 meses se encuentran sexualmente maduras para multiplicarse. (Ver Fig. 2).

Aunque han sido mencionadas longevidades entre 4, 8 y hasta 10 años, experimentalmente se han reportado para *Eisenia foetida* una longevidad de 1000 días a 25 °C. (Ferruzzi, 1987; Aranda, 1994).

2.2.4.4. Regeneración.

Existe una creencia muy difundida acerca de la posibilidad de que las lombrices, partidas o rotas en 2 piezas, regeneren en cada parte la zona partida y forman dos individuos completos; esto es falso pues está demostrado que la lombriz tiene la capacidad de regenerar una parte amputada solo cuando ésta se encuentra en la zona posclitelar. (Aranda, 1995; Matons, 1948; Cristales, 2000).

2.2.5. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

Todas las actividades de las lombrices están ligadas a la temperatura, densidad poblacional y la calidad del alimento, cada una de éstas influye de manera diferente en las características biológicas de la lombriz (Aranda, 1995).

2.2.5.1. Sobrevivencia.

En general los estados juveniles son menos tolerantes a las Temperaturas extremas que los adultos; *E. foetida* puede sobrevivir en temperaturas entre 10 y 25 °C.

2.2.5.2. Producción de capullos.

La máxima producción reportada de capullos de *E. foetida* ha sido encontrada de 466 capullos provenientes de 10 lombrices adultas en 3 meses; de estos capullos nacieron 2,150 lombrices y señalando en 3 meses el período de máxima producción de capullos. La producción de capullos está fuertemente influida por la T°; la producción se incrementa, con el incremento de la T°, siendo mayor en *E. foetida* a T° constante de 25 °C. (Cristales, 1997).

La cantidad más alta de capullos producidos de *E. foetida* ocurre de las 9 a 11 semanas y se producen más capullos cuando los adultos son regularmente movidos a sustratos nuevos, lo que resulta también

en lombrices más grandes, La producción total, el número de emergencia y la tasa de emergencia decrece conforme se incrementa la densidad poblacional. (Aranda, 1995; Santillán, 1997).

2.2.5.3. Número de emergencia de capullos.

Los capullos de *E. foetida* producen un promedio de dos lombrices, con un máximo de 7, el número promedio más alto por capullo se obtiene cuando los capullos se incuban entre 10 y 15 °C, siendo significativamente más alto cuando la T° está fluctuando. (Amador, 1997).

2.2.5.4. Incubación y tasa de emergencia.

En T° de 5.6 a 10 °C, *E. foetida* muestra una tasa de emergencia de 88% y un tiempo de incubación de 86 días, mientras que a 25 °C presenta un 40% de emergencia y un tiempo de incubación de 19 días; por lo que en climas tropicales a pesar que disminuye la tasa de incubación comparado con climas templados, disminuye también la tasa de emergencia (Cristales, 2000).

2.2.5.5. Crecimiento.

El crecimiento está correlacionado con la cantidad de alimento disponible y por supuesto también con el tipo de alimento proporcionado, siendo los más utilizados el estiércol de cerdo, el ganado vacuno, el de caballo y después el de aves de corral.

2.2.5.6. Maduración.

En una población de *E. foetida* en campo solo un pequeño porcentaje alcanza la madurez sexual, menos del 1% de la población total.

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

2.2.5.7. Mortalidad.

Bajo condiciones óptimas, la mortalidad natural de *E. foetida* ha sido estimada de 0 a 1% por semana, a 25 °C. Las temperaturas extremas causan altas mortalidades de *E. foetida* en condiciones de crianza, alcanzan de 30 y 70% de mortalidad en el transcurso de dos semanas a 5 y 33 °C respectivamente.

En total ausencia de materia orgánica, la pérdida de peso se calcula de 1.3% de peso corporal por día para una prueba de 37 días a 25 °C. (Aranda, 1995; Cristales, 2000).

2.3. IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LA LOMBRIZ.

Con su actividad las lombrices contribuyen a mejorar algunas características físicas, químicas y biológicas del suelo.

2.3.1. Efecto sobre la estructura del suelo.

La estructura del suelo está determinada por la ventilación y los gases agregados del campo, que en la mayoría de los casos se deben a la acción de las lombrices por los orificios hechos y su grado de estabilidad a los efectos mecánicos de los filamentos de tejidos vasculares de los restos vegetales ingeridos. Estas características son importantes para los movimientos del agua.

2.3.2. Efecto sobre la circulación de nutrimentos.

Los túneles que las lombrices de tierra, generalmente quedan más enriquecidos en calcio, potasio y fósforo que el suelo que los rodea; lo cual demuestra que estos animales desempeñan una labor importante.

Otro caso fundamental se debe a la actividad de las lombrices de tierra sobre la disponibilidad de nitrógeno secretado principalmente por la epidermis como mucoproteínas, y por la orina que contiene amonio, urea, o ácido úrico y alantoína, sustancias solubles en el suelo donde intervienen microorganismos en el ciclo de nitrificación.

Otra fuente la constituye su cuerpo, que contiene aproximadamente el 70% como peso seco en proteína, la que se descompone rápidamente al morir la lombriz y constituye una fuente de nitrógeno mineralizado. Todo indica que las lombrices ayudan a la mejor disponibilidad de fósforo, calcio y otros elementos menores.

2.3.3. Efectos biológicos.

Si la lombriz de tierra tiene una marcada influencia sobre la estructura del suelo, solubilización, mineralización, intercambio iónico, absorción y translocación de elementos vitales para la nutrición vegetal, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio; es lógico correlacionarlos con niveles de fertilidad influidos por un mayor o menor número de individuos o poblaciones, cuya respuesta se traduce en un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas dentro de la relación suelo, planta, ambiente. (Terranova, 1995).

2.4. IMPORTANCIA DEL LOMBRIABONO EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA.

La agricultura orgánica considera que lograr un suelo en equilibrio químico (nutrimentos) y biológico (microorganismos) es de fundamental importancia, por lo que un suministro regular de materia orgánica con los efectos benéficos antes mencionados se constituye en su base principal, (Gálvez, 1997).

El abono orgánico producido por las lombrices contiene compuestos y características físicas y químicas que no pueden ser proporcionadas por ningún fertilizante químico elaborado en la actualidad. Es en este aspecto en donde el abono orgánico producido por las lombrices coloca verdadero interés y las tendencias actuales apuntan a una cada vez mayor importancia de productos de tipo ecológico que favorezcan la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. (Aranda, 1994).

2.5. IMPORTANCIA DE LA LOMBRICULTURA EN LA INDUSTRIA.

La Lombricultura en sí es considerada como una industria porque a partir de grandes cantidades de desechos orgánicos biodegradables y la combinación de técnicas de manejo se obtienen dos productos de valor comercial; la lombricomposta, considerado como un

fertilizante orgánico y orina de lombriz obtenida al secar y triturar la lombriz, la cual tiene un alto contenido de proteína. (Ruiz, 1999).

El lombricomposteo puede combinarse con el manejo de sustancias de desecho de origen orgánico, ya sea rural, urbano o industrial; el objetivo principal es reducir el volumen de estos desechos y la producción de lombriz y abono son secundarios. (García, 1999).

En México, el lombriabono es utilizado como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, en los beneficios de café, también se utiliza la lombriz para la descomposición de grandes cantidades de pulpa de café. (Aranda, 1988).

2.6. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LOMBRIZ PARA LA ALIMENTACIÓN.

La carne de lombriz es muy alta en proteína, conteniendo alrededor del 64.82%, esta característica la hace apta para la alimentación de animales y aún para la alimentación humana, debido también a la presencia de una fracción importante de aminoácidos esenciales, (Cuadro 1), (Cristales, 1997; Aranda, 1995; García 1999).

La carne de lombriz, comparándola en su contenido de proteína con la carne de pescado y de res y con proteína de soya, es superior en muchos de sus componentes a los anteriores. Cabe también señalar que esta proteína es sintetizada únicamente basándose en desechos

orgánicos y fuentes de celulosa, no así las otras proteínas, que son sintetizadas basado en alimentos mucho más costosos. (Solarte, s.f.).

En investigaciones realizadas en 1999 con el propósito de mejorar la calidad de los alimentos se utilizó harina de lombriz en la preparación de embutidos; con lo que se elevó el porcentaje de proteína contenido en chorizo popular de un 8.92% a un 13.74%, elevando también la proteína en otros productos como carne para hamburguesa, salchichas y otros. (Weil, 1999).

Cuadro 1. Contenido y composición aminoácida de la harina de carne de lombriz (*E. foetida*).

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

* Aminoácidos esenciales.

Fuente: Escuela Nacional de Agricultura

2.6.1. Otros usos de la lombriz.

De los beneficios antes mencionados la lombriz roja californiana tiene muchas perspectivas de uso en otros campos, debido a sus características muy particulares, uno de esos campos es la industria farmacéutica que aprovecha la inmunidad natural que esta tiene, además de otras características para la elaboración de remedios contra asma, bronquitis, impotencia, reumatismo y enfermedades de la piel. (Santos, 1997).

2.7. ASPECTOS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN Y MANEJO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia Foetida*).

2.7.1. Ubicación.

La producción de lombrices puede ser ubicada en cualquier parte, siendo preferiblemente en un lugar de fácil acceso para las normales operaciones de riego y de distribución de alimento, siempre que este lugar esté lo suficientemente aireado y lejos de fuentes directas de calor y de frío. (Aranda, 1987).

2.7.2. Temperatura.

Para poder lograr una rápida y uniforme reproducción la temperatura del sustrato o lugar donde viven las lombrices debe estar entre 16 y 28 °C. hay que tener cuidado con la acumulación de material sin previa descomposición, ya que se aumenta el calor y puede ser crítico para las lombrices. (Santos, 1997).

2.7.3. Humedad.

La humedad en el sustrato se debe mantener entre un 70 a 80%, ya que la lombriz no tiene dientes, por esto debemos darle humedad para que pueda absorber su alimento como una pequeña aspiradora. (Santillán, 1997; Solarte, sf.).

2.7.4. PH.

El PH óptimo que debe tener el sustrato para la crianza de las lombrices se encuentra entre el neutro o ligeramente alcalino, con un rango que puede variar entre 4.5 a 8.

Esto se puede lograr midiendo el PH del alimento que será dado a las lombrices utilizando papel tornasol o un peachimetro. (Solarte, sf.).

2.7.5. Luz.

La lombriz roja no tolera la luz y los rayos ultravioleta la mata. Por esta razón, la iluminación natural o artificial, no tiene que incidir en su hábitat. (Solarte, sf.).

2.8. MANEJO DE LOMBRICULTIVO.

Por manejo del lombricultivo se entiende todas aquellas actividades que se llevan a cabo para lograr en el menor tiempo posible la mejor conversión de los desechos utilizados como alimento de la lombriz, así como también el manejo de las condiciones ambientales para lograr un mayor crecimiento del pie de cría utilizado. (Cristales, 1997).

2.8.1. Siembra del pie de cría.

La velocidad de transformación del sustrato depende de la cantidad de lombrices. Cuando se desea un proceso rápido, la densidad de lombrices debe de ser alta, alrededor de 5 Kg. de lombriz pura por m². (Cristales, 1997).

2.8.2. Sistema de siembra.

El lombricultivo se inicia depositando el pie de cría en las camas, asegurando que esta capa inicial sea aproximadamente de 10 a 15 cms. Si es necesario para completar esta altura, se puede depositar en el

fondo de la cama, estiércol descompuesto y luego colocar encima el pie de cría. Otra metodología es colocar una capa de 10 cm. de zacate seco en el fondo y luego colocar la lombriz comercial encima (con todo y sustrato) y por último colocar una capa de 5 cm. de sustrato alimenticio. Así se asegura que la lombriz disponga de un medio para refugiarse si las condiciones del alimento no son adecuadas. (Cristales, 1997; Amador, 1997).

Cuando el sustrato es el adecuado, la lombriz lo acepta al cabo de 24 horas. El alimento deberá ser proporcionado en capas de 5 a 10 cm. si el pie de cría es el adecuado esta cantidad será consumida en 2 a 4 días. Por lo anterior el alimento deberá ser proporcionado de acuerdo a la demanda de la lombriz, (Amador, 1997).

2.8.3. Alimentación.

La calidad del alimento proporcionado es de gran importancia para lograr el éxito en la crianza de lombrices, si el alimento proporcionado es de óptima calidad, se asegura la rápida producción del pie de cría y la transformación del sustrato, aumentando con ello el desarrollo y cantidad de lombrices en un corto tiempo.

Los materiales utilizados como alimento para las lombrices deben tener las siguientes características:

- a) Materia orgánica biodegradable.
- b) No contener sustancias tóxicas como ácido en el caso de la gallinaza, insecticidas y/o pesticidas.

Para que el alimento sea aceptado inmediatamente por las lombrices deberá tener un adecuado proceso de maduración. El proceso de maduración del sustrato está relacionado con el estado de descomposición del mismo y de condiciones tales como: PH, y la temperatura, que son de los factores más importantes que afectan el crecimiento de la lombriz, (Ruiz, 1999; Cristales, 1997).

2.8.3.1. Sistema de alimentación.

Se utilizan capas delgadas (máximo 5 cm.) esto se hace por las siguientes razones:

- Evitar el calentamiento del sustrato cuando está muy fresco.
 - Facilitar la aireación del cultivo.
 - Asegurar la transformación del material.
 - Mantener las lombrices alimentándose en la parte superior.
- (Cristales, 1997).

2.8.3.2. Frecuencia y cantidad de alimento proporcionado.

La cantidad de alimento se puede estimar de acuerdo a la densidad de lombrices en un área determinada, tomando como base la cantidad de alimento que consume diariamente la lombriz y a su tasa de reproducción. Como norma práctica se recomienda chequear una o dos veces si hay alimento, pues las densidades de lombrices van a variar en el tiempo, es recomendable que el alimento sea de un espesor de no más de 5 cm. y 30-50 cm. de ancho. Luego se riega el alimento para permitir la distribución de agua al resto de la cama y atraer la lombriz a ese punto. (Amador, 1997).

2.8.3.3. Necesidades de humedad y frecuencia de riego.

El alimento se prepara 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 del 80 a 85% de humedad. Una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices, haciendo que disminuyan su reproducción; no obstante, la lombriz puede vivir temporalmente en mucha humedad pero no trabaja ni se reproduce. (Cristales, 2000; Tinneo, 1994).

El riego es una actividad que debe efectuarse cada vez que el módulo o lecho lo requiera, no hay que exagerar con la cantidad; es mejor regar dos veces al día con poco agua, que hacerlo una sola vez con demasiada. (Ferruzzi, 1987).

2.8.4. Enfermedades y plagas.

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

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

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

Las hormigas presentan problemas serios en algunos casos. La forma que se ha encontrado para sacarlas de las camas de las lombrices es mediante la utilización de chingaste de café como repelente y como alimento para las lombrices.

Las lombrices también poseen parásitos, entre ellos están diferentes moscas que en estado larval las parasitan y pueden reducir las poblaciones. (Castillo, sf.).

2.8.5. Cosecha.

La separación de la lombriz y la cosecha del lombrihumus se puede hacer de 2 a 4 veces por año, dependiendo de la velocidad de

descomposición del alimento. Cuando el sustrato llega a la altura máxima de la cama, se suspende la alimentación y el riego durante una semana, para obligar a las lombrices a consumir todo el material que no se ha transformado. A la semana siguiente se extiende una malla plástica sobre la cama y se alimenta de nuevo, una semana después se retira la malla con la capa superior donde ha subido la lombriz. (Díaz, 1995; Amador, 1997).

Primero se cosecharán las lombrices y posteriormente el humus.

Para iniciar la cosecha de las lombrices y luego del humus debe percatarse o darse cuenta de la presencia o ausencia de huevos; además de ver por si el producto a cosechar, es decir, el humus (que es de color negro desmenuzable, granulado e inodoro); y recordar que el tiempo de formación del humus es de 2 a 3 meses con una densidad adecuada de lombrices. (Díaz, 1995).

2.9. Generalidades y características del humus de lombriz.

El humus es la fracción más estable de la materia orgánica es una sustancia coloidal carente de estructura cristalina, muy compleja, esencialmente de naturaleza lignoprotéica, de color oscuro, con una relación carbono nitrógeno entre 10 a 12, posee una elevada capacidad

de intercambio catiónico y con grupos ionizables esencialmente ácidos. (Gómez De, 2000).

El humus de lombriz o “Vermicompost” constituye un abono de excelente calidad, debido a sus propiedades y composición que lo hace el mejor orgánico del mundo. (Sardi, 1991).

El humus de lombriz contiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, elementos esenciales para la vida vegetal; además son rico en oligo elementos, los cuales son igualmente esenciales para la vida de todo organismo, por lo cual resulta un material más completo que los fertilizantes industriales químicos-sintéticos, que es capaz de ofrecer a las plantas una alimentación más equilibrada. Otra de las ventajas del humus de lombriz frente a los fertilizantes químicos, consiste en que sus elementos básicos están presentes en forma mucho más utilizables y asimilables por las raíces de las plantas. (Escobar, 1998).

En particular el Vermicompost contiene buenas cantidades de auxinas y hormonas vegetales que actúan sobre el crecimiento de las plantas, el conjunto de sus propiedades químicas, así como su alta carga bacteriana y la presencia de enzimas, hacen de éste un producto valioso para los terrenos que se han vuelto estériles, debido a

explotaciones intensivas, uso de fertilizantes químicos poco equilibrados y empleo masivo de plaguicidas. (Clark, 2000; Sardi, 1991).

Otra de las características del Vermicompost es que contribuye a mantener y mejorar la estructura y estabilidad de los suelos, al conferirles una gran resistencia a la erosión y una adecuada porosidad y permeabilidad al agua facilitando así la penetración de las raíces, favoreciendo al mismo tiempo la liberación lenta y progresiva de los nutrientes, poniéndolos a la disposición de las plantas a la velocidad que las mismas pueden aprovecharlos, evitando la erosión de los suelos y la pérdida de nutrientes hacia los ríos y mantos freáticos. (Delgado, 1995).

2.10. TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE LOMBRICES.

2.10.1. Generalidades.

La base de la alimentación de las lombrices se conoce como sustrato, el cual se coloca en el lecho y estas lo transforman en humus.

Independientemente de cual sea la sustancia orgánica que se desee utilizar ésta debe de tener un contenido en celulosa no inferior a un 20-25%, en forma de paja triturada, papel o cartón, por ejemplo. (Ferruzzi, 1987).

El sustrato además de contener el material celulósico debe poseer vitaminas y minerales esenciales para asegurar un adecuado crecimiento a las lombrices. Según el clima, el espesor del sustrato básico varía pudiendo llegar hasta 50 cm.

Los sustratos que más se utilizan son los estiércoles y que en su mayoría proceden de explotaciones intensivas zootécnicas; sin embargo, los estiércoles de aves, en general no son aconsejables, debido a su fuerte acidez producida en el período de maduración.

A continuación se describen algunas características de los sustratos más comúnmente utilizados para la alimentación de las lombrices.

2.10.1.1. Estiércol de bovino.

Es muy bueno, utilizable también como sustrato inicial y como alimento durante la producción el período mínimo aconsejable de envejecimiento es de 6 meses, pero es más fácil encontrarse con un PH adecuado, cuando este período ha sido de 7 meses.

El estiércol de bovino contiene 1.42% de nitrógeno, 0.18% de fósforo, 4% de potasio y 0.262% de manganeso. (André, 1967).

2.10.1.2. Estiércol de conejo.

Constituye un alimento óptimo si se usa en estado original o se recoge debajo de las jaulas de los conejos, tiene que ser tratado y oxigenado antes de poder ser suministrado, debido a su peculiar 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 contiene 2.6% de nitrógeno, 3.1% de fósforo y 3.2.% de potasio. (Ferruzzi, 1987; CIDA, sf.; Castillo, sf.; Ruiz, 1999).

2.10.1.3. Estiércol de cabra.

Es un producto bastante bueno pero difícil de conseguir. Normalmente este estiércol se presenta en forma de bolitas endurecidas y se puede suministrar de esta forma siempre y cuando tenga la humedad adecuada. Los valores nutritivos de este estiércol son: 2.0 de nitrógeno, 1.5 de fósforo y 2.1 de potasio. (Clark, 2001; Ruiz, 1999).

2.10.1.4. Bagazo de caña.

Es un material ligno celulósico residual, el cual contiene un gran contenido de humedad y una pequeña cantidad de sólidos solubles; que se obtiene en grandes cantidades, de los ingenios azucareros, después de la extracción del azúcar de la caña, actualmente este se emplea como combustible en los ingenios donde se procesa la caña; el bagazo entero

disecado puede mezclarse con maleza y al adicionarle otros productos puede ser utilizado 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 0.07% de fósforo (Zegarra, sf.; Mendoza, 1991).

2.10.1.5. Cáscara de plátano.

En El Salvador, las musáceas siempre han desempeñado un papel importante en la dieta alimenticia, por ser un país en donde se encuentran las condiciones ambientales favorables para el desarrollo del cultivo; existiendo en la actualidad gran cantidad de explotaciones dedicadas a la producción de frutos de buena calidad.

El consumo se limita a la parte carnosa del fruto eliminando las cáscaras que muchas veces presentan un problema por su acumulación, debido a que no existe un adecuado aprovechamiento de estos materiales.

Tomando en consideración los hábitos alimenticios y de conversión de la lombriz doméstica, el uso de cáscaras de plátano como sustrato, podría ser una alternativa a corto plazo para utilización eficiente de estos desechos. (Ángel, 1997).

2.10.1.6. Basura orgánica.

Puede utilizarse cualquier tipo de basura orgánica siempre y cuando posea un contenido de celulosa no menor del 20 al 25%, estos pueden utilizarse preparadas o molidas para obtener un material granuloso o en estado bruto. (Tineo, 1994.).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LOCALIZACIÓN.

El ensayo se realizó en el área de Lombricultura del departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en las coordenadas geográficas 13°43.3' LN y 89°12.4' LW, con una elevación de 710 m.s.n.m.

3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.

En el lugar donde se realizó el ensayo se presentaron promedios anuales de temperatura de 23° C, humedad relativa del 72% y un

promedio de luz solar de 8.2 horas al día. (Almanaque Salvadoreño, 1993).

3.3. DURACIÓN DEL ENSAYO.

El ensayo se realizó en un período de 123 días desde el 30 de Marzo hasta el 31 de Julio de 2001.

3.4. INSTALACIONES Y EQUIPO.

Las instalaciones donde se realizó el ensayo constan de un propagador construido de madera aserrada, piso de tierra y techo de lámina plástica transparente; el cual es utilizado por la unidad de Lombricultura con dimensiones de 10 m de largo por 5 m de ancho por 3 m de alto.

Las unidades experimentales fueron 35 cajas de durapax con dimensiones de 0.5 x 0.3 x 0.2 m.; los cuales se colocaron sobre bancos de madera de 5.85 m de largo por 1.20 m de ancho por 0.8 m de alto. Estas cajas fueron rotuladas y ordenadas en el banco según el bloque y tratamiento asignado.

Para el control de la humedad y acidez se utilizó un peachímetro manual, la temperatura se midió con un termómetro de suelo, además se utilizó una manguera para humedecer el sustrato.

El alimento para las lombrices fue suministrado en raciones, basándose en el peso promedio de las lombrices inoculadas y a la cantidad de lombrices; para obtener el peso promedio de las lombrices se utilizó una balanza semi analítica y para pesar el alimento suministrado se utilizó una báscula tipo reloj con capacidad de 20 lb.

3.5. PIE DE CRÍA.

Se utilizaron 21,000 lombrices roja californiana (*Eisenia foetida*), las cuales fueron proporcionadas por la unidad de Lombricultura del departamento de Fitotecnia de la Universidad de El Salvador. Todas estas lombrices con clitelo formado, característica que indica que las lombrices han alcanzado su madurez sexual. En la Fig. 4 se puede observar un ejemplo de las lombrices utilizadas en el ensayo.



Fig. 4. Lombriz Roja Californiana en su estado adulto.

3.6. PLAN DE MANEJO.

3.6.1. Preparación del sustrato básico.

Una semana antes de inocular con las lombrices se prepararon las cajas colocándoles papel periódico en el fondo y 5 cm de sustrato básico a cada una, el cual tenía un peso de 1.14 kg. Este sustrato básico consistió en estiércol de bovino al que se le agregó 3 g. de cal a fin de obtener un PH neutro.

3.6.2. Inoculación.

Previamente a la inoculación se realizó una prueba de supervivencia conocida como P50 L, la cual consistió en colocar 50 lombrices por caja y observar su comportamiento. Como a las 24 horas, el sustrato fue aceptado por las lombrices y no hubo mortalidad, se procedió a la inoculación definitiva que consistió en colocar 550 lombrices por caja para dejar un total de 600 lombrices adultas por caja.

3.6.3. Alimentación de las lombrices.

Doce días después de la inoculación se realizó la primera alimentación colocando una ración de 2.27 kg. por caja en los diferentes sustratos. Las siguientes alimentaciones se realizaron según el consumo de los sustratos con el criterio de alimentar cuando se había consumido más del 80% de la ración anterior.

3.6.4. Control de humedad, acidez y temperatura.

Este se realizó con peachímetro y termómetro al momento de cada alimentación para asegurar que el sustrato suministrado presentara las condiciones óptimas de acidez, temperatura y humedad.

3.6.5. Riego.

Este se aplicó en forma cernida con una manguera de pitón aproximadamente unos 250 ml. de agua por caja a intervalos de dos días para mantener los lechos con la humedad adecuada (80 – 85%).

3.6.6. Control de enemigos naturales.

Las cajas se revisaban a diario para observar la presencia de enemigos naturales, en este caso se realizó únicamente control de hormigas, usando repelentes naturales, en este caso se realizó únicamente control de hormigas usando repelentes naturales como hierva buena y achaco de café.

3.7. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.

Para el análisis de los resultados del ensayo se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, con 7 tratamientos y 5 repeticiones cada uno. La distribución de los tratamientos en las unidades experimentales se realizó en forma aleatoria; a los tratamientos se aplicó una prueba de Duncan.

El modelo matemático:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta observada en la repetición J y donde se aplicó el tratamiento.

U = Media experimental.

T_i = Efecto del tratamiento

E_{ij} = Error experimental

I_n = Número de tratamiento

J_n = Número de tratamiento

3.7.1. Distribución estadística del modelo.

El modelo estadístico utilizado (bloques completamente al azar) está distribuido en 2 fuentes de variación:

Cuadro 2. Distribución estadística del modelo utilizado en la evaluación

de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADO DE LIBERTAD
Tratamiento	6
Error experimental	34
Total	40

3.7.2. Coeficiente de variabilidad (C.V.).

Es el porcentaje de variabilidad de los datos con respecto a la media que indica la confiabilidad de los resultados del experimento y la representatividad de la media experimental. En experimentos de campo se considera aceptable un CV de 25 a 40%.

3.7.3. Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos evaluados fueron materiales orgánicos de origen animal y vegetal. En el cuadro 3 se describe cada uno de ellos.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos utilizados en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz.

TRATAMIENTO		CARACTERÍSTICAS
T ₁	Estiércol de bovino	Estiércol madurado proveniente de la Estación Experimental, presenta una textura mullida.
T ₂	Estiércol de conejo	Estiércol recolectado bajo las jaulas de las conejeras de la Estación Experimental suministrado en forma original, o sea en forma de bolita, con una consistencia blanda, al humedecerlo se vuelve una masa compacta.
T ₃	Estiércol de cabra	Recolectado de la Estación Experimental presentando una consistencia dura en forma de bolitas y se suministró sin realizarle ningún tratamiento mecánico.
T ₄	Estiércol combinado	Este consiste en la combinación de estiércol de bovino, conejo y cabra.
T ₅	Bagazo de caña	Material procedente del Ingenio Jiboa y tiene una estructura lignocelulósica o fibrosa.
T ₆	Cáscara de plátano	Material procedente de los cafetines del Campus Universitario y del Mercado San Miguelito suministrado en forma fresca y cortado en partes pequeñas para facilitar su consumo.
T ₇	Basura orgánica	Material proveniente del mercado municipal de Apopa, el cual consiste en: cáscaras de papa, zanahoria y huisquil suministrado en forma fresca.

En el plano de distribución de los tratamientos se muestra la forma en que quedaron ordenadas las unidades experimentales en el ensayo. Estas se dividieron en 5 bloques, los cuales contenían los 7 tratamientos distribuidos en forma aleatoria. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Plano de distribución de los tratamientos.

T ₇	T ₆	T ₁	T ₂	T ₅	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₆	T ₅	T ₂	T ₇	T ₁	T ₁	T ₆	
														T ₇	T ₄	
B2							B4							B3		
B1							B5									
T ₂	T ₇	T ₁	T ₅	T ₄	T ₆	T ₃	T ₅	T ₁	T ₆	T ₇	T ₃	T ₄	T ₂	T ₂	T ₅	T ₃

B = Bloque

T = Tratamiento

3.7.5. Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron: Producción de lombriz, peso promedio de lombriz, producción de humus y calidad del humus.

3.7.5.1. Producción de lombrices.

La cantidad de lombrices se obtuvo a través de un conteo de todas las lombrices por tratamiento al final del ensayo. En este conteo se clasificaron las lombrices en 3 tamaños menores de 3 cm; de 3-5 cm. y mayores de 3 cm. se contaron también los cocones por cada tratamiento.

3.7.5.2. Peso promedio de lombriz.

El peso promedio de lombriz se obtuvo a través de una muestra representativa de la población que comprendían 25 lombrices pequeñas, medianas y grandes pesadas en una balanza semianalítica; ésto se realizó en todas las repeticiones de cada tratamiento.

3.7.5.3. Producción de humus.

Esta variable se evaluó a través del peso del humus, por cada caja. Por lo que se dejó de regar hasta que el humus alcanzó una humedad del 50 al 55% para tomar el peso y luego se colocaron en bolsas plásticas de 25 lbs.

3.7.5.4. Calidad del humus.

Para la evaluación de la calidad del humus, se realizó el análisis químico para determinar macro y micronutrientes en los sustratos que se obtuvo los mejores resultados como en los tratamientos T₁ Estiércol de bovino, T₃ Estiércol de cabra, T₄ Estiércol combinado, T₇ Basura orgánica. Para

hacer dichos análisis se prepararon las muestras tamizadas con un peso de 4.54 g.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. ASPECTOS GENERALES DEL ENSAYO.

El ensayo se realizó en un período de tiempo de cuatro meses (del 30 de Marzo al 31 de Julio) y se comenzaron a suministrar los sustratos 15 días después de la inoculación en el sustrato básico. A partir de la primera alimentación se empezó a observar diferencia en el consumo de estos, siendo procesados más rápidamente los sustratos de origen animal que los de origen vegetal y este comportamiento se mantuvo durante todo el ensayo.

4.1.1. Control de enemigos naturales.

Se realizó únicamente control de hormigas, ya que se observó bastante presencia de éstas, sobre todo en los tratamientos de origen vegetal. El control consistió en la aplicación de aceite quemado en las patas de los bancos y hojas de hierva buena dentro de las cajas, con estas últimas se redujo considerablemente la presencia de hormigas, en los tratamientos T₆ y T₇ (cáscara de plátano y basura orgánica) se observó la presencia de larvas de insectos de la familia tipulidae, las

cuales se alimentan de materia orgánica en descomposición y se controlaron de forma mecánica. (Menjívar, 2001).

4.2. PRODUCCIÓN DE LOMBRICES.

El análisis de varianza para la variable producción de lombrices (Cuadro 5) determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que indica que los sustratos alimenticios utilizados ejercieron influencia en la reproducción de la lombriz.

Cuadro 5. Análisis de Varianza para la variable producción de

lombrices en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz . (E. foetida) UES, 2001.

F de V	GL	SC	CM	Fe	P > F
Bloque	4	888,434.79	222,108.69	2.21*	0.0986
Tratamiento	6	20,355,530.29	3,392,588.38	33.70*	0.0001
Error	24	2,415,956.86	100,664.87		
Total	34				

CV: 27 al 3.

* Nivel de significancia al 5%.

En el cuadro 6, se presenta la prueba de Duncan, en la cual se establece que los sustratos de origen animal: Estiércol de bovino (T₁), estiércol de cabra (T₃) y combinación de Estiércoles (T₄); superaron a los sustratos de origen vegetal: basura orgánica (T₇), bagazo de caña (T₅), y cáscaras de plátano (T₆); en lo referente a la producción de lombrices. Los sustratos de origen animal superaron a los de origen vegetal en un 60%, siendo los mejores los estiércoles de bovino (T₁) y cabra (T₃) y cuyas diferencias se visualizan mejor en la Fig. 5.

Cuadro 6. Producción de lombrices en diferentes sustratos de origen animal y vegetal. UES. 2001.

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₁	11283	2256.6	A
T ₃	11137	2227.4	A
T ₄	5970	1194	B
T ₇	5308	1061.6	B
T ₅	4770	954	B
T ₆	1431	286.2	C
T ₂	1026	205.2	C

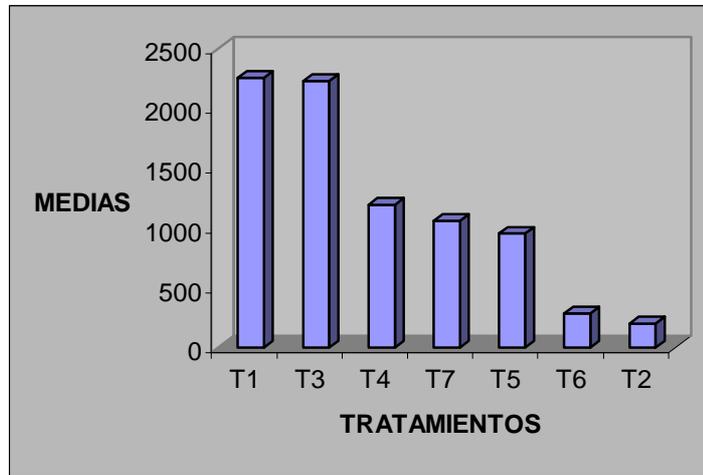


Fig. 5. Diferencia de Medias de la producción de lombrices en la evaluación de

sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*E. foetida*) UES. 2001.

Es importante señalar que el tratamiento (T₂) correspondiente al estiércol de conejo (Fig. 5) es el que produjo menor número de lombrices, a pesar que es un sustrato de origen animal.

Como puede observarse, la producción de lombrices está influenciada por el tipo de sustrato utilizado como alimento, estos resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Ángel (1997), que menciona las bondades de las características que presenta el estiércol de bovino (T₁) y la superioridad con respecto a los otros sustratos en cuanto a la efectividad de la alimentación y en el aumento reproductivo de la lombriz.

En investigaciones realizadas referentes a la producción de lombriz, se esperaba obtener el doble de la cantidad de lombrices inoculadas (Cristales, 2000), sin embargo, este factor está influenciado por las características físicas y químicas del sustrato.

En el caso de esta investigación, con el estiércol de bovino y de cabra este factor se vio aumentado a más de 3.5 veces, y el tratamiento combinado se vio aumentado al doble. Esto se debió a que estos materiales se presentan mullidos o con una fácil predisposición hacia estas características y a su riqueza en nutrientes, lo que estimula la prolificidad de la lombriz, obteniéndose tasas de reproducción altas.

En el caso del estiércol de cabra (T_3), a pesar de que cuando está seco presenta una consistencia dura, una vez humedecido es fácilmente consumido por la lombriz, pero tiene la limitante que en nuestro medio es difícil de obtenerlo debido a que son pocas explotaciones de ganado caprino.

El estiércol combinado (T_4) es la combinación de los tres estiércoles ($T_1 + T_2 + T_3$) en partes iguales y resultó tener una aceptación bastante buena pero un poco más bajo en algunas variables que el T_7 y

T₃; lo que pudo deberse a la adición de estiércol de conejo que alteró la estructura del sustrato.

Con respecto al estiércol de conejo (T₂), en nuestro caso fue el que presentó las cantidades más bajas de lombrices, incluso disminuyó el número de lombrices de la cantidad inoculada; pero resultó el mejor tratamiento en cuanto al peso promedio de la lombriz. Esto se debió posiblemente a las características reportadas por Ferruzzi (1987) para este sustrato, por ser una masa compacta que carece casi totalmente de oxígeno y constituye un sustrato donde las lombrices prácticamente no pueden sobrevivir, a excepción de las lombrices adultas que por ser más fuertes pueden desplazarse por el sustrato y desarrollarse mejor que en cualquier otro. A pesar de sus limitantes, Castillo (Sf.) reporta que en Colombia se colocan cultivos de lombrices bajo las conejeras que se encuentran colocadas sobre el nivel del suelo para aprovechar el estiércol de los animales.

En cuanto a los sustratos de origen vegetal, el bagazo de caña (T₅) presentó un aumento reproductivo bastante bajo, el cual se debe a que posee un alto porcentaje de fibra y un bajo porcentaje de proteína, además de que este sustrato retiene muy poco la humedad, lo que dificulta su consumo. Esto también coincide con lo reportado por Ángel

et. al. (1997), al atribuirle estas características al bagazo de caña en el escaso aumento reproductivo de la lombriz (*E. foetida*).

Las cáscaras de plátano (T₆) es un sustrato que en nuestro caso fue muy poco aceptado por la lombriz debido a la presencia de una larva de familia tipulidae que según Menjívar (2001) se alimenta de materia orgánica en descomposición, por lo que compitió por el alimento con la lombriz; a pesar que en otros estudios se reporta como un buen sustrato.

En lo que se refiere a basura orgánica (T₇), este sustrato fue el más aceptado entre los de origen vegetal, ya que se obtuvo una mayor cantidad de lombrices y esto se debió al mejor contenido nutricional del sustrato; además es fácil de obtener y suministrarlo por ser un material de desperdicio que generalmente no tiene ningún valor económico. La basura orgánica estuvo constituida por cáscaras de zanahoria, papa y güisquil. Aranda (1988), menciona que en el tratamiento de desecho de origen industrial y doméstico (como en este caso el bagazo de caña, cáscaras de plátano y basura orgánica).

El objetivo principal es reducir los volúmenes de estos desechos bajo un tratamiento ecológico y no la obtención de abono y carne de lombriz que son secundarios.

4.2.1. Distribución de las lombrices por tamaño.

A continuación se presentan los cuadros 7, 9 y 11 correspondientes a los análisis de varianza para el número de lombrices menores de 3 cm, de 3 a 5 cm y mayores de 5 cm; obteniéndose una diferencia significativa entre los tratamientos en cada uno de los tamaños correspondientes. Además se calcularon los coeficientes de variación, obteniéndose de 37.87%, 27.8% y 52.3% respectivamente mediante la Prueba de Duncan (Cuadros 8, 10, 11) donde se determinó en que tratamientos predominaban los tamaños de lombrices previamente establecidos.

Al analizar los datos observamos que en los tratamientos: Estiércol de bovino (T₁) y de cabra (T₃), predomina el número de lombrices con tamaño menor a 3 cm y las medianas de entre 3 a 5 cm. Estos tratamientos son los que presentaron la mayor tasa de multiplicación y en donde los factores de crecimiento se hallan en mayor competencia.

En los tratamientos de basura orgánica (T7) y bagazo de caña (T5) el tamaño de lombrices predominantes es el intermedio, pero dicha reducción de tamaño coincide con la reducción de lombrices a un

nivel intermedio, como se explicó anteriormente la naturaleza de estos sustratos justifica dicho comportamiento.

En cuanto a distribución por tamaño de lombrices, el tratamiento en que se combinan los sustratos de origen animal (T₄) presentó los tamaños más representativos, predominando los tamaños medios y grandes

Cuadro 7 y 8. Análisis de Varianza y el número de lombrices menores de 3 cm.

FDV	GL	SC	CM	F	P > F
Bloque	4	522376.45	130594.11	2.05*	0.1198
Tratamiento	6	9956565.48	1659427.58	26.00*	0.0001
Error	24	1531679.94	63280.00		
Total	34				---

CV = 37.87

* Nivel de significancia al 5%.

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₁	8177	1635.4	A
T ₃	5873	1174.6	B
T ₇	3282	656.4	C
T ₅	3079	615.8	C
T ₄	2432	486.4	C
T ₂	290	58	D
T ₆	184	36.8	D

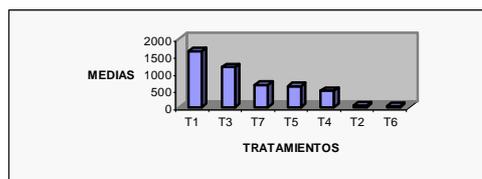


Fig. 6. Diferencia de medias de la producción de lombrices menores de 3 cm. UES 2001.

Cuadros 9 y 10. Análisis de varianza y número de lombrices de 3-5 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES 2001.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P > F
Bloque	4	128839.00	32209.90	1.82*	0.1575
Tratamiento	6	2884146.57	480691.09	27.19*	0.0001
Error	24	424242.00	17676.750		
Total	34			657.6	

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₁	3037	607.4	B
T ₂	643	128.6	D
T ₃	5172	1034.4	A
T ₄	3288	637.6	B
T ₅	1661	332.2	C
T ₆	1087	217.4	CD
T ₇	1969	393.8	C

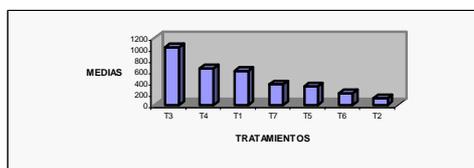


Fig. 7. Diferencia de medias de la producción de lombrices medianas UES. 2001.

Cuadro 11 y 12. Análisis de varianza y total de lombrices mayores de 5 cm. en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.

F de V	GL	SC	CM	Fe	P > F
Bloque	4	499.028	124.757	1.18*	0.3443
Tratamiento	6	5927.771	587.961	5.35*	0.0001
Error	24	2535.371	105.64		
Total	34				

Cv = 52.363

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₁	69	13.8	BC
T ₂	98	19.6	BC
T ₃	53	10.6	C
T ₄	240	48	A
T ₅	30	6	C
T ₆	130	26	B
T ₇	67	13.4	BC

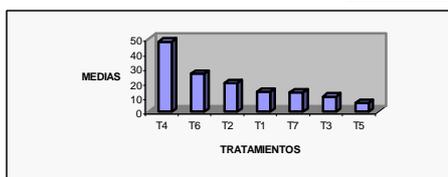


Fig. 8. Diferencia de medias de la producción de lombrices mayores DE 5 CM. UES. 2001.

Presentando a la vez un factor de multiplicación más que aceptable que duplica la población de lombrices.

Por último tenemos los tratamientos Cáscara de plátano (T6) y estiércol de conejo (T2), en donde el tamaño predominante de lombriz es el grande, pero el número de ellas se reduce drásticamente en función del tiempo. Estos dos sustratos presentan la tasa de mortalidad más alta, disminuyendo el número de ellas. Este comportamiento permite una menor competencia entre las lombrices que logran sobrevivir, alcanzando un mayor tamaño.

El agrupamiento en cuatro grupos, que se van perfilado por el efecto de los sustratos en el tamaño, puede visualizarse al analizar las figuras 6, 7 y 8.

Por otro lado, la distribución de las lombrices por tamaño presentaron coeficientes de variación que nos indican que los resultados obtenidos están en el rango de aceptación permisible.

4.2.2. Producción de cocones.

La producción de capullos (cocones) está influenciada por el tipo de alimento, la temperatura y la densidad poblacional.

Cuadro 13. Análisis de Varianza para la variable número de cocones en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.

F de V	GL	SC	CM	Fe	P > F
Bloque	4	26317.714	6579.429	1.65*	0.1949
Tratamiento	6	1082943.086	180490.514	45.21*	0.001
Error	24	95805.486	----	----	----
Total	34				

Cv = 30.209

* Nivel de significancia al 5%.

En el análisis de varianza para la variable número de cocones se obtuvo una diferencia significativa y un coeficiente de variabilidad de 30.2 (Cuadro 13). A través de la Prueba de Duncan se determinó que el tratamiento combinación de estiércoles (T₄) es superior estadísticamente a los demás, seguido de los tratamientos estiércol de bovino (T₁) y estiércol de cabra (T₃); los cuales tuvieron un comportamiento similar y superior a la basura orgánica (T₇), el cual se comportó mejor que los tratamientos T₅, T₂ y T₆, los cuales obtuvieron los resultados más bajos y estadísticamente fueron similares (Cuadro 14). La diferencia de medias para esta variable (Fig. 9) demuestra claramente la superioridad del T₄, T₁, y T₃, respectivamente sobre los demás tratamientos quedando el T₆ con el promedio más bajo para esta variable.

Cuadro 14. Número de cocones por tratamiento en la evaluación de

sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₄	2331	466.2	A
T ₁	1924	384.8	AB
T ₃	1822	364.4	B
T ₇	672	134.4	C
T ₅	361	72.2	CD
T ₂	177	35.4	D
T ₆	33	6.6	D

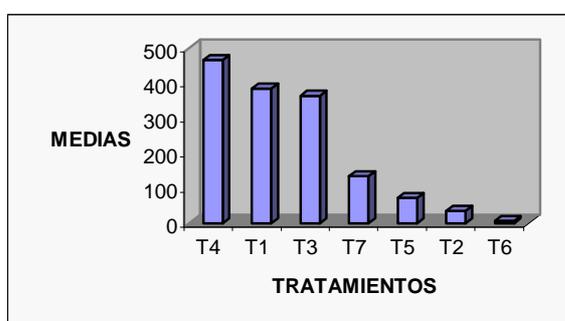


Fig. 9. Diferencia de medias para el número de cocones por tratamiento en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.

Los resultados obtenidos coinciden con el comportamiento de la variable producción de lombrices, ambas variables responden a la tasa de reproducción que en los distintos sustratos se ven estimulados tanto por la calidad de los mismos como sus características físicas y permiten una mejor oxigenación y a la vez una mejor retención de la humedad, en cambio en los sustratos T₂ y T₆ las características de poca retención de humedad y exceso de la misma y si le agregamos a esta última la

compactación que se produce constituyen circunstancias que promueven la prolijidad de las lombrices.

4.2.3. Peso promedio de lombriz.

Para la variable peso promedio de lombriz el realizar el análisis de varianza (Cuadro 15) resultó ser significativo para los tratamientos con un coeficiente de variación de 21.46 y a través de la Prueba de Duncan (Cuadro 16) se comprobó que: los tratamientos estiércol de conejo (T₂), estiércol combinado (T₄) y cáscaras de plátano (T₆) son similares estadísticamente y superiores a T₇, T₅, T₃ y T₁ los que fueron similares entre sí, y con los resultados más bajos. Al observar las medias (Fig. 10) se puede ver que el T₂ obtuvo el mejor peso, 0.39 g., seguido de los T₄ con 0.31 g. y T₆ con 0.29 g, reflejando los pesos más bajos los tratamientos T₇, T₃, T₅ y T₁ respectivamente.

Cuadro 15. Análisis de Varianza para la variable peso promedio de lombriz en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de

humus y carne de lombriz (*Eisenia foetida*).

UES. 2001.

FDV	GL	SC	CM	F	P > F
Bloque	4	0.00924571	0.00231143	1.01*	0.4243
Tratamiento	6	0.21054857	0.03509143	13.26*	0.0001
Error	24	0.27498857	0.00229976		
Total	34				

CV. 21.46

* Nivel de significancia al 5%.

Cuadro 16. Peso promedio de lombriz en la evaluación de sustratos de

origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. (*E. foetida*). UES. 2001.

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₂	1.645	0.39	A
T ₄	1.54	0.31	A
T ₆	1.48	0.296	A
T ₇	0.87	0.174	B
T ₃	0.85	0.17	B
T ₅	0.75	0.15	B
T ₁	1.65	0.135	B

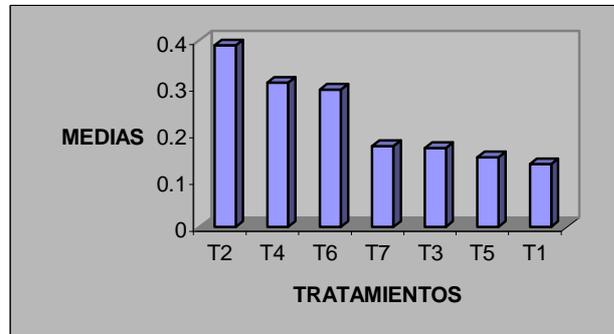


Fig. 10. Diferencia de medias del peso del humus (Kg.) por tratamiento

en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*E. foetida*). UES. 2001.

Como se observa los mayores pesos de lombriz se obtuvieron en aquellos sustratos en que la población disminuyó drásticamente (T2 y T6), debido, como se explicó anteriormente a las características físicas que presentan estos sustratos. Diferente comportamiento se presentó en el tratamiento en que se combinaron los sustratos de origen animal (T4) en donde se obtuvo una buena producción de lombrices, buen tamaño y buen peso promedio de lombrices. Se puede afirmar que la combinación de sustratos mejora tanto las características físicas como químicas, lo que refleja un resultado de las variables analizadas más consistente.

4.3. PRODUCCIÓN DE HUMUS.

En el análisis de varianza para la variable producción de humus (Cuadro 17) se obtuvo una diferencia significativa de los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variabilidad de 9.0. A través de la Prueba de Duncan (Cuadro 18) se comprobó que: los tratamientos estiércol de bovino (T1) y la combinación de estiércol (T4) son similares estadísticamente y superiores a los demás, seguidos por el tratamiento estiércol de cabra (t3) que es superior al T2, T7, T5 y t6; seguido del estiércol de conejo (T2) que se comportó superior estadísticamente al T7, T5 y T6; los cuales fueron similares entre sí obteniendo los resultados más bajos en cuanto a la diferencia de medias, estos se visualizan mejor al observar la Fig. 9, en donde puede observarse que los sustratos de origen animal superan totalmente a los de origen vegetal en la producción de humus.

Cuadro 17. Análisis de Varianza para el peso del humus por Tratamiento.

F de V	GL	SC	CM	F	P > F
Bloque	4	2.3043	0.5760	1.84*	0.1546
Tratamiento	6	358.9848	59.8303	190.8*	0.0001
Error	24	7.5358	0.3155		
Total	34				

CV = 9.004

Nivel de significancia al 5%.

Cuadro 18. Producción del humus por Tratamiento (Kg.) en la

Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*E. foetida*). UES. 2001.

Tratamiento	TOTAL	MEDIAS	PRUEBA DE DUNCAN
T ₁	53.51	10.702	A
T ₄	50.24	10.048	A
T ₃	38.45	7.69	B
T ₂	32.51	5.502	C
T ₇	15.4	3.08	D
T ₅	14.08	2.816	D
T ₆	13.16	2.632	D

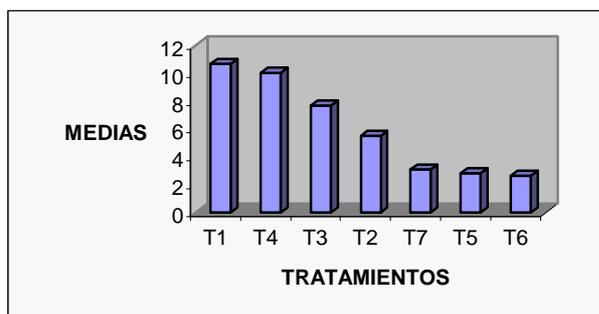


Fig. 11. Diferencia de medias de la producción de humus (Kg.) por tratamiento en la evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz. UES. 2001.

Podemos afirmar con los resultados obtenidos (Cuadro 18 y Fig. 11) que los sustratos de origen animal superan netamente a los sustratos de origen vegetal, en un porcentaje del 70%, esta clara diferencia en la producción de humus, obviamente se deben a las características que presentan los sustratos. Entre estas características las que se consideran de mayor peso están: consistencia, aceptación del

sustrato por las lombrices y su textura fina, que hace que su consumo y transformación se haga con mayor rapidez y facilidad por parte de las lombrices que carecen de dientes.

Podemos concluir que los sustratos: Estiércol de bovino (T₁) y la combinación de estiércoles (T₄) reúnen las características a recomendar para la crianza de lombriz y la producción de humus. Además, la utilización de estos se ve facilitada, ya que en cualquier región del país existen granjas de ganado especialmente bovino.

4.4. CALIDAD DE HUMUS.

La calidad de humus de acuerdo a sus características químicas está en función del tipo de sustrato con que son alimentadas las lombrices, por lo que existe evidentemente una dependencia entre el contenido nutricional del lombrihumus y el contenido de elementos de la materia lombricompostada. El análisis químico del lombrihumus obtenido de los 4 mejores tratamientos evaluados (Cuadro 19) refleja lo anteriormente dicho, ya que el contenido de elementos varía según el sustrato utilizado; siendo los Lombriabonos de origen animal más ricos en nutrimentos y materia orgánica que el lombriabono originado de basura orgánica.

Cuadro 19. Análisis químico del lombriabono obtenido en la evaluación

de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de
humus y carne de lombriz. UES. 2001.

Tratamiento Elementos	T1 E. Bovino	T3 E. Cabra	T4 E. Combinado	T7 Basura orgánica
N (%)	1.59	2.39	2.2	1.94
P (%)	2.14	3.96	3.15	1.96
K (%)	1.46	2.12	1.81	1.38
Ca (%)	2.66	6.6	3.89	2.27
Mg (%)	0.17	0.35	0.57	0.35
Fe (%)	0.17	0.28	0.20	0.13
Cu (PPM)	54.24	40.87	61.46	44.64
Mo (%)	40.29	55.66	46.01	32.69
PH	7.4	8.5	8.0	8.0

Los resultados obtenidos en el análisis químico (Cuadro 16) reflejan que todos los tratamientos analizados estuvieron dentro del promedio de elementos reportados en los análisis químicos de lombrihumus de diferentes explotaciones comerciales en Italia (Ferruzzi, 1997) y los reportados por explotaciones comerciales en Ecuador (Clark, 2000). Además resultaron superiores a los análisis de lombricomposta reportados en Japón por Ruiz en 1999. (Cuadro 20).

Cuadro 20. Análisis químico de lombrihumus de diferentes explotaciones comerciales en Italia, Japón y Ecuador.

ELEMENTOS \ PAIS	ITALIA	JAPÓN	ECUADOR
N (%)	1.4-2.91	1.9	2-3
P (%)	0.79-5.13	1.50	1-3
K (%)	1.12-2.48	1.60	1-1.5
Ca (%)	4.6-11.94	---	---
Cu (%)	79-401	---	---
M.o. (%)	35.12-70.79	76	60
PH	6.56-7.93	7.35	7-7.5

5. CONCLUSIONES.

A través de la alimentación de la lombriz *Eisenia foetida* con sustratos de origen animal y vegetal y basándose en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- a) Entre los sustratos de origen animal, el estiércol de bovino (T₁) es el alimento con el cual las lombrices se multiplican más rápidamente; siendo el estiércol de conejo el alimento menos aceptado por éstas.
- b) Con el uso de estiércol de cabra (T₃) y estiércol combinado (T₄) se obtuvieron resultados bastante aceptables estadísticamente en cuanto a la producción de carne y humus de lombriz.
- c) Entre los sustratos de origen vegetal, la basura orgánica (T₇) es el sustrato con el que se obtuvieron los resultados más altos en cuanto a la producción de lombrices y a la cantidad de humus.
- d) El estiércol de cabra (T₃) es el mejor en cuanto a la calidad de humus debido a que presenta un mayor porcentaje de nutrientes.
- e) Con respecto a los tamaños de las lombrices, las que más predominaron en todos los tratamientos fueron las lombrices pequeñas y las medianas (< 3 cm y 3 – 5 cm) respectivamente.

6. RECOMENDACIONES.

- a) De los tratamientos evaluados se recomienda el estiércol de bovino (T1) por ser el sustrato con el cual se obtiene mayor cantidad de humus y carne de lombriz, debido a su buena calidad nutricional, además de que es un sustrato fácil de obtener en nuestro medio.
- b) Debido a que con el estiércol de cabra y combinado se obtienen resultados bastante similares que los obtenidos con estiércol de bovino, se recomienda el uso de estos en zonas donde su obtención sea más fácil y abundante.
- c) Realizar investigaciones más profundas sobre la alimentación y manejo de la lombriz, especialmente usando estiércol de conejo.
- d) Los sustratos de origen vegetal se recomienda usarlos como alimento cuando se tiene el propósito de minimizar los volúmenes de residuos orgánicos, ya sea urbanos o agroindustriales y a la vez obtener humus y carne de lombriz.
- e) Para el establecimiento de un lombricultivo se puede utilizar según sea su disponibilidad cualquier sustrato de origen orgánico tanto animal como vegetal.

7. BIBLIOGRAFÍA.

AMADOR, R. 1997. Curso taller de agricultura orgánica. Establecimiento y prácticas de manejo de lombrices de tierra para la producción de humus y carne. Zamorano, Honduras. 54-57 P.

ANDRÉ, G. 1967. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 4ª edición. Mundiprensa. Madrid, España. 44 P.

ÁNGEL, C.; MELÉNDEZ, O.; MORALES, M. 1997. Usos de sustrato alimenticio en el desarrollo reproductivo y cantidad protéica de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.

ARANDA, D. 1988. La utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. Acta zoológica Mexicana, México. 21-23 P.

ARANDA, D. 1994. El vermicompostaje. Una nueva alternativa para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. In Simposio Sobre Caficultura Latinoamericana. Panamá. 511-517 P.

ARANDA D. 1995. El manejo de las lombrices para la producción de abono orgánico de pulpa de café. In Simposio de Caficultura Latinoamericana. IICA. México. 17 P.

BARRETT, T. 1959. Harnessing the Earthworm, shields publications. California, Estados Unidos de América. 16 P.

BOLAÑOS, E. 1997. Crecimiento poblacional de lombriz africana (*Eudrilus eugeniae*) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en estiércol de bovino y conejo. Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónez”, San Andrés, La Libertad, El Salvador. P. 25.

CASTILLO, H. SF. La Lombricultura. Fertilización orgánica. Editado por Alter Tec. Guatemala, Guatemala. 153-167 P.

CIDA. Centro de Información y Documentación Agropecuario. Sf. Explotación comercial de las lombrices de tierra. La Habana, Cuba. 72 P.

CLARK, A. 2000. Fertilización orgánica. Manual técnico IICA-CLUSA. San Salvador, El Salvador. 13-45 P.

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.

CRISTALES, O. 2000. Módulo de capacitación de la Lombricultura. Fundación ABA. San Salvador, El Salvador. 15-58 P.

DELGADO, M. 1995. Aplicación de la lombriz roja californiana en la transformación de lodos depurados urbanos. Vol. 45. Turrialba, Costa Rica. 28-32 P.

DÍAZ, C. 1995. La Lombricultura informe técnico. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA). 2ª Edición. Lima, Perú. 20 P.

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. 1995. Producción pecuaria. Vol. 4. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 188-189 P.

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. 1995. Ingeniería y agroindustria. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 188-189 P.

ESCOBAR, E.; MAWHINNEY, J. 1998. Guía popular para la práctica de la agricultura orgánica. FIAES. San Salvador, El Salvador. 49-50 P.

FERRUZZI, C. 1987. Manual de Lombricultura. 1ª Edición. Mundiprensa. Madrid, España.

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

GARCÍA, R. 1999. La Lombricultura en la agricultura orgánica. 1ª Edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. 256-260 P.

GÓMEZ, I. 2000. La Lombricultura, una alternativa para pequeñas productoras con laderas. Vol. 9. LADERAS. PASOLAC. El Salvador. 4-5 P.

MATONS, A. 1948. Diccionario de agricultura, zootecnia y veterinaria. 2ª edición. Salvat Editores. S.A. Barcelona, España. P. 495-496.

MENDOZA, J.; TINETTI, M.; LAZO, R. 1991. Composteo de desechos agroindustriales para utilizarlo como fuente de humus. Tesis Lic. Química. UCA. San Salvador, El Salvador. 68 P.

NASON, A. 1968. Biología trad. Juan Luis Cifuentes. Limusa. México. 416-420 P.

NAVAS, C. SF. Humus de la lombriz. El mejor fertilizante natural del mundo (en línea). Asunción, Paraguay. ABC color. Consultado el 6 de septiembre del 2001. Disponible <http://www.una.pt/sitios/abc/rur05.htm>.

RUIZ, F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. 1ª edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. 300-315 P.

SANTILLÁN, R. 1997. Curso taller de agricultura orgánica; manual de Lombricultura. Zamorano, Honduras. 37 P.

SANTOS, M. 1997. Lombricultura. IICA-CRUSA. San Salvador, El Salvador. 28-38 P.

SARDI, L. 1991. Agroquímicos problemas nacionales, políticas y alternativas. La Lombricultura y el humus de lombriz. 1ª edición. Lima, Perú. 297-304 P.

SOLARTE, A. SF. Lombricultura. Historia y Desarrollo. A.I.C. Colombia. Sp.

SOLARTE, A. SF. Lombricultura. Factor de producción. A.I.C. Colombia. 3 P.

TINEO, B. 1994. Crianza y manejo de la lombriz con fines agrícolas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 18 P.

WEIL, E.; CAMPOS, N. 1999. Utilización de la lombriz roja Californiana (*Eisenia foetida*) y lombriz africana (*Eudrilus eugeniae*) en la degradación de diferentes desechos industriales alimenticios como sustrato para la obtención de carne como alimento protéico de consumo. Tesis. Ing. Agroindustrial. Universidad Dr. José Matías Delgado. San Salvador, El Salvador. P. 42.

ZEGARRA, J. SF. Perspectivas del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar. CEPLACEA. Boletín No. 5. México. P. 10-15.