

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



Introducción al Conocimiento de la Lombricultura

Por:

CARMELO ALANIS ABDON

MONOGRAFÍA

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de :**

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2003**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMIA**

INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA LOMBRICULTURA

POR:
CARMELO ALANÍS ABDÓN

MONOGRAFÍA QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER AL TÍTULO
DE:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

DR. J. FRANCISCO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
PRESIDENTE DEL JURADO

DR. ALEJANDRO HERNÁNDEZ H.
SINODAL

ING. M.C. ADOLFO ORTEGÓN P.
SINODAL

BIOL. SERGIO A. PÉREZ M.
SINODAL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2003

LA LOMBRIZ ES EL ANIMAL QUE
DESEMPEÑA EL PAPEL MAS
IMPORTANTE DENTRO DE LAS
CRIATURAS, PORQUE CIERRA
EL CIRCUITO DE LA VIDA
Y DE LA MUERTE

- DARWIN C. (1881) -

Tomado del libro Potencial de la lombricultura. Martínez (1999)

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

FÉLIX ALANÍS GUTIÉRREZ Y MARIA CONCEPCIÓN ABDÓN MARTÍNEZ

Porque gracias a su apoyo pude concluir con mi carrera, ya que sin ustedes no lo hubiera logrado. Porque a pesar del tiempo transcurrido me permitieron continuar con mis estudios.

A MIS HERMANOS:

JAIME

ENRIQUE

JAQUELINE

Porque sé que siempre puedo contar con ustedes y ustedes pueden contar conmigo, así mismo por el apoyo recibido, tanto moral como económico.

AL DR. JOSÉ FRANCISCO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Por su invaluable ayuda, por todas las facilidades prestadas para la realización de este trabajo, la asesoría brindada y la bibliografía facilitada.

A LOS SINODALES: DR. ALEJANDRO HERNÁNDEZ HERRERA, ING. ADOLFO ORTEGÓN Y BIOL. SERGIO A. PÉREZ MATA.

Por las aportaciones realizadas a esta monografía.

A LOS COMPAÑEROS DEL PORFIRIO 8: ADRIAN DELGADILLO, GERARDO REYES Y POMPEYO RIVERA.

Por la hospitalidad brindada durante la realización de este trabajo.

AL SR. JULIÁN MENDOZA Y ESPOSA

Por haber sido los padrinos

DEDICATORIAS

A MIS PADRES Y HERMANOS

Este logro es también de ustedes ¡¡Los quiero mucho!!

A YULIANA REYES TORRES

Por todos los momentos vividos y por haber estado conmigo en la mayor parte de la carrera a pesar de las adversidades.

A LOS AMIGOS DE SIEMPRE:

Wilberto Gutiérrez, Elizabeth Romero, Miguel Ángel Rodríguez, José del Carmen Pereyra, Jorge Isaac Villegas, Rosa María Díaz, José Alberto González.

A LOS AMIGOS DE LA UAAAN:

Misael Medina, Aracely García, Efraín Rodríguez, Rufino Pérez, Miguel Ángel Romero, Ángel Andrade, Pedro Tenorio. ¡¡ORGULLOSAMENTE BUITRES!!

A LOS AMIGOS DEL B5:

Martín Benítez, Oscar Reyes, Oswaldo Yáñez, Rocío Mendoza, Jorge Benítez, Liliana Mendoza, Jorge Mendoza.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
I. HISTORIA	4
II. BIOLOGÍA DE LA LOMBRIZ	6
2.1 Taxonomía	6
2.2 Anatomía y fisiología de la lombriz	14
2.2.1 Características externas	14
2.2.2 Morfología y fisiología de los sistemas	17
2.3 Hábitos alimenticios	22
2.4 Reproducción	24
2.4.1 Ciclo de vida	27
2.4.2 Longevidad y prolificidad	29
2.5 Ecología	36
2.5.1 Efecto de la lombriz en el suelo	36
2.5.2 Las lombrices de tierra como plaga	38
2.6 Evolución	39
2.7 Domesticación	41

III.	IMPORTANCIA	43
3.1	Solución al problema alimenticio	43
3.2	Solución al problema de los desechos en forma rentable	45
3.3	Razones económicas	45
3.4	Usos	47
3.5	Productos de la lombricultura	48
3.5.1	Lombricomposta	48
3.5.2	Carne de lombriz	59
3.5.3	Harina de lombriz	60
3.5.4	Lombretinas	62
IV.	EXPLOTACIÓN	63
4.1	Tipos de explotación	63
4.2	Requerimientos básicos para la lombricultura en explotaciones industriales o comerciales	65
4.2.1	Selección del área	65
4.2.2	Lombrices	70
4.2.3	Píe de cría	74
4.2.4	Siembra de lombrices	74
4.2.5	Alimentación	75
4.3	Producción de Lombrices a nivel familiar	79
4.4	Beneficios económicos	80
V.	MANEJO	81
5.1	Manejo de la crianza	81

5.1.1 Riego	81
5.1.2 Temperatura	82
5.1.3 Humedad	84
5.1.4 Aireación	85
5.1.5 p.H	86
5.1.6 Prueba de caja	87
5.1.7 Las cunas o lechos	88
5.2 Enemigos de la lombriz	90
5.3 Cosecha	93
5.4 Desdoble	94
VI. COMERCIALIZACION	96
6.1 Residuos industriales y urbanos	97
6.2 Carnada para pesca	98
6.2.1 Maquinas vendedoras de lombrices	98
6.3 Pie de cría	98
6.4 Humus de lombriz	99
6.5 Venta de Lombrices por correo	99
6.6 Métodos de embalaje	101
6.5.1 Píe de cría	101
6.5.2 Pesca deportiva	102
6.5.3 Humus de lombriz	102
6.6 Publicidad	103

CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	106

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Organismos del suelo	34
Cuadro 2. Influencia de la Lombriz de Tierra, cobertura vegetal, acolchado orgánico sobre la capacidad de infiltración de un suelo arcilloso	37
Cuadro 3. Contenido de N, P, K en el humus de lombriz y diferentes abonos orgánicos	50
Cuadro 4. Contenido de N, P, K en el humus de lombriz obtenido a partir de diferentes residuales	50
Cuadro 5. Contenido de N en las excretas de lombrices y en el suelo circundante en varias partes del mundo	51
Cuadro 6. Porcentaje de elementos por 100 g de peso seco de humus de lombriz	54
Cuadro 7. Cantidad de microorganismos por gramo seco de Lombricomposta	55
Cuadro 8. Composición de aminoácidos en la proteína de algunas harinas	61
Cuadro 9. Contenido de vitaminas en la harina de lombriz	61
Cuadro 10. Producción de estiércol por especie animal	77
Cuadro 11. Método para calcular la humedad del sustrato	85

Cuadro 12. Medición empírica de pH de la materia orgánica 87

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Características externa de la Lombriz de Tierra	16
Figura 2. Morfología externa de la Lombriz Terrestre	16
Figura 3. Estructura Interna de la porción anterior de la Lombriz de Tierra	18
Figura 4. Sistema Circulatorio de la Lombriz de Tierra	19
Figura 5. Nefridio completo de la Lombriz de Tierra	20
Figura 6. Ganglios y Nervios principales del extremo anterior en vista lateral de la Lombriz de Tierra	21
Figura 7. Sección transversal esquemática de la lombriz de tierra	22
Figura 8. Sistema Reproductor de la Lombriz de Tierra visto Dorsalmente	25
Figura 9. Lombrices de Tierra en copulación	26
Figura 10. Cápsula, huevo o cocón	26

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una actividad que genera ingresos, puede ser la base de alguna actividad empresarial , ayuda al tratamiento de residuos orgánicos y mejora la producción agrícola. Martínez (1999) menciona que la lombricultura, como su nombre lo indica, significa cultivo de lombrices, aunque en la última década se habla de ésta como una biotecnología en la cual se utiliza a la lombriz como herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos

Agroforestal San Remo C. A (2002), hace referencia a que la lombricultura consiste en la crianza y el manejo de lombrices en condiciones de cautiverio y su finalidad primordial es la de obtener el producto de sus excretas comúnmente llamado humus de lombriz y las lombrices como fuente de proteína.

Por otra parte InfoAgro (2003) señala que la lombricultura es una biotecnología que utiliza, a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. Es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales.

A diferencia de otras técnicas convencionales de compostaje, el proceso de lombricompostaje toma provecho de las cualidades biológicas y fisiológicas de las lombrices para potenciar la descomposición aeróbica de la materia orgánica. Con este principio pueden procesarse prácticamente cualquier residuo orgánico ya sea urbano, agropecuario o industrial. Durante el proceso no se generan desperdicios, malos olores o atracción de organismos indeseables. Además no requiere de equipos costosos o controles estrictos. (Capistrán *et al*, 2001)

La lombricultura ofrece una buena alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos contaminantes, tales como restos de cosechas, desperdicios de restaurantes, estiércoles, residuos industriales de origen orgánico (rastros, fábricas de papel, agro industrias, etc.

Finalmente la lombricultura puede ser considerada como una actividad empresarial. Es negocio tanto la obtención de compost, como la venta de las proteínas de las lombrices o el tratamiento de residuos. (Emison Medi Ambient S. L., 2000)

En la actualidad los recursos naturales están siendo explotados de manera irracional, manifestándose en la contaminación del aire, suelo, agua, la erosión del suelo y la disminución de los mantos acuíferos. La lombricultura ofrece una alternativa viable para la transformación de los desperdicios orgánicos

contaminantes y la recuperación de suelo mediante el reciclaje. El pequeño productor puede mantener un sistema casi cerrado en su parcela mediante la utilización de esta técnica. Por otra parte, es un negocio redituable y en expansión que ayudaría a mejorar las condiciones de vida del sector rural; así mismo es una opción para el problema de la falta de alimentos ya que la harina de lombriz es utilizada como complemento alimenticio para animales y humanos.

Objetivos

- Proporcionar una introducción al conocimiento de la lombricultura, en el aspecto científico y práctico.
- Detectar los temas fundamentales de investigación en relación a la lombricultura.

Todo lo que es dejara de ser y todo lo que fue volverá a ser

-Proverbio Náhuatl-

I. HISTORIA

Si nos remontamos a la historia, sociedades antiguas utilizaban a la lombriz como criterio de clasificación de suelos. Los egipcios guardaban gran respeto a la lombriz, rindiéndole honores como agradecimiento por el incremento en la fertilidad de las tierras del Nilo. (Martínez, 1999)

Aristóteles, 500 A.C. se refería a la lombriz como el intestino de la tierra y realizó una descripción morfológica de ella. Posteriormente, Linneo hizo la clasificación de la lombriz en 1758. Mas tarde, en los primeros años del siglo XIX, Darwin dedica 40 años de su vida al estudio de la lombriz que concluye con la escritura del libro “La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices” en 1881. Establece además, que la lombriz es el animal que juega el rol más importante dentro de las criaturas, porque cierra el circuito de la vida y de la muerte. Debido al trabajo relevante que realizó sobre la lombriz de tierra, a Darwin se le considera el padre de la lombricultura. (Martínez, 1999).

Reines *et al* (1998) mencionan que el primer estudioso en reconocer el valor de las lombrices fue el naturalista inglés Gilbert White, en 1789. Señaló que la tierra sin lombrices se vuelve rápidamente fría, dura, sin fermentación y en consecuencia estéril.

La palabra Lombricultura nace como razón social de un grupo de investigadores en Sudamérica en la década de los 70, cuando aparecen nuevas técnicas de crianza y se comienza a extender su uso. En la segunda mitad de la década de los 80, se marca la mayor época expansiva de la lombricultura en Latinoamérica, quizás más acertadamente en Sudamérica: Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Brasil, son países que ven crecer criaderos de lombrices. En Cuba la situación político-económica que impidió seguir importando fertilizantes químicos, coadyuvó al desarrollo de la lombricultura en gran escala. España, Italia, Australia, India, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá se cuentan entre los países donde la lombricultura se mantenía y extendía con mayor interés. (Carrera, 2003)

En México el desarrollo de la lombricultura como una actividad productiva se inicia a partir de 1996, sin olvidar que se realiza investigación desde 1980. (Martínez, 2000)

II. BIOLOGÍA DE LA LOMBRIZ

2.1 Taxonomía

La lombriz de tierra se clasifica dentro del Phylum *Annélida*, la clase *Oligochaeta*, el orden *Opisthokonta* y la familia *Lumbricidae*. (Martínez ,1999)

El Phylum *Annélida* comprende a los gusanos segmentados e incluye a las conocidas lombrices de tierra y a las sanguijuelas, más un considerable número de especies marinas y dulceacuícolas. La peculiaridad más notoria del grupo es el metamerismo, es decir, la división del cuerpo en partes similares, o segmentos, que están dispuestos en secuencia lineal a lo largo del eje anteroposterior. (Barnes, 1989)

Atlas Visuales Océano (1999) señala que, los anélidos son metazoos de aspecto vermiforme con un cuerpo compuesto por numerosos segmentos que presentan forma de anillo y se denominan *somitos*; la segmentación es tanto interna como externa. El cuerpo alargado presenta simetría bilateral y se distinguen en él tres partes fundamentales: *prosoma* (región cefálica), *metasoma* (región intermedia) y *opistosoma* (región posterior).

El cuerpo está cubierto por una cutícula húmeda y delgada que contiene células glandulares y sensitivas. Posee o no unas estructuras denominadas quetas.

El tubo digestivo es completo y se extiende, tubular, a lo largo del cuerpo. El sistema circulatorio es cerrado, con dos grandes vasos longitudinales que poseen ramas laterales para cada somito.

La respiración es típicamente cutánea. El sistema excretor está formado por dos nefridios por somito. El sistema nervioso consta de un par de ganglios cerebroides y conectivos que llevan a dos comisuras nerviosas ventrales y presentan un ganglio y dos nervios laterales por somito (sistema nervioso en escalera de cuerda).

Son monoicos o dioicos, y de desarrollo directo o indirecto según los grupos; algunos de ellos se reproducen asexualmente por gemación.

Filogenéticamente, los anélidos están cerca de los moluscos y los artrópodos. Presentan un tamaño que oscila entre 1 mm y 2 m. Son marinos, de agua dulce o terrestres.

Atendiendo principalmente el número de quetas, el Phylum Annelida se divide en:

Clase Polichaeta: arenícolas o tubícolas con muchas quetas

Clase Oligochaeta: lombrices de tierra: pocas quetas

Clase Hirudínea: sanguijuelas; carecen de quetas.

Clase Polichaeta

Booolootian (1999) cita que los poliquetos incluyen principalmente a los anélidos marinos de vida libre, que tienen las características típicas de este grupo. El cuerpo tiende a ser alargado, en forma de gusano un poco deprimido. Consta de una región prostomial o cefálica y un tronco. La cutícula externa suele ser blanda y húmeda y depende del ambiente húmedo para evitar la desecación. Los apéndices laterales, o parápodos, casi siempre son notorios y cuentan con estructuras carnosas variadas como cirros, escamas y branquias. Muchos otros poliquetos son parcial o totalmente parásitos, viven en agua con salinidad variable, desde salobre hasta agua dulce; unos cuantos son terrestres

Clase Oligochaeta

Los miembros de esta clase son principalmente terrestres. Algunos habitan en agua dulce. No tienen parápodos y presentan algunas setas o quetas, la

cabeza no tiene apéndices definidos. Son hermafroditas, pero no se desarrolla una larva a partir del huevo.

Reines *et al* (1998) mencionan las siguientes características de la clase Oligochaeta:

- De agua dulce, marinos y terrestres
- Cabeza no diferenciada
- Sin apéndices sensoriales ni parápodos
- Segmentación externa bien marcada en correspondencia con la interna
- Pocas setas, de ahí el nombre: *oligo*, poco, y *chaeta*, seta
- Celoma bien desarrollado
- Hermafroditas
- Gónadas y gonoductos diferenciados
- Desarrollo directo, sin larvas
- Con clitelo

Resumen Sistemático de la Clase Oligochaeta

La siguiente clasificación se basa en la de Brinkhurst y Jaimeson (1972), modificada por Jaimeson (1978; citada por Barnes 1989)

➤ Orden Lumbriculida

- Familia Lumbriculidae
 - Género: *Lumbriculus*

➤ Orden Tubificida

⇒ Suborden Tubifina

- Familia Tubificidae
 - Géneros: *Tubifex*, *Branchiura*, *Limnodrilus*
- Familia Naididae
 - Géneros: *Nais*, *Ripistes*, *Salvina*, *Stylaria*, *Chaetogaste*
- Familia Phreodrilidae
- Familia Opistocystidae y Dorydrilidae

⇒ Suborden Enchytraeina

- Familia Enchytraeidae
 - Género: *Enchytraeus*

➤ Orden Haplotaxida

⇒ Suborden Haplotaxina

- Familia Haplotaxidae

⇒ Suborden Alluroidina

- Familias: Alluroididae y Syngenidrilidae
 - Géneros: *Alluroides*, *Syngenodrilus*

⇒ Suborden Moniligastrina

- Una sola familia muy extensa de lombrices de tierra
 - Géneros: *Moniligaster*, *Drawida*

⇒ Suborden Lumbricina

- Familia Glossoscoleicidae
 - Géneros: *Glossoscolex*, *Pontoscolex*
- Familia Ocnerodrilidae
 - Géneros: *Ocnerodrillus*, *Eukerria*
- Familia Megascolecidae
 - Géneros: *Megascolides*, *Megascolex*, *Pheretima*
- Familia Eudrilidae
 - Género: *Eudrilus*
- Familia Lumbricidae
 - Géneros: *Lumbricus*, *Eisenia*, *Allolobophora*

Clase Hirudinea (sanguijuelas)

Son anélidos que están aplanados dorsoventralmente. Difieren de otros anélidos por la ausencia de setas (excepto un género) y por la presencia de órganos copuladores y aberturas genitales en el lado ventral. Son abundantes en agua dulce, pero también se encuentran en agua salada o en la tierra; gran cantidad de ellos son depredadores. Su metamerismo externo no indica la cantidad real de segmentos (Booolootian, 1999)

Bigg *et al* (2000) señalan que los anélidos se distribuyen en hábitats terrestres, marinos, de agua salobre y agua dulce, en todo el mundo, con excepción de las regiones polares y desérticas

Número de Especies

- Clase Polychaeta; gusanos con cerdas: 8000 especies
- Clase Oligochaeta, lombrices de tierra: 3 100 especies
- Clase Hirudinea, sanguijuelas: 500 especies

Por otra parte el Centro de Estudios Agropecuarios (2001), indica que en la actualidad, se conocen entre seis y siete mil especies diferentes de lombrices, siendo la más conocida la *Lumbricus terrestris*,. Solamente 2 500 especies han sido clasificadas y sólo tres de ellas han podido ser domesticadas, siendo

Eisenia foetida la más conocida y aquella que es utilizada en más de 80 por ciento de los criaderos del mundo. Grossman y Weitzel (1997) mencionan que son más de 3000 especies de lombrices.

Pueden vivir y reproducirse en cualquier ambiente, por lo que es fácil encontrarlas en casi todo el mundo, excepto en aquellas zonas donde el clima es excesivamente riguroso (Compagnoni y Putzolu, 1998). Se les puede encontrar en lagos, estanques, océanos, bosques, planicies y montañas. Casi en cualquier parte donde se encuentre suficiente materia orgánica en descomposición. Sin embargo no sobreviven en flujos volcánicos, desiertos o la zona de permafrost. (Grossman y Weitzel 1997)

Son diversas en apariencia, hábitat, hábitos de cruce y dietas, hay lombrices gigantes y lombrices minúsculas, por ejemplo, la *Megascolides australis* es una lombriz cavadora de Australia, rojiza parda que crece hasta 1.80 metros y pesa hasta 2 kilos 700 gramos. En contraste la *Enchytracidae*, una lombriz acuática blanca llega a medir 15 cm de largo. Algunas especies de lombrices son unisexuadas, sin embargo la mayoría son hermafroditas, pero aún las hermafroditas presentan diferencias reproductivas. Pueden ser blancas, verdes, pardas, rojas, azules y muchos tonos intermedios. Sus preferencias dietéticas y varían según la especie y el hábitat. (Grossman y Weitzel 1997)

Híbridos.

Proyecto Agros (sin fecha) menciona que la lombriz californiana, es una lombriz híbrida, producto del cruce de dos especies. Esta posee mayores cualidades en comparación con otras lombrices, tales como:

- Alta capacidad de reproducción
- Mayor resistencia a los cambios del ambiente
- Diversidad de alimentos que ingiere
- Rapidez para producir humus

Por otra parte Bouché (1987; citado por Capistrán *et al* 2001) menciona que aquellas personas que hablan de un Híbrido de California, están demostrando una falta de información, ya que están repitiendo un engaño originado a final de los años 70's por la ambición económica de pretender dar una exclusividad comercial o patente a estas lombrices.

2.2 Anatomía y Fisiología de la Lombriz de Tierra, *Lumbricus terrestris*

2.2.1 Características Externas

Según Gordon (1986) la lombriz de tierra es un gusano alargado y cilíndrico, en el cual la segmentación es visible externamente a manera de

pliegues en la cutícula. La boca es una hendidura en el extremo anterior, debajo de una proyección dorsal llamada prostomio. El ano se encuentra en el extremo posterior. En los gusanos sexualmente maduros se observa una bolsita de consistencia suave, el clitelo.

Booolootian (1999), hace referencia a que se acostumbra numerar los segmentos empezando en el extremo anterior. En las lombrices maduras los segmentos 31 ó 32 al 37 son más grandes, formando un agrandamiento en forma de banda llamado clitelo que usan durante la reproducción. Reines *et al* (1998), mencionan que el clitelo es una zona glandular a manera de cinturón (Fig. 1 y 2). Aparece sólo cuando el animal está apto para reproducirse. Interviene fundamentalmente en:

- Favorecer el acoplamiento de los animales durante la cópula
- Producir albúmina para la alimentación de los embriones
- Producir el capullo que contendrá a los embriones

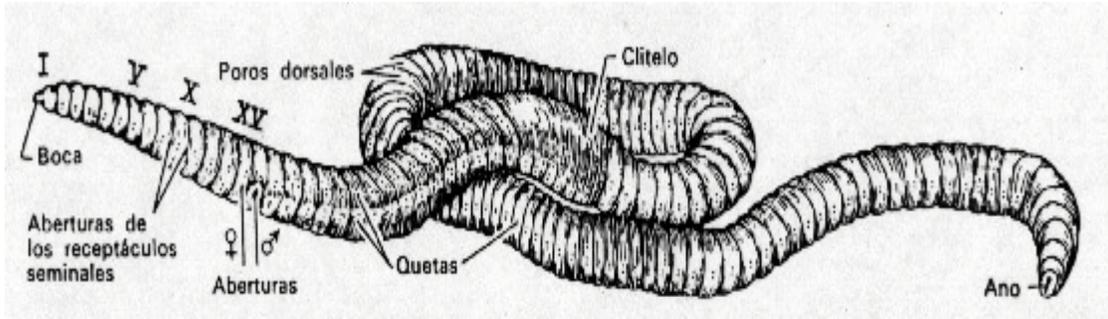


Figura 1. Características externas de la Lombriz de Tierra (*Lumbricus terrestris*). Sin fuente. Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), (2003)

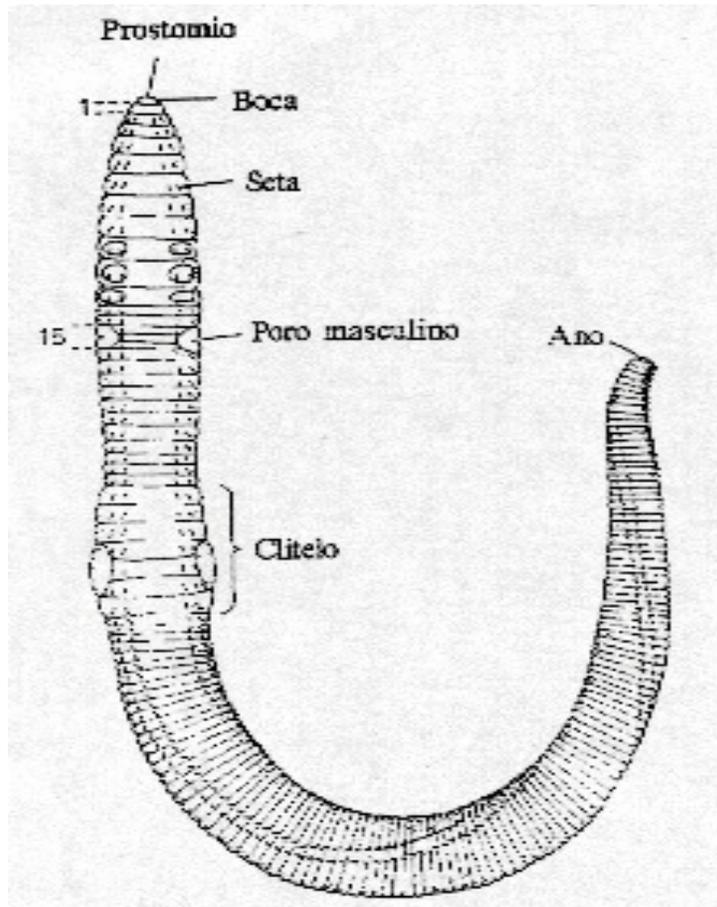


Figura 2 . Morfología Externa de la Lombriz Terrestre (Fuente: Lee, 1985; citado por Santamaría, 1996)

2.2.2 Morfología y Fisiología de los sistemas

Las lombrices tienen un cuerpo alargado y cilíndrico que consiste en dos tubos concéntricos: la pared del cuerpo y el tubo digestivo, separados por el celoma. (Martínez, 1999)

Sistema Digestivo.

El conducto Digestivo es un tubo recto que consiste en orden de: boca, esófago, buche , molleja, intestino y finalmente el ano (Fig. 3). A los lados del esófago tiene tres pares de glándulas calcáreas. (Gordon, 1986). La boca es una pequeña cavidad que se une con la faringe y en ella se lubrica el alimento que pasa posteriormente al esófago en el cual se encuentran las glándulas calcáreas, cuya función es excretar carbonato cálcico para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento. Primavesi (1984) menciona que estas glándulas calcáreas son llamadas glándulas de Morren las cuales neutralizan el pH del suelo por los excrementos ricos en calcio. En el buche se almacena el alimento y en la molleja se tritura, para ser digerido en el intestino, donde ocurre la mayor parte de la digestión. (Martínez, 1999)

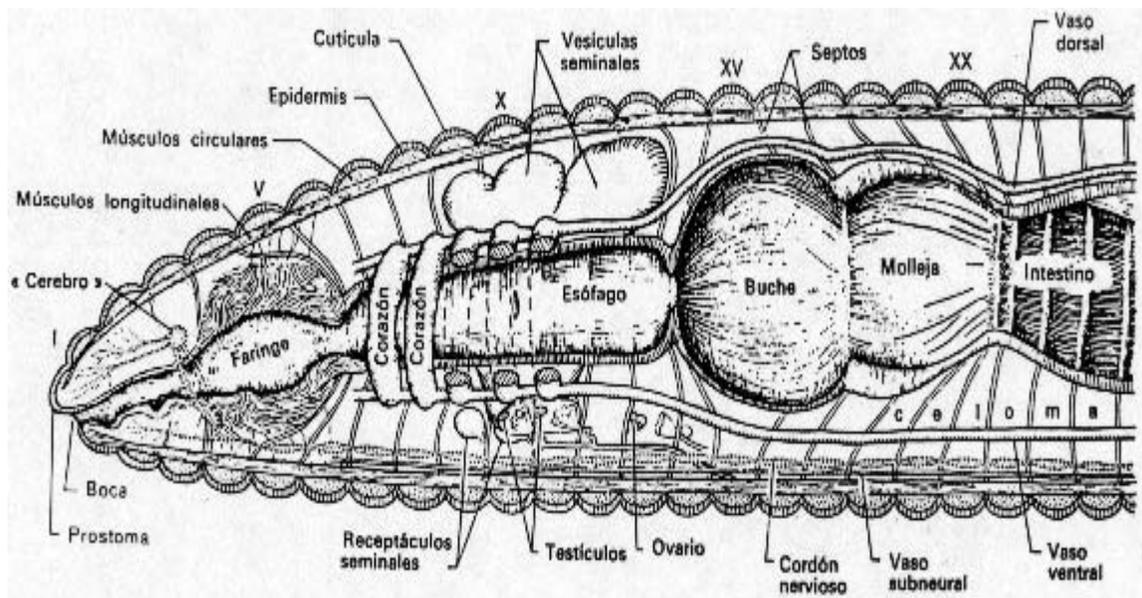


Figura 3. Estructura interna de la porción anterior de la Lombriz de Tierra. Sin fuente. Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del Departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

Sistema Circulatorio.

Las lombrices tienen un sistema circulatorio cerrado, constituido por dos grandes vasos sanguíneos uno dorsal y el otro ventral; además, de cinco vasos principales a lo largo del cuerpo y cinco pares de corazones, uno en cada uno de los somitos del siete al once (Fig. 3, 4 y 7). La sangre de las lombrices está compuesta por un plasma líquido de color rojo, debido a la presencia de hemoglobina. La función de la sangre es absorber las sustancias alimenticias de los intestinos, liberar residuos solubles en los riñones, transportar el oxígeno y liberar gas carbónico a través de la piel. (Martínez, 1999)

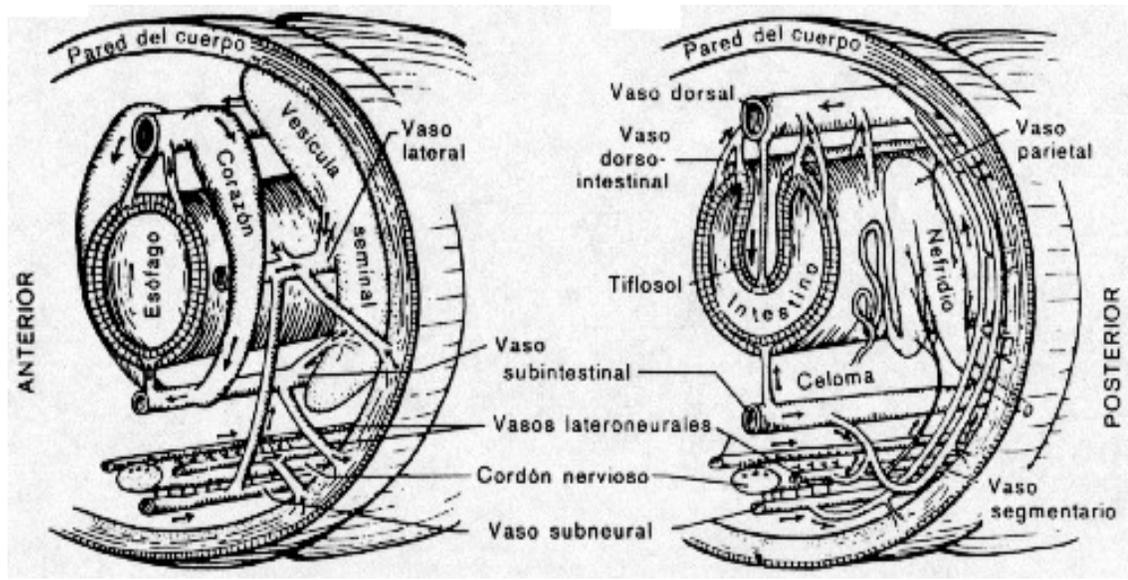


Figura 4. Sistema Circulatorio de la Lombriz de Tierra. Las Flechas Indican la dirección de la circulación. Fuente: adaptado de Johnston y Johnson (1902) y Bell (1947). Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del Departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

Sistema Respiratorio.

Respira a través de la cutícula húmeda que cubre toda su superficie (Fig. 3 y 7). Los vasos capilares de la pared del cuerpo toman el oxígeno y liberan al CO₂. (Gordon, 1986)

Sistema Excretor.

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

descarga los desechos en el exterior (Fig. 5 y 7). Los productos a excretar se forman en la sangre y en la pared del cuerpo y tubo digestivo, y ambos entran en la sangre y en el líquido celómico. El nefrostoma es ciliado y el movimiento de los cilios permite la liberación del líquido celómico. (Martínez, 1999)

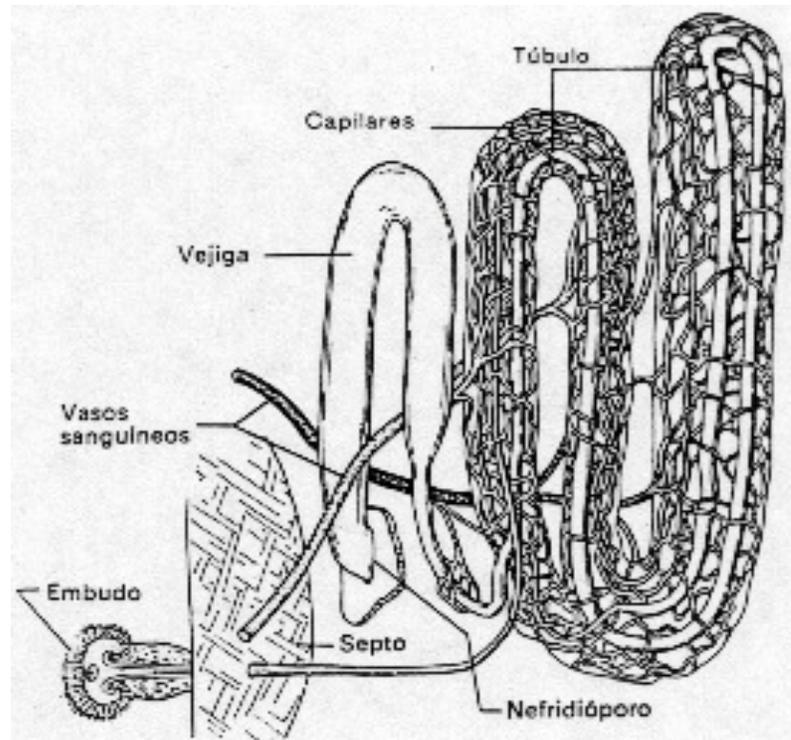


Figura 5. Nefridio completo de la Lombriz de Tierra. Sin fuente. Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

Sistemas Nervioso y Sensorial.

Esta formado por un cerebro, que a su vez lo integran dos ganglios suprafaríngeos. En cada somito se presenta un ganglio que se origina a partir del cordón nervioso ventral, del cual emergen tres pares de nervios laterales,

que se conectan con las fibras sensitivas y las fibras motoras (Martínez, 1999). Existen órganos sensoriales en la piel que son sensibles al tacto y a la luz, el sistema nervioso es una cadena ventral de ganglios, uno en cada segmento a partir del cuarto (Fig. 3, 6 y 7). (Gordon, 1986)

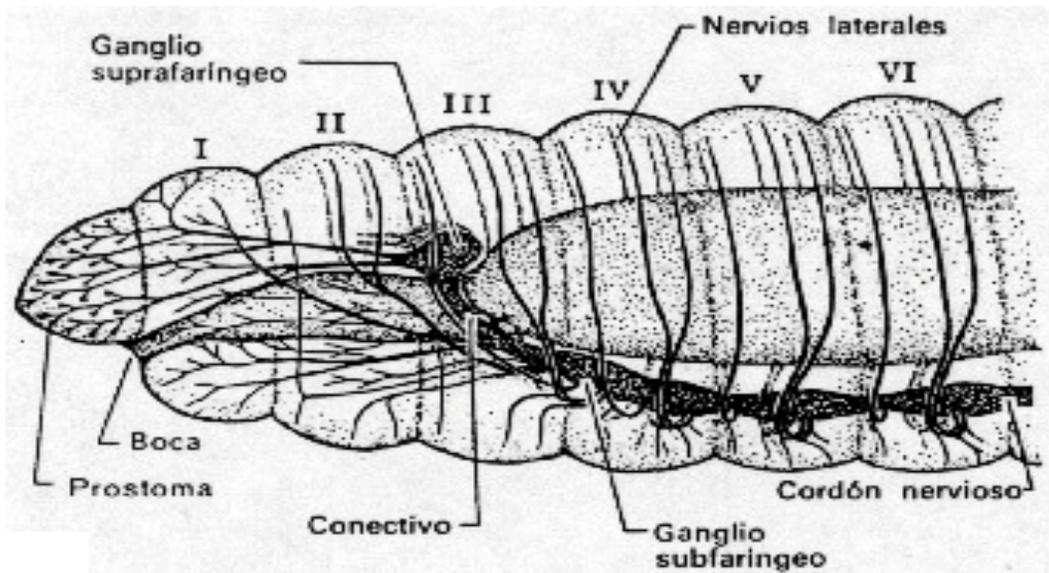


Figura 6. Ganglios y Nervios Principales del extremo anterior en vista lateral de la Lombriz de Tierra. Fuente: Hess (1925). Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

Sistema Locomotor

En cada segmento se ubica un sistema hidráulico cerrado; el celoma que actúa como un esqueleto hidrostático, gracias al líquido celómico. En la parte ventral del celoma se localizan los músculos circulares y los longitudinales, la contracción del músculo circular alarga el cuerpo y la del músculo longitudinal, lo acorta (Fig. 7). La lombriz se mueve hacia delante o hacia atrás sin dificultad

alguna, las quetas le permite adherirse a la superficie sobre la que se desplaza. (Martínez, 1999).

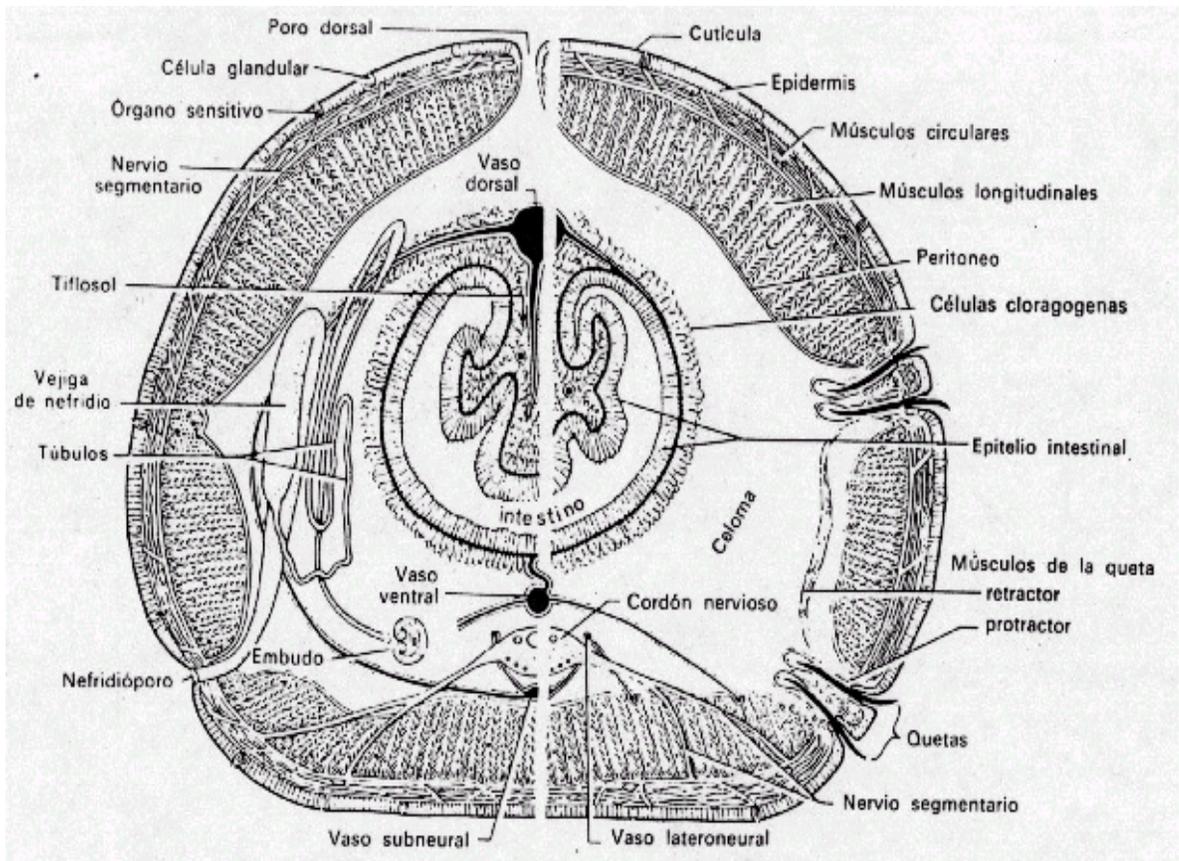


Figura 7. Sección transversal esquemática de la Lombriz de Tierra. Sin fuente. Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

2.3 Hábitos Alimenticios

Foth (1986) menciona que tal vez el grupo mejor conocido de animales grandes que habitan en el suelo, sea el de las lombrices comunes, de las que hay varias especies. Estos organismos prefieren un ambiente húmedo con abundancia de materia orgánica y una provisión amplia de calcio. En la capa

arable de una hectárea de suelo el número puede variar de unos cientos o menos hasta más de dos millones. Se ha estimado que por lo común en una hectárea de suelo hay de 200 a 1000 Kg de lombrices. Las lombrices por lo general evitan suelos encharcados. Si salen de la tierra cuando está lloviendo mueren por la radiación ultravioleta.

Foth (1986) cita que Darwin efectuó extensos estudios sobre este anélido y encontró que en un año pueden depositar en la superficie del suelo de 4.4 a 6.6 toneladas métricas de excrementos por hectárea, lo cual en 12 años conduciría a la elevación de la capa superficial 2.5 cm.

Millar, (1964), menciona que Darwin llegó a la conclusión de que a través del aparato digestivo de la lombriz pueden pasar hasta 37.5 toneladas de tierra seca por año.

Por su parte Owen (1999) menciona que las lombrices terrestres pueden remover hasta 45 toneladas de suelo por hectárea al año, dándole una estructura granular.

Desde el punto de vista ecológico las lombrices pueden dividirse en tres grandes grupos conforme al Centro de Estudios Agropecuarios (2001)

Primer grupo. Se encuentran aquellas lombrices que viven sobre la superficie del suelo (epigeas), se alimentan de hojas secas y estiércol. Dentro de este

grupo de encuentra la *Eisenia foetida*, conocida mundialmente como Lombriz Roja Californiana.

Segundo grupo. Lo ocupan los lumbrícidos, que pasan toda su vida en el interior del suelo (endogeos); se alimentan de productos que eliminan las raíces y materia orgánica arrastrada por las lluvias o por otras lombrices e insectos.

Tercer grupo. Finalmente alternando entre la superficie y la profundidad, se encuentra, al grupo de los anécicos. Dentro de este grupo de encuentra la lombriz de tierra, sin duda la más conocida y estudiada. Cava galerías en forma de "U", donde pasa la mayor parte del tiempo; por las noches sube a consumir restos vegetales, arrastrándolos al fondo para devorarlos junto con partículas de tierra.

2.4 Reproducción

Las lombrices son hermafroditas, es decir, están dotadas de órganos sexuales masculinos (testículos) y femeninos (ovarios); pero son incapaces de autofecundarse y se reproducen recíprocamente por fecundación cruzada. (Compagnoni y Putzolu, 1998)

El aparato genital masculino está integrado por los testículos que son glándulas secretoras de esperma. Está situado muy cerca de la boca. El aparato genital femenino recibe el esperma y lo retiene hasta el momento de la

fecundación, se encuentra en una posición relativa posterior al aparato genital masculino. (Fig. 8)

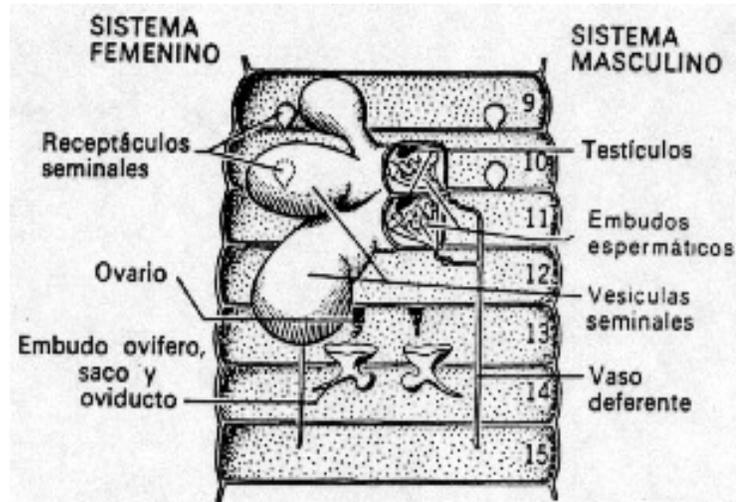


Figura 8. Sistema Reproductor de la Lombriz de Tierra visto dorsalmente. Sin fuente. Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

Dos lombrices en fase de acoplamiento giran en sentido opuesto la una de la otra, de esta manera, puede contactar el aparato genital masculino de una con el aparato genital femenino de la otra. (Fig. 9)

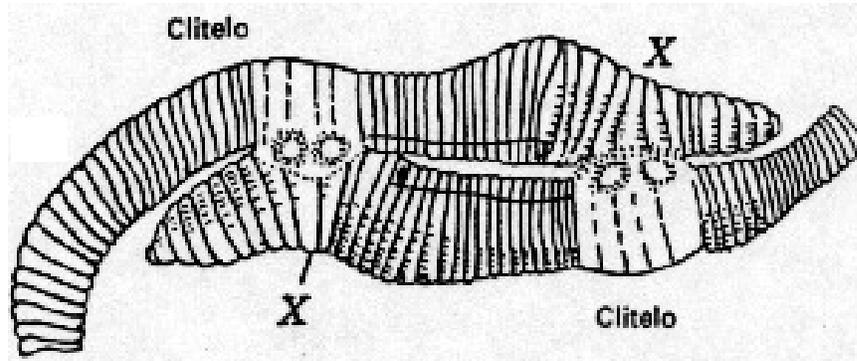


Figura 9. Lombrices de Tierra en Copulación, X= décimo somito. Fuente: Grove (1925). Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

La fecundación se realiza a través del clitelo, cuyas glándulas producen el capullo, cápsula o cocón. La cápsula tiene un color amarillo verdoso, con unas dimensiones aproximadas de 2-3 por 3-4 mm. Tiene una forma parecida a una pera muy pequeña, redondeada por una parte y acuminada por la otra (Fig. 9). Por esta última emergen las lombrices después de 14-21 días de incubación. (Ferruzzi, 2001)

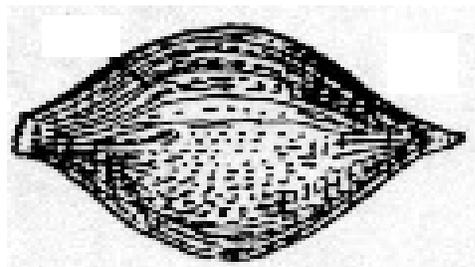


Figura 9. Cápsula, Huevo o Cocón. Fuente: Grove (1925). Figura proporcionada por Carranza A., catedrático del departamento de Botánica de la UAAAN (2003)

2.4.1 Ciclo de Vida

Reines *et al* (1998) indican que, en el ciclo de vida de la lombriz de tierra se determinan las siguientes etapas y fases:

- Etapa embrionaria
- Etapa postembrionaria
 - Fase postnatal
 - Fase juvenil
 - Fase clitelada
 - En crecimiento
 - En decrecimiento
 - Fase senescente

Etapa Embrionaria

Transcurre en el interior del capullo, el cual es depositado por el adulto en el suelo, en la capa superficial de la cama o algo más abajo si las condiciones ambientales no son las mejores. Los capullos son de color amarillo verde limón en algunas especies, pardos o blancos, y generalmente se vuelven más oscuros según envejecen. Su forma también varía, los hay desde redondos, en forma de limón o con una proyección en los extremos.

Los capullos pueden contener un número variable de embriones que fluctúa según las condiciones ambientales. La fertilidad depende en primera instancia de la especie. También la viabilidad de los embriones depende de los factores externos, así como el periodo de incubación de éstos.

Etapa Postembrionaria

Abarca el resto del ciclo de las lombrices, es decir, desde que nacen hasta que mueren.

Fase Postnatal. Comienza con la eclosión de la lombriz y se caracteriza por la escasez de pigmentos en el tegumento, por lo que se observan a través de éste algunos órganos internos como el tubo digestivo y el sistema circulatorio. Dura aproximadamente 10 días, aunque su culminación no es posible definirla con exactitud.

Fase juvenil. Se extiende a partir del final de la fase anterior y concluye con la aparición del clitelo. Se caracteriza por una gran actividad y dinamismo mostrado por los individuos y un elevado crecimiento en tamaño y peso, la duración depende de la especie y las condiciones ambientales. Dentro de esta fase suele incluirse la fase anterior.

Fase clitelada. Comienza con la aparición del clitelo y se caracteriza por la puesta de esta estructura, así como la puesta de capullos.

En esta fase se observan dos periodos, uno en el que los animales continúan creciendo y otro más largo o de meseta en el que los animales se estabilizan o pierden peso y tamaño. Se puede observar deterioro o lesiones en el clitelo durante los picos de máxima puesta de capullos.

Fase senescente o posclitelar. Es poco definida en algunas especies, como *E. eugeniae*, pues el decremento del peso y la longitud corporal de los animales no coincide con la desaparición del clitelo. Éste desaparece sólo cierto tiempo antes de la muerte de los animales. En otras especies esta fase comienza con la desaparición del clitelo. También se caracteriza el individuo senescente por la pérdida de la brillante iridiscencia en la coloración, que por lo general se hace más oscura o parda.

La duración del ciclo y sus fases están en estrecha relación con las condiciones de alimentación, humedad, temperatura y pH del sustrato.

2.4.2 Longevidad y Prolificidad

Ferruzi (2001) y el Centro de Estudios Agropecuarios (2001) mencionan que la lombriz roja vive aproximadamente 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada siete días, a partir del 90° día de edad si la temperatura y la humedad son las adecuadas. Como resultado del acoplamiento se producirán dos huevos o cápsulas (uno de cada lombriz). Estas cápsulas se abren al cabo de doce a veintiún días según sea la temperatura del medio donde se ubiquen.

Cada una contiene de dos a veinte pequeñas lombrices. Martínez (1999) cita que de cada cápsula pueden nacer entre tres y doce individuos

2.5 Ecología

El suelo es el medio donde se desarrolla innumerables formas de vida de plantas y animales que varían de tamaño; desde los microscópicos a los macroorganismos como las lombrices de tierra. (Ortiz y Ortiz, 1990). En el cuadro 1 se presentan los diferentes organismos que se encuentran en el suelo.

Desde el punto de vista ecológico la lombricultura reduce los problemas de contaminación generados por las grandes cantidades de desechos orgánicos que se producen diariamente en las comunidades humanas. La falta de un manejo adecuado de estos desechos produce microorganismos patógenos al hombre, larvas e insectos dañinos. (Martínez, 1999)

Las lombrices de tierra son de una gran importancia, porque con su actividad cavadora de tierra, en su estado natural, participan en la fertilización, aireación y formación del suelo, por su efecto marcado sobre la estructuración del mismo; debido a la mezcla permanente y el reciclaje de bases totales, como el calcio, el cual sustraen de las capas más profundas del suelo hacia la superficie. (Emison Medi Ambient S. L., 2000)

Las lombrices se alimentan de materia orgánica. Durante este proceso descomponen el desperdicio y lo excretan en forma de pellets (Hamilton, 1993), los cuales son cubiertos con una membrana gelatinosa que proporciona cohesión y soporte a la materia orgánica (Capistrán *et al*, 2001). El resultado es una estructura migajosa que ayuda a mejorar el drenaje y aireación del suelo, por lo tanto promueve un ambiente apropiado para el crecimiento de las raíces. Estos pellets modifican los nutrientes de la materia orgánica de manera que están disponibles y de lenta liberación como lo requieren las raíces de las plantas. (Hamilton, 1993).

Por otro lado Knight *et al*, (1989; citado por Prosol y Power 1997) señalan que las lombrices han recibido bastante atención en relación a la agricultura orgánica. En sistemas agrícolas típicos, las poblaciones de lombrices son parte integral del funcionamiento del sistema y el valor agronómico de las mismas es difícil de definir. La contribución directa de nitrógeno como parte del flujo neto anual del mineral nitrógeno por parte de las lombrices varía de 7.9 – 27.3 por ciento para suelos agrícolas de Holanda, de 3.4 – 16.6 por ciento en las praderas de Polonia y de 18 – 24.5 por ciento en los pastizales de Nueva Zelanda.

Sin embargo, debe también ser señalado que las lombrices pueden contribuir a la pérdida de nitrógeno por desnitrificación y lixiviación. Por lo tanto se debe considerar el impacto total de la lombriz para una situación agroecológica dada.

Martínez (1999), menciona que la lombriz:

- Provee a las plantas de un suelo aireado y bien drenado
- Incrementa la población de microorganismos, los cuales favorecen la actividad enzimática y con ello los procesos metabólicos de las plantas. Por lo tanto, proveen al sistema radical mejores condiciones para una mayor penetración de las raíces en el suelo, lo que favorece la absorción de agua y nutrimentos
- Evitan la pérdida de nutrimentos por efecto de la lixiviación, debido a la formación de agregados del suelo que permiten un mejor anclaje de la planta y mejoran la estructura del suelo.

Capistrán *et al*, (2001) por otra parte aluden que durante el lombricompostaje de la materia orgánica, es posible reconocer muchos mecanismos de acción, entre los que podemos mencionar los siguientes:

- Las lombrices fabrican galerías en la materia orgánica lo que favorece la aeración y ventilación, y por lo tanto la entrada de oxígeno y la salida de CO₂; lo que impide la generación de malos olores y se promueve la degradación aeróbica.

- Reducen o en algunos casos eliminan microorganismos patógenos de plantas y animales, favoreciendo en cambio la microflora y microfauna natural de los suelos fértiles. El abono sale del intestino de la lombriz con una carga bacteriana mayor que la que ellas mismas ingirieron.
- Durante el proceso, se generan compuestos bioactivos de importancia para los procesos bioquímicos y reguladores de los suelos, como son enzimas, antibióticos, vitaminas, hormonas y sustancias húmicas, de gran valor para la nutrición vegetal.

Cuadro 1. Organismos del suelo

Organismo	Población aproximada en el suelo	Requisitos especiales	Fuente de nutrición	Papel en el ecosistema
MICROFLORA				
Fungí: levaduras, moho, micorrizas	$10^5 - 10^8$ por gramo	Toleran amplios rangos de pH y temperatura	Materia orgánica o nutrientes de las raíces de las plantas	Formación de humus: estabilización de agregados. Producen antibióticos; provocan enfermedades en las plantas; ponen el fósforo disponible
Actinomicetos	$10^7 - 10^8$ por gramo	Necesitan aeración, humedad y pH 6.0 – 7.5	Materia orgánica	Formación de humus
Bacterias autótrofas: Azotobacter, Nitrobacter. Heterótrofas: organismos descomponedores	$10^8 - 10^9$ por gramo	La mayoría necesitan aire (aerobios) y calcio intercambiable. Temperatura de 70 – 100 °F; pH 6 - 8 (20 – 38 °C)	Los autótrofos consumen nutrientes simples del suelo y aire. Los heterótrofos materia orgánica	Los autótrofos son fijadores de nitrógeno. Algunos causan enfermedades. Los heterótrofos son descomponedores

Fuente: Gershuny y Smillie (1995)

Continuación Cuadro 1

Organismo	Población aproximada en el suelo	Requisitos especiales	Fuente de nutrición	Papel en el ecosistema
Algas: verdes, verde-azul	$10^4 - 10^5$ por gramo		Fotosíntesis	Añaden materia orgánica al suelo. Algunas fijan nitrógeno
MICROFAUNA				
Nematodos	$10^7 - 10^8$ por gramo		Materia orgánica, otros microbios, raíces de plantas	Consumidores secundarios, algunos son plaga y parásitos
Protozoarios	10 - 100 por gramo			
INSECTOS Y MOLUSCOS				
Acáridos, arañas, cochinillas, hormigas, escarabajo, ciempiés, mil pies, babosas, caracoles	$10^3 - 10^5$ por m^2		Microflora, microfauna, otros insectos, raíces y residuos de plantas, nematodos, moluscos, detritus, materia orgánica, plantas débiles	Oxigenan y mezclan el suelo. Seleccionan las plantas débiles o enfermas
LOMBRICES	30 - 300 por m^2		Materia orgánica	Oxigenan y mezclan el suelo.
RAÍCES	100 - 6 000 lbs por acre		Fotosíntesis	Remueven agua y nutrientes

2.5.1 Efecto de La lombriz en el Suelo

Los efectos de la lombriz de tierra en el suelo son descritos por: Home, Farm y Garden Research, Inc. (1954)

Efecto en la Humedad.

La entrada de agua al suelo depende principalmente de la presencia de canales ajenos. Las lombrices de tierra son altamente efectivas en la elaboración de dichos canales, ellas forman un tejido interconectándolos lo que permite que el agua de lluvia penetre fácilmente la capa de tierra. El suelo sin lombrices tiene una velocidad inicial de absorción de 0.2 pulgadas de la precipitación por minuto. El mismo suelo trabajado por lombrices de tierra por un periodo de un mes, tiene una velocidad inicial de absorción de 0.9 pulgadas por minuto, mejorándola cuatro veces. (Home, Farm y Garden Research, Inc., 1954)

La actividad de las lombrices de tierra es solo uno de los factores que incrementa la capacidad de absorción de agua del suelo. El acolchado, la composta, y las raíces de la carpeta vegetal son otros factores. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Influencia de la lombriz de tierra, cobertura vegetal y acolchado orgánico sobre la capacidad de infiltración de un suelo arcilloso

Cobertura	Velocidad relativa de infiltración	
	Sin lombriz de tierra (pulgadas por minuto)	Con lombriz de tierra (Pulgadas por minuto)
Nada	0.0	0.0
Cobertura vegetal	0.2	0.8
Acolchado orgánico	0.0	1.5

Fuente: Home, Farm y Garden Research, Inc. (1954)

Estos datos indican que la lombriz de tierra tiene mucho más efecto en la infiltración que la cobertura vegetal o el acolchado solo.

Efecto en la Aireación.

La lombriz de tierra es uno de los agentes más efectivos para remover y airear el suelo. Ellas perforan la capa superficial del suelo y penetran gradualmente el subsuelo, favoreciendo a las raíces y depositando materia orgánica. Pero lo más importante es la granulación del suelo que llevan a cabo, esto es posible por la producción de excretas a partir del suelo y desechos orgánicos que comen. Así el suelo llega a convertirse en gránulos con excreta, con esto se consigue remover y mejorar el suelo.

Efecto en los Nutrientes.

La lombriz de tierra digiere los desechos y excreta los nutrimentos que no necesita. Estas excretas son depositadas en sus canales en toda la capa superficial del suelo y en el subsuelo. De esta manera son distribuidas a través de la zona de las raíces, que constituyen una fuente de nutrientes para la vegetación. La riqueza de las excretas depende del tipo de desperdicio orgánico y los minerales que el suelo tenga para la alimentación de las lombrices.

Un análisis químico muy minucioso hecho por Lunt y Jacobson a la excreta de la lombriz de tierra y al suelo no consumido, en la Estación Experimental de Agricultura de Connecticut, reportó que las excretas contenían cinco veces el nitrato, siete veces el fósforo disponible, tres veces el magnesio intercambiable, once veces el potasio, y una y media veces el calcio que un suelo no digerido por las lombrices. (Home, Farm y Garden Research, Inc. 1954)

2.5.2 Las Lombrices de Tierra como Plaga de las Plantas

Antes de la publicación de Darwin, relatando las actividades de la lombriz de tierra en 1881, se creía que se alimentaba de plantas vivas, y fueron consideradas como plagas de las plantas. (Lee, 1985)

Stephenson (1930; citado por Lee 1985) registró varios reportes de la India de lombrices de tierra como plaga de las plantas, incluyendo un caso donde se dijo que *Metapheretima elongata*, dañó la vid por exceso de madrigueras en el suelo alrededor de sus raíces; otro reporte donde se indicó que *Malabaria paludicola*, *Aphanascus oryzivorus* y *Criodillus* sp atacaron las raíces de arroz y otro donde *Perionyx* sp fue encontrada en los tallos de plantas de Cardamom (*Elletaria cardamomum*). Es probable que en la mayoría de los casos las plantas ya estaban dañadas y descompuestas por otros organismos y que las lombrices de tierra atacaban la parte de tejido dañado.

Mc Rill (1974; citado por Lee 1985) encontró semillas de muchas especies de malezas en excretas de *Lumbricus terrestris* en el prado. El mismo autor reportó que fueron implicadas en dispersar las malezas, y proveer aparentemente, un microambiente favorable en sus excretas para el establecimiento de las semillas.

2.6 Evolución

Es probable que los anélidos ancestrales fueran animales marinos que excavaban en la arena y el fango de aguas costeras poco profundas. Probablemente la clase Oligochaeta, que incluye a la lombriz de tierra haya surgido a partir de poliquetos primarios, aunque parece más probable que se originaran de forma independiente a partir de anélidos ancestrales (Barnes, 1989)

Los fósiles de anélidos son raros porque es difícil que su cuerpo blando se conserve. Los fósiles conocidos se remontan a más de 500 millones de años. Tal vez descendían de los gusanos planos (platelmintos) y se cree que dieron lugar a los artrópodos. (Lombricultivos para la elaboración de Humus, 2000)

Es posible que los primeros oligoquetos habitarán en sedimentos de agua dulce. Luego, algunas líneas invadieron poco a poco sustratos más secos y así surgieron las lombrices de tierra. (Barnes, 1989)

La distribución actual de los oligoquetos terrestres es el resultado directo y obvio de la deriva continental. Hay por ejemplo varios géneros nativos de la Gondwana: *Microscolex*, *Eodrilos* (Sudamérica), *Neogaster*, *Dicogaster*, *Nematogenia*, y *Wegeneriella* (África Occidental y América Central). Más al norte aún en lo que fue Laurasia, la mayoría de las especies de lombrices son las mismas en ambos lados del Atlántico. Las lombrices son, de todos los animales, los candidatos menos probables para dispersión transoceánica a saltos ya que ni ellas ni sus huevecillos serían capaces de sobrevivir adheridas a algún ave para que los transportara; esto debido a que se deshidratarían. (Omodeo 1963; citado por Pielou, 1979)

Los lumbrícidos se encuentran entre los seres con mayor poder de adaptabilidad; su origen se sitúa en el precámbrico, hace 700 millones de años (Centro de Estudios Agropecuarios, 2001)

2.7 Domesticación

El ejemplo más notable y reconocido de dedicación al estudio científico de la lombriz, lo es aún el último libro publicado por Charles Darwin en 1881, que fue dedicado precisamente a la formación del suelo vegetal por acción de este anélido. (Capistran *et al*, 2001)

El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) señala que en 1925 el suizo Alberto Roth, instala en Argentina, un establecimiento hierbatero en Santo Pipo, Misiones. Dedicó toda su vida a criar gusanos de tierra para enriquecer, mejorar y conservar la fertilidad de sus tierras de cultivo.

Cuenta la historia que unos estudiantes norteamericanos, de paso por Misiones, se llevaron la idea a Estados Unidos.

Reines *et al* (1998) exponen que se le adjudicó a Thomas Barret (1948), la paternidad de la cría de lombrices en cautiverio, por haber sido el primero en demostrar la viabilidad de criarlas a gran escala. Por otra parte, Martínez (1999) indica que, Barret en 1930, inicia la domesticación de la lombriz en California

Así fue que Hug Carter, familiar del expresidente de los Estados Unidos James Carter, inicia en 1947 su propio criadero; pero la diferencia sustancial es que el empleó una especie distinta de lombriz, la *Eisenia Foetida* ó Lombriz Roja Californiana (Centro de Estudios Agropecuarios, 2001). Reines *et al* (1998)

citan que fue ese gran empresario precursor quien promovió esta actividad para la pesca deportiva.

III. IMPORTANCIA

La lombriz ha demostrado ser una excelente ayuda para la transformación de la materia orgánica y la producción de un mejor abono para la fertilidad del suelo, así como una posible solución al problema de desnutrición del mundo.

La cría de lombrices ha cobrado importancia al ser, principalmente, una opción ecológica y económicamente viable para la transformación de la materia orgánica. (Servín, 2003)

3.1 Solución al Problema Alimenticio

Ante el crecimiento de la población mundial la humanidad se encuentra ante la disyuntiva de cómo se va a alimentar a tanta gente, por lo que se hace necesario buscar alternativas de solución reales, a bajo costo; incrementando la producción de alimentos en unidades mínimas de producción, reciclando desechos y basuras originadas por esos 5 400 millones de habitantes.

La producción intensiva de la ganadería dio paso a la alimentación con alto contenido proteico a partir de aves, cerdos, vacas y conejos, es decir se hicieron competidores de la base alimenticia del hombre. (Centro de Estudios Agropecuarios, 2001)

Para producir más cantidad de proteínas, debemos usar más intensamente la tierra, abrir más superficie a la agricultura y aplicar grandes cantidades de abonos químicos, lo que provoca que las tierras se acidifiquen y por otra parte se erosionen o compacten por el uso constante de arados y máquinas.

Dentro de este contexto, la lombricultura aporta una interesante iniciativa destinada a regenerar y abonar las tierras en forma natural y económica y proveer a la ganadería de proteínas de alta calidad y bajo costo. (Emison Medi Ambient S. L., 2000)

La carne de este anélido contiene de 60 a 80 por ciento de proteína cruda, que lo ubica como uno de los alimentos de mayor calidad en la naturaleza. Esta opción ofrece la oportunidad de producir carne de altísima calidad a muy bajo costo. En algunos países es procesada para convertirla en harina, que se utiliza para la elaboración de alimentos para animales. Sin embargo, también se ha usado para la fabricación de pan o complementos de carne para hamburguesas. Además del alto contenido proteico, este producto contiene aminoácidos esenciales para la nutrición humana. (Servín, 2003)

Tomando en consideración la tasa de crecimiento de la humanidad y el déficit alimentario proteico, la lombriz de tierra será una alternativa para el problema del hambre. (Centro de Estudios Agropecuarios, 2001)

3.2 Solución al Problema de los Desechos en Forma Rentable

Servín (2003), señala que en el mundo existen cerca de cinco mil 400 millones de habitantes que desechan, cada uno, entre 0.4 y 2 kilogramos de materia orgánica por día. Los basureros al aire libre y la incineración han sido métodos empleados para el manejo de la basura, pero generan graves problemas de contaminación. En México existen más de 50 mil tiraderos de basura visibles en calles, terrenos baldíos y carreteras, en donde la mitad de la basura es residuo orgánico. Sin embargo, el reciclaje se enfoca en materiales como el vidrio, papel y plástico. La fracción orgánica continúa mostrando efectos adversos al ambiente.

La solución inmediata es seleccionar los desechos y, mediante la utilización de las lombrices, regenerar y transformar estos residuos en un fertilizante orgánico.

3.3 Razones Económicas

El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) indica que la lombricultura, tiene la posibilidad de generar empleo, pudiendo contribuir a la mejora de vida de muchas personas o comunidades.

La producción de lombriz, harina y humus de lombriz, son tres actividades conjuntas que se constituyen en una alternativa agropecuaria. Particularmente

porque se está dando un fuerte incremento en la demanda de los denominados productos naturales o ecológicos, que se asocian con cuidado de la salud y la preservación del ambiente. Los principales mercados internacionales para estos productos se encuentran fundamentalmente en Europa, Estados Unidos y Japón.

Rudiño (2000) cita que el 85 por ciento de la producción orgánica mexicana se exporta, sobre todo a Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra y Suiza. Y son los pequeños campesinos (con menos de 30 hectáreas), así como comunidades indígenas organizadas, las que están presentes en esta agricultura, que generó 13.7 millones de jornales en el año 2000. Se realizó en 250 zonas ubicadas en 29 estados de la República. Destacan Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua, Guerrero, Jalisco y Sinaloa

El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) señala que uno de los productos que se obtiene, el humus, presenta características insuperables y se coloca fácilmente en el mercado. Así mismo, tiene altas posibilidades de comercialización en el mundo entero, pero su calidad es factor importante para obtener los mejores precios del mercado, los que pueden fluctuar desde 100 a 250 dólares la tonelada, dependiendo del mercado y de la relación oferta-demanda.

Los costos de instalación son bajos al igual que los costos de gestión. La alimentación de las lombrices es con base en desechos orgánicos, abundantes y de bajo costo.

3.4 Usos

En la industria farmacéutica se utiliza el colágeno presente en las lombrices y, a partir del líquido celomático, se han elaborado antibióticos.

Servín (2003) alude que características de las lombrices como no sangrar al cortarse, ser totalmente inmune al medio contaminado, así como la alta capacidad de regeneración de tejidos, son motivo de investigaciones para aplicarse al ser humano.

Compagnoni y Putzolu (1998), señalan que el uso tradicional y más conocido de la lombriz es como cebo de pesca; fue con esta finalidad que se inició el cultivo.

Bellapart (1988) menciona que las lombrices pueden ser utilizadas como alimento para pájaros, gallinaceas, peces, por lo que cabría pensar en una piscifactoría junto a un cultivo de lombrices. Las lombrices de tierra son un buen alimento para la carpa negra (carpa de Amur) y la carpa común; y los residuos del medio de cultivo para la producción de champiñones, lombrices y larvas de mosca que pueden ser arrojados al estanque de peces. Esto da como resultado

una reducción de los desechos y la prevención de contaminación. (Mitsch y Jorgensen 1989).

Ferruzzi (2001) comenta que también se utiliza como alimento para la cría de ranas.

3.5 Productos de la Lombricultura

3.5.1 Lombricomposta

Es la excreta de la lombriz, la cual se alimenta de desechos en descomposición; asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas y otra parte la excreta. Es conocida también como vermicomposta y humus de lombriz. (Martínez, 1999). Estas excretas son conocidas por sus altos niveles de fosfato, nitrógeno y otros nutrimentos, también contiene polisacáridos que aglutinan las partículas del suelo y ayudan en el desarrollo de la materia orgánica del suelo. (Gliessman, 2000)

El vocablo humus proviene del latín del mismo nombre que significa tierra, suelo, y se refiere al conjunto de productos orgánicos estables y finales del proceso de transformación de los compuestos vegetales y animales que llegan al suelo (proceso de humificación). La denominación humus se aplica una vez que se ha perdido la estructura orgánica microscópica original y se hace amorfo. (Reines *et al*, 1998)

Es el mejor abono orgánico existente, completo, equilibrado y de fácil manejo, ideal para la fruticultura, floricultura, viveros, horticultura y agricultura en general. Al haber pasado por el intestino de la lombriz, y con todas las transformaciones que allí ha sufrido, el compost de lombrices es perfecto para la nutrición inmediata de las plantas. Las deyecciones de lombriz han demostrado ser muy útiles para estimular el crecimiento de las plantas, dándoles además fuerza y robustez. (Bellapart, 1988)

El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) afirma que los excrementos de lombriz contienen cinco veces más nitrógeno (N), siete veces más fósforo (P), cinco veces más potasio (K) y dos veces más calcio que el material orgánico que ingirieron. Por otro lado Bellapart (1998) señala que las excretas de lombriz presentan dos veces más calcio, once veces más potasio, tres veces más magnesio, cinco veces más nitrógeno y siete veces más fosfato . En los cuadros 3 y 4 se muestran los contenidos de N, P, K en los diferentes tipos de abono orgánico, así como en el humus de lombriz obtenido a partir de diferentes residuales. En el cuadro 5 se muestra el contenido de N en las excretas de lombriz y de suelo en diferentes partes del mundo. En ninguno de estos cuadros puede observarse los incrementos en N, P, K mencionados por Bellapart (1998) y el Centro de Estudios Agropecuarios (2001). Una posible justificación es que el contenido en nutrientes de las excretas de lombriz varía de acuerdo a las dietas proporcionadas a las lombrices

Cuadro 3. Contenido de N, P K en el humus de Lombriz y diferentes abonos orgánicos

	N%	P%	K%
*Vermicomposta	1.5 – 2.2	1.8 – 2.2	1.0 – 1.5
°Ganado de leche o carne	2 – 8	0.2 – 1.0	1 – 3
°Pollos	5 – 8	1 – 2	1 – 2
°Cerdos	3 – 5	0.5 – 1.0	1 – 2
°Borregos	3 – 5	0.4 – 0.8	2 – 3
+Gallinaza fresca	1.5	1.0	0.5
+Gallinaza seca	4.5	3.5	2.0
+Vaca lechera	0.56	0.23	0.6
+Caballo	0.69	0.24	0.72
+Cerdo fresco	0.5	0.32	0.46
+Borrego	1.4	0.48	1.2
+Buey	0.7	0.55	0.72
^a Heces humanas	5 – 7	3.0 – 5.4	1.0 – 2.5
^a Orina humana	15 – 19	2.5 – 5.0	3.0 – 4.5

Fuente: * Grossman y Weitzel (1997), ° Miller y Donahue (1992), + Jeavons (1991) y ^a Polprasert (1989)

Cuadro 4. Contenido de N, P, K en humus de lombriz obtenido a partir de diferentes residuos

Residual	N%	P%	K%
Vacuno	1.70	0.62	1.22
Porcino	1.89	0.50	0.34
Ovino	1.51	0.64	0.78
Pulpa de café	2.67	2.11	0.40
Residuos urbanos	0.90	0.44	3.60

Fuente: Ramón *et al* (1989; citado por Reines *et al* 1998)

Cuadro 5. Contenido de nitrógeno en las excretas de lombrices y en el suelo circundante en varias partes del mundo

Lombriz de Tierra	Hábitat	Localidad	Excretas	Suelo
LUMBRICIDAE				
<i>Lumbricus terrestris</i> <i>Lumbricus</i> spp. <i>Aporrectodea caliginosa</i>	Pasto Viejo	Alemania	0.54%	0.35%
<i>Aporrectodea caliginosa</i> <i>Aporrectodea rosae</i> <i>Ocatolasion lacteum</i>	Pasto	Polonia	0.48%	0.28%
<i>Lumbricus rubellus</i>	Pasto	Nueva Zelanda	0.39%	0.23%
<i>Lumbricus terrestris</i>	Suelo Arable	Alemania	0.13%	0.10%
MEGASCOLEDAE				
<i>Aminthas hupalensis</i>	Pasto	Japón	0.24%	0.20%
<i>Metapherina jochhana</i>	Prado Natural	Nueva Guinea	0.19%	0.14%
GLOSSOSCOLECIDAE				
<i>Glyphigrilus</i> sp <i>Alma emini</i>	Pantanos	Uganda	0.28% 0.22%	0.18% 0.01%

Fuente: Lee (1985)

El Manual gratuito Como Criar lombrices Rojas Californianas, (2003) señala que:

- Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente

asimilables por las raíces. Por otra parte, impide que estos sean lavados por el agua de riego manteniéndolos por más tiempo en el suelo

- Favorece la formación de micorrizas

- Aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos

- Su pH neutro lo hace sumamente confiable para ser usado con plantas delicadas

- Debido a su pH neutro y otras cualidades favorables aporta y contribuye al mantenimiento y al desarrollo y diversificación de la microflora y microfauna del suelo

- Transmite directamente del terreno a la planta hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadoras

- Protege al suelo de la erosión

- Mejora las características estructurales del terreno, desligando los arcillosos y agregando los arenosos

- Aumenta la porosidad de los suelos aumentando la aireación

- Su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica
- Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos mejora las características químicas del suelo
- Mejora la calidad y las propiedades biológicas de los productos del agro
- Aumenta la permeabilidad y la retención hídrica de los suelos, disminuyendo el consumo de agua en los cultivos

Composición Química

La composición y calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos y una mezcla bien balanceada permite obtener un material de excelente calidad. (Martínez, 1998). En el cuadro 6 se presenta la composición química del humus de lombriz.

Cuadro 6. Porcentaje de elementos por 100 g de peso seco de humus de lombriz

Elemento	Contenido
N	0.8-2.0%
P ₂ O ₃	0.5-0.7%
K ₂ O	0.3-0.6%
CaO	3.6-4.4%
MgO	0.4-0.5%
Cu	50-60ppm
Zn	150-170 ppm
Mn	500-550 ppm
M.O.	30-45%
Rel. C/N	10-12
Humedad	45-55%
Ac. Fúlvicos	6%
Ac. Húmicos	20%
pH	6.8-7.5%
Colonias bacterianas	2 x 10 ¹² col./g

Fuente: Reines *et al*, 1998

Composición Microbiológica

La característica más importante de la lombricomposta es su alta carga microbiana (Cuadro 7), la cual le hace ubicarse como un excelente material regenerador de suelos. Esto ha sido demostrado con aplicaciones a suelos erosionados y con bajos contenidos de materia orgánica, consecuencia de la aplicación de agroquímicos, observándose en ellos una extraordinaria proliferación de la flora bacteriana. (Martínez, 1999)

Reines *et al*, (1998) mencionan que contiene una rica flora microbiana que le confiere al producto propiedades muy especiales y diferenciales en

comparación con otros abonos. La presencia de abundante cantidad de microorganismos le confiere al producto:

- Propiedades antibióticas
- Presencia de enzimas de crecimiento
- Presencia de otras enzimas que benefician el suelo y los cultivos

Cuadro 7. Cantidad de microorganismos por gramo seco de lombricomposta

Muestra	Hongos	Bacterias	Actinomicetos
1	23.1×10^3	21.0×10^5	59.3×10^3
2	18.7×10^3	7.2×10^6	12.7×10^3
3	22.4×10^2	21.1×10^5	16.4×10^3
4	13.5×10^3	68.1×10^5	69.9×10^3

Fuente: Martínez (1999)

Valores Fitohormonales.

El Manual gratuito Como Criar lombrices Rojas Californianas, (2003) indica que el humus de lombriz es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores del crecimiento son:

- La *Auxina*, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración, la cantidad y dimensión de los frutos;

- La *Giberelina*, que favorece el desarrollo de las flores, la germinación de las semillas y aumenta la dimensión de algunos frutos;
- La *Citoquinina*, que retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos.

Acidez

La lombricomposta tiene un p.H. prácticamente neutro, con valores que oscilan entre 6.2 y 7.2, característica que le permite ser aplicada aún de manera directa a la semilla, sin causarle daño. Por el contrario, crean un medio desfavorable para el desarrollo de ciertos microorganismos patógenos y favorable para el desarrollo de las plantas; de ahí el interés en ser aplicado en cultivos susceptibles a ciertas enfermedades de la raíz, principalmente. (Martínez, 1999)

Propiedades Físicas

El color de la vermicomposta varía del negro, café oscuro y gris, dependiendo del desecho reciclado; no tiene olor y es granulada. (Martínez 1999). Reines *et al* (1998) citan que su acción es muy favorable sobre la estructura del suelo. La agrupación de partículas en agregados de tamaño medio le imprime las siguientes características:

- Buena circulación de aire y agua
- Aumento en la permeabilidad
- Mayor retención de agua
- Mejor cohesión del suelo
- Mejora los suelos arcillosos y arenoso

Calidad

Martínez (1999) menciona que una de las reglas existentes para caracterizar este abono se basa en la capacidad de las plantas para asimilar el producto, por lo que se caracteriza con base en la granulometría; así de acuerdo con su tamaño se tiene:

- Grano fino. Es de rápida absorción, se emplea principalmente en plantas con necesidades urgentes de nutrimentos.
- Grano medio. Se utiliza en la floricultura y horticultura, básicamente se aplica en mezcla con otros sustratos, como tezontle, arcilla y arena, entre otros.
- Grano grueso. La aplicación de éste se hace en campo, principalmente en cultivos arbóreos (frutales, forestales) los cuales absorben nutrimentos en forma más lenta.

- Contenido de nutrimentos. La relación C/N juega un papel muy importante, recomendándose una relación del 15 a 20 en el producto final.
- Contenido de microorganismos. Se recomienda que sea de entre 25 y 30 por ciento en el producto final, el cual debe almacenarse en lugares frescos y húmedos para mantener la flora microbiana viva.

Tiempo de Cosecha.

El abono se debe cosechar cada 2 meses, máximo cada año, ya que tiempos mayores reducen la calidad del material.

Periodo de Almacenaje

Un envasado y un almacenaje adecuados, garantizan la calidad del abono por periodos de seis a doce meses. Debe indicarse en el envase la fecha de cosecha y envasado. El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) comenta que el humus puede almacenarse por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre cierta humedad; la óptima es de 40 por ciento. Compagnoni L. y Putzolu (1998) citan que el humus de lombriz se suele envasar en sacos de plástico, en los que hay que practicar pequeños agujeros para que la microflora bacteriana y los microorganismos,

puedan sobrevivir todo el tiempo que el material este almacenado sin que en éste se produzcan alteraciones de ningún tipo.

Residualidad.

El Ministerio de la Agricultura de Cuba (1988) menciona que el humus de lombriz tiene una residualidad de hasta cinco años, por lo que los nutrimentos permanecen más tiempo disponibles en el suelo y no se lixivian.

De manera adicional puede ser colectado el extracto liquido, producto del escurrimiento de la vermicomposta, y aplicado a las plantas. Este es un líquido altamente concentrado en nutrientes y tiene que ser diluido en proporción 1:10 con agua u orina de vaca. (MYRADA E IRR, 1997)

3.5.2 Carne de Lombriz

Reines *et al* (1998) afirman que, prácticamente todo el peso seco del animal está constituido por músculos, lo que da por resultado el alto valor proteico de ellas (60-70 por ciento). Unido a su palatabilidad y la atracción que ejerce su movimiento sobre otros animales ha permitido su uso como alimento fresco para algunas especies, Capistrán *et al* (2001) mencionan que la lombriz puede ser utilizada como alimento vivo para gallinas, peces, cerdos, y animales exóticos en cautiverio. El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) cita que

este producto contiene de 60 a 80 por ciento de proteína cruda, lo que lo ubica como uno de los alimentos de mayor calidad en la naturaleza.

3.5.3 Harina de Lombriz

El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) hace referencia a que la harina de lombriz, elaborada en forma industrial se usa principalmente en la preparación de alimentos balanceados para la explotación intensiva de gallinas y pollos, lográndose una mejor conversión alimenticia, reduciéndose costos desde 20 a 40 por ciento.

El ministerio de la Agricultura de Cuba (1988) menciona que se utilizó vermiharina como aditivo alimenticio en la dieta de pollos de engorda en sustitución de la harina de pescado, la cual es más costosa que la harina de lombriz, así mismo no se tuvo que agregar metionina, aminoácido indispensable para el desarrollo de los pollos.

Reines *et al* (1998) afirman que la proteína de lombriz contiene los 20 aminoácidos fundamentales y los 10 aminoácidos esenciales (Cuadro 8). Esto le confiere una gran importancia en la alimentación pues aparentemente cubre requerimientos proteicos en dietas animales y humanas. Existen pocas diferencias entre el porcentaje de aminoácidos de la proteína de lombriz, pescado y carne de res, y en algunos casos supera a estas últimas. Martínez (1999) señala que también es rica en vitaminas, particularmente niacina y

riboflavina. El cuadro 9 muestra el contenido de vitaminas de la harina de lombriz.

Cuadro 8. Composición de aminoácidos en la proteína de algunas harinas (gramos de aminoácidos/100 g de proteína)

Aminoácidos	<i>E. Foetida</i>	Pescado	Res	FAO/OMS ⁺
Alanina	5.4	---	---	---
Arginina*	7.3	6.7	6.5	---
Ácido aspártico	10.5	---	---	---
Cisteína	1.8	1.1	1.3	2.0
Ácido glutámico	13.2	14.8	13.8	---
Glicina	4.3	4.0	7.5	---
Histidina*	3.8	2.0	2.5	---
Isoleucina*	5.3	3.6	6.0	4.2
Leucina*	6.2	6.5	8.4	10.4
Lisina*	7.3	6.9	10.4	4.2
Metionina*	2.0	1.5	3.0	2.2
Fenilalanina*	5.1	3.5	4.2	2.8
Prolina	5.3	---	---	---
Serina	5.8	---	---	---
Treonina*	6.0	3.3	4.6	2.8
Triptofano*	2.1	0.5	1.1	1.4
Tirosina	4.6	1.6	3.0	2.8
Valina*	4.4	4.7	5.7	4.2

Fuente: Reines *et al*/ 1998

⁺FAO/OMS. Requerimientos mínimos de alimentos para los seres humanos (Vázquez, 1987)

* Esenciales para el hombre (tomado de Holmin, 1988)

Cuadro 9. Contenido de vitaminas en la harina de lombriz

Vitaminas	mg/kg
Niacina	358
Riboflavina	147
Ácido pantoténico	16
Tiamina	15
Piridoxina	2
Cianocobalina	4
Ácido fólico	0.5
Biotina	0.35

Fuente: Edwards C.A. (1985; citado por Martínez, 1999)

3.5.4 Lombretinas

En el Instituto Politécnico Nacional (México), se lleva a cabo un proyecto para hacer galletas de lombriz de tierra que se han denominado lombretinas. Dichas galletas presentan un alto contenido proteico. Los investigadores del Instituto Politecnico Nacional afirman que la producción de galletas es sólo el inicio de una gama de alimentos a partir de la lombriz, que podrían solucionar el problema de la pobreza, ya que la lombretina equivale a comer 50 gramos de carne de res. (Servín, 2003)

IV. EXPLOTACIÓN

En México el área específica que se dedica a la lombricultura no supera las 20 hectáreas en todo el país, predominando el manejo de desechos de la agroindustria cañera, cafetalera y las cuencas lecheras. Son pocos los proyectos establecidos que reciben asesoría y tienen personal capacitado, en su mayoría se desarrollan en forma empírica. (Martínez, 2000)

4.1 Tipos de Explotación

Ferruzzi (2001), divide la explotación de lombrices en dos tipos:

- Explotaciones familiares
- Explotaciones industriales

Por otro lado Martínez (1999) clasifica los tipos de explotación en:

- Producción de lombrices a nivel familiar
- Pequeña escala (10-100 m²). Garantiza a un productor una fuente permanente de abono orgánico, que le servirá para fertilizar su suelo y producir los alimentos necesarios para la alimentación de una familia,

además de un excedente de abono que puede comercializar. Permite el cierre de los ciclos biogeoquímicos, manteniendo un equilibrio entre los componentes de la granja integral.

- Mediana escala (100-1000 m²). Se puede trabajar en el proyecto para la obtención de abono y productos alimenticios, o bien, aprovechar el área para incrementar el criadero y generar trabajo para su familia. Se produce alimento de lombriz, tanto para los animales de la granja como para su comercialización.
- Escala comercial (más de 1000 m²). El área de producción va de los 1000 hasta los 10 000 m²) o más. Estos proyectos se establecen en ranchos lecheros o lugares donde se generan grandes volúmenes de desechos orgánicos. El objetivo principal es la comercialización de abono.

Ferruzzi (2001) expone que para cada uno de los tipos de explotación, el productor tiene que tener bien claras algunas ideas fundamentales de cómo dirigirla y, sobre todo, tiene que haber analizado y valorado el objetivo que persigue. Por ejemplo, si desea producir carne o humus o si pretende utilizar la lombriz en una acción ecológica de transformación de residuos industriales o urbanos, analizando cual es el tipo de mercado que existe para los productos y subproductos de la propia explotación.

4.2 Requerimientos Básicos para la Lombricultura en Explotaciones Industriales o Comerciales

4.2.1 Selección de Área

Reines *et al* (1998) citan que la tecnología de cría de lombrices es relativamente fácil y requiere escasas inversiones. Sin embargo, para que una empresa de este tipo tenga éxito debe considerar determinados aspectos biológicos y requerimientos ecológicos de los animales, así como poseer personal adiestrado para su manejo.

Las crías se pueden establecer en cualquier tipo de receptáculo como cajas de madera, canales, abrevaderos de ganado; pero comercialmente es más recomendable hacerlo en el suelo y en general se toma como medida una hectárea de terreno.

Para la selección del área, según Reines *et al* (1998) se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1) El área para construir los canteros, debe situarse lo más próximo posible al mercado consumidor y a la fuente de materia prima o estiércol, para que el transporte no encarezca el producto y facilite su explotación.

- 2) El área de cultivo debe ser ubicada en un lugar de fácil acceso con entradas o caminos en buenas condiciones de tránsito que faciliten su administración, aún en periodos de lluvia.
- 3) Debe cuidarse de no situarlo muy próximo a zonas residenciales (periferia de las ciudades) para evitar problemas de higiene pública.
- 4) De preferencia deben escogerse áreas en terrenos elevados que no encharquen o se aneguen en periodos de lluvia, con una inclinación no mayor de 10 por ciento y que tengan buen drenaje.
- 5) Se debe contar con una fuente de agua no contaminada cercana al área de cultivo. Éste es uno de los factores más importantes que deben tenerse en cuenta.
- 6) En regiones tropicales se recomienda que la exposición de los canteros sea norte-sur, con el objetivo de que al menos durante una parte del día los canteros tengan sombra.
- 7) Tener la posibilidad de expansión de las crías, por lo que se debe disponer de suficiente área para evitar los problemas derivados de una transferencia local.

- 8) Contar siempre con un área para pies de crías, con condiciones adicionales de sombra y receptáculos de cría.
- 9) Se requiere de energía eléctrica para motores de bomba de agua, etcétera.
- 10) Área cercada o limitada sólo al personal de servicio para evitar extracciones de lombrices por parte de animales domésticos (cerdos, gallinas, etc.), o pescadores furtivos.

El área destinada a la lombricultura está en función del objetivo que se persigue. (Martínez 1999)

Cuando se crían lombrices a la intemperie, es importante ubicarlas en lugares sombreados. Los árboles de hojas caducas son los más apropiados para este fin, porque las hojas caídas protegen a las cunas de la radiación. No se recomienda utilizar árboles resinosos (pinos) o aquellos que contengan taninos (nogales), ya que sus hojas resultan tóxicas para las lombrices.

Cuando se instalan las camas bajo la copa de árboles frutales, deben evitarse tratamiento con insecticidas, ya que estos o las hojas tratadas que caen sobre los lechos, perjudicarían a las lombrices.

Las cortinas de los árboles son muy importantes, ya que brindan protección contra los vientos fuertes y combaten el frío aumentando la temperatura de 2 a 3°C en el predio. Hay que tener cuidado con las raíces de los árboles empleados para brindar sombra a las cunas, ya que las lombrices tienden a introducirse en ellas. (Centro de Estudios Agropecuarios, 2001)

Factores a Considerar para la Selección del Terreno.

- La pendiente. El terreno debe tener una ligera pendiente para que escurra el agua con facilidad; hay que desechar los terrenos donde llueva más de 20 cm al año, aunque esto ocurra ocasionalmente (Centro de Estudios Agropecuarios 2001)

Martínez (1999) señala que de preferencia un terreno plano, aunque en zonas con pendientes puede instalarse un proyecto, en este caso, lo recomendable es el establecimiento de terrazas.

- Estructura del suelo. Se necesita un suelo con buen drenaje, debido a que el encharcamiento puede ocasionar problemas serios a la población de lombrices. No son recomendables los suelos compactados y arcilloso, así como los que presentan un alto porcentaje de piedras y arena, calcáreos, salinos o ácidos. (Martínez, 1999)

- La orientación de los lechos o cunas. Ferruzzi (2001) menciona que la orientación tiene que ser tal, que permita la salida de toda el agua sobrante. No tiene que haber zonas donde el agua pueda quedar estancada ya que si queda retenida debajo de los lechos mata a las lombrices. El centro de Estudios Agropecuarios, (2001), indica que las cunas se deben colocar en el sentido de los vientos dominantes. Ferruzzi, (2001) afirma que las lombrices le tienen mucho miedo al viento.
- Agua. El terreno donde se instale el proyecto debe tener su propia fuente de agua. Pues uno de los requisitos más importantes para el desarrollo y subsistencia de las lombrices es la humedad. Por lo tanto si no hay agua no hay lombrices y tampoco habrá alimento. El agua debe ser limpia, libre de contaminantes, es indispensable para el riego de las camas, la preparación del alimento y mantenimiento de las herramientas y equipos a utilizar. (Martínez, 1999)
- Desechos. El terreno elegido tiene que estar ubicado en una zona donde sea fácil encontrar las sustancias orgánicas, base de la alimentación de las lombrices. Si se tiene posibilidades de elección, optar por un terreno cercano a grandes establos o cerca de fábricas de papel, depuradoras de lodos urbanos, fábricas de curtido, etc. (Ferruzzi, 2001). Lo ideal es que el desecho que se vaya a reciclar se produzca en el lugar de

instalación del criadero. Un proyecto en el cual haya que transportar los desechos incrementa los costos de producción, por los gastos de traslado. (Martínez, 1999)

4.2.2 Lombrices

No todas las especies de lombrices se pueden utilizar para el manejo de desechos; lo ideal es trabajar una especie domesticada que se distinga por su alta capacidad reproductiva y eficiente transformación de desechos. (Martínez, 1999)

Especies comerciales. Reines *et al* (1998) y Bellapart (1998) citan que, de las aproximadamente 3100 especies componentes de la clase Oligochaeta, al que pertenecen las lombrices de tierra, sólo unas cuantas cumplen con los requisitos para ser empleadas en la lombricultura. Las características para que una especie de lombriz pueda ser considerada apta para la comercialización son las siguientes:

- Ciclo de vida corto
- Altas tasas de crecimiento y reproducción
- De carne sólida y no blanda
- Tolerancia a un rango de pH más o menos amplio

- Tolerancia a las variaciones de temperatura. Su temperatura óptima es la de 20 °C, pero según la variedad, soportan mejor o peor temperaturas más altas y más bajas
- Estar adaptada a vivir en cautiverio y en altas densidades de población
- Adaptables a la manipulación o manejo
- Alta tasa de consumo de materia orgánica
- Capullos resistentes a la desecación y a la acción mecánica externa
- Deben de ser epigeas.

Principales especies empleadas según Reines *et al* (1998). *Eisenia foetida*. Pertenece a la familia Lumbricidae. De origen europeo, tal vez sea la más difundida en la práctica de la lombricultura y por lo tanto la mejor estudiada como procesadora de la materia orgánica. Es llamada lombriz de estiércol, híbrido rojo californiano, lombriz tigre o lombriz cebra, ya que presenta bandas amarillas que alternan con rojo. En la década de los cuarenta fue la precursora de la lombricultura norteamericana. Se emplea en los Estados Unidos, España, Italia, Japón, y algunos países latinoamericanos.

Eisenia andrei. Pertenece a la familia Lumbricidae. Origen europeo. Hace relativamente poco tiempo se separó, como especie, de *E. foetida* (se consideraban una sola). Algunos autores la tratan como subespecie. No presenta las evidentes bandas amarillas de *E. Foetida*.

Lumbricus rubellus. Pertenece a la familia Lumbricidae, de origen europeo. Es conocida también como híbrido rojo californiano, lombriz roja, roja inglesa.

Perionyx excavatus. Pertenece a la familia Megascolecidae, de origen asiático. Conocida como “lombriz roja de Taiwán”, se utiliza en Filipinas y Asia en general como especie de cría. Fue introducida en Cuba en 1982, es la menos difundida.

Eudrilus eugeniae. Pertenece a la familia Eudrilidae, de origen africano. Distribución pantropical, conocida como rastrea nocturna africana, lombriz africana, roja africana, gigante roja, lombriz azul. Es la de mayor tamaño y presenta tonalidades azules o violetas sobre su color rojo vino. Tiene altas tasas de reproducción, de crecimiento y conversión. Es la más utilizada para la pesca deportiva. Aún criándolas en áreas climatizadas en regiones frías su precio alcanza de dos a dos punto cinco veces más que el que se paga por *Lumbricus rubellus* en el mercado de los Estados Unidos. Es criada en Brasil, Cuba, sur de los Estados Unidos e Inglaterra entre otros países.

Martínez (1999) Indica que el 80 por ciento de los criaderos de lombrices a nivel mundial utilizan *Eisenia foetida* ; sin embargo, hay otras especies como *Eudrilus eugeniae* y *Perionyx excavatus* o la híbrida roja de California, que se cita como *Helodrilus caliginosus*. Esta especie tiene mucha semejanza con *Eisenia foetida*, al grado de que solo pueden diferenciarse cuando proceden de

criaderos específicos. A simple vista no hay diferencia aunque ambas son excelentes para el consumo de desechos.

Por otra parte Capistran *et al* (2001) mencionan que de las lombrices estudiadas por la ciencia, las más eficientes y productivas para el aprovechamiento de residuos orgánicos han demostrado ser *Eisenia andrei*, la “Lombriz roja de California”; *Eisenia foetida*, la “Lombriz Tigre”; *Perionyx excavatus*, “Lombriz Oriental de las compostas” y *Eudrillus eugeniae*, “Lombriz Africana de las compostas”. *Eisenia andrei* ha sido la más utilizada para lombricompostaje en todo el mundo, incluyendo también en México.

Así mismo Ferruzzi (2001) señala que muy pocas lombrices pueden ser explotadas en cautividad, entre estas pueden considerarse como las más versátiles y rentables las “Red Worms of California (Lombrices Rojas Californianas), entre estas se destaca el tipo denominado Rojo californiano. Los estudios e investigaciones han tenido como resultado la obtención de varios tipos de lombrices rojas cada vez más selectas. Los tipos más utilizados en la lombricultura intensiva son tres:

Eisenia foetida

Lumbricus rubellus

Rojo Híbrido

En los dos primeros casos, es indispensable realizar su explotación en invernaderos dotados de calefacción e iluminación y en superficies artificialmente limitadas, en el tercero, es posible su explotación en un terreno al aire libre, sin necesidad de alojamientos fijos ni de invernaderos.

Gliessman (2000) comenta que los desechos orgánicos son consumidos por las lombrices rojas, tales como *E. foetida*, conocidas especialmente, por su capacidad de compostación

4.2.3 Pie de Cría.

Según Reines *et al* (1998) menciona que es la cantidad de lombrices necesarias para comenzar una cría. La medida más empleada para su distribución es de un kilogramo, que representan 1000 – 1200 individuos. Este pie de cría constituye la garantía o seguridad del criador, pues ante cualquier dificultad fuera de su alcance , como los fenómenos naturales por ejemplo, siempre contará con un pie de cría para recomenzar o reponer las crías perdidas. Además es de estos pie de cría de donde generalmente se vende las lombrices a los nuevos criadores

4.2.4 Siembra de Lombrices

Se le llama así a la ubicación de cantidades determinadas de lombrices por unidad de área en receptáculos o canteros (literas) sobre o en un sustrato

adecuado. Los receptáculos pueden ser cajas de madera o plástico, canaletas, abrevaderos de ganado, etc.

Siembra en canoa o canaleta. Se utiliza como modelo una canaleta o canoa de 1 x 0.8 x 0.8 metros, aunque las dimensiones pueden variar. Se le hacen algunos orificios a los lados, cerca de la base y en el fondo para garantizar un buen drenaje. Para evitar que estos se tapen se puede utilizar una capa de gravilla en el fondo de la canoa. Estas se deben elevar alguno centímetros para facilitar el drenaje.

Siembra en canteros. Los canteros no son más que las acumulaciones de materia orgánica directamente sobre el suelo. Para hacerlos se forma una franja de estiércol de aproximadamente 15 cm de altura sobre el terreno y posteriormente se dispersa sobre este cantero a las lombrices con su sustrato, a razón de 1 kg/m². Aunque las variaciones del cantero son variables, por lo general se hacen de 1 m de ancho por 30 m de largo. De las canoas se extrae el pie de cría para sembrar los canteros.

4.2.5 Alimentación

Compagnoni y Putzolu (1998) indican que debido a que la lombriz carece de dientes para masticar o triturar los alimentos y para poder ingerirlos tiene que succionarlos, cualquier alimento que no esté en proceso de putrefacción no reúne las condiciones necesarias para poder ser asimilado por estos gusanos.

Reines *et al* (1998) señalan que las lombrices se alimentan de cualquier producto orgánico, no ácido y bioestabilizado, es decir, después de haber ocurrido un proceso de fermentación.

Las lombrices epigeas se desenvuelven en un sustrato relativamente rico en nitrógeno, de ahí que los alimentos o residuos de origen animal sean preferidos a los vegetales, aunque una alimentación ideal debe contener cantidades mayores de celulosa (fibras) y carbohidratos (azúcares, almidón) que de proteínas; de hecho, alimentos con más de 20 por ciento de proteínas no son asimilados por las lombrices, y les causan enfermedades y la muerte.

Las principales fuentes de materia para la alimentación de las lombrices son:

- Estiércol animal
- Restos de cultivo
- Residuos agroindustriales
- Basura domestica
- Lodos residuales

Por la facilidad de su obtención y manipulación, además de los grandes volúmenes (Cuadro 10), el estiércol animal como el vacuno, bovino, caprino, equino, ovino o porcino, es el alimento y materia prima más utilizada por los criadores.

Cuadro 10. Producción de estiércol por especie animal

	Kg/día	t/año
Vaca estabulada	32.9	12
Vaca pastoreo	27.4	10
Vacuno de engorda	43.6	16
Caballo	27.4	10
Cerdo	4.5	1.5
Gallina ponedora	0.19	0.07

Fuente: Mojica (1983) y Vargas (1991; citado por Martínez 1999)

Ferruzzi (2001) menciona que normalmente, los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de pollos, gallinas, pavos y aves en general, no son aconsejables debido a su fuerte acidez, ocasionada por la elevada temperatura de fermentación (90 °C) y el prolongado espacio de tiempo necesario (14 –16 meses) para que esta concluya y poder obtener un pH de 7.0

Reines *et al* (1998) indican que es importante que durante el proceso de fermentación o composteo el estiércol se riegue y mantenga húmedo. Como se trata de un proceso biológico el agua es de suma importancia para la vida de los microorganismos, principalmente las bacterias, cuya actividad es bastante reducida cuando la humedad se encuentra por debajo de 40 por ciento. Además el agua arrastra la orina y el exceso de sales, favoreciendo la obtención de un pH neutro.

Este proceso se lleva a cabo acumulando o haciendo pilas de estiércol al aire libre. El volteo o removido de dichas pilas se hace dos veces por semana y favorece la actividad microbiana y acelera el proceso de fermentación. Una vez que ocurre este proceso, el material estará listo para alimentar a las lombrices y su pH deberá estar entre 7.5 y 8.5

Los tipos de estiércol para la alimentación y/o sustrato de las lombrices según Ferruzi (2001) y El centro de Estudios Agropecuarios (2001) son:

El Estiércol de equino. Es óptimo por su alto contenido de celulosa. Muy indicado tanto para construir el sustrato inicial como para ser fuente de alimento en el periodo invernal. El tiempo de envejecimiento necesario para conseguir un valor de pH aceptable es aproximadamente de cinco a seis meses.

El estiércol bovino. Muy bueno, utilizable también como sustrato inicial y como alimento durante la producción. El periodo mínimo de envejecimiento aconsejable es de siete meses para encontrar un pH adecuado.

El estiércol de ovino. Antes de almacenarlo en el lugar de explotación es aconsejable regarlo abundantemente durante varios días consecutivos, mezclarlo a fondo de tal forma que su envejecimiento y, por lo tanto su acidez, sigan un proceso uniforme. Es conveniente esperar de tres a cuatro meses para dejar que el producto llegue a su perfecta maduración controlando mensualmente su pH.

El Estiércol de porcino. Hay que esperar casi de nueve a diez meses para que envejezca lo suficiente dado que, normalmente, contiene una elevada dosis de proteínas no asimiladas por los cerdos.

El estiércol de conejo. Constituye un alimento óptimo. Si se usa en estado original o se recoge debajo de la jaula de los conejos, tiene que ser tratado y oxigenado antes de poder ser suministrado. Debido a su peculiar estructura, se presenta como una masa compacta que carece de aire y oxígeno, constituyendo un sustrato donde las lombrices, que necesitan estos dos elementos, no pueden sobrevivir. Como las deyecciones están compuestas por bolitas ovales, es posible separar directamente la orina de las partes sólidas.

4.3 Producción de Lombrices a Nivel Familiar

Ferruzzi (2001) cita que este tipo de explotación tiene un gasto de inversión inicial mínimo, necesita de pocas horas y escasa mano de obra para atenderlo. Este tipo de explotación se basa en unas cajas o cajones ecológicos de dimensiones mínimas de 40 x 70 x 15 cm, que pueden llegar a tener 1 m de longitud, 50 cm de anchura y 20-30 cm de altura. Normalmente están construidas de madera, con la tapa y la base perforadas, de modo que permiten la aireación y el drenaje del agua.

Para la alimentación será suficiente colocar en la caja residuos orgánicos del hogar y/o paja, hojas, tallos, etc.

Carr *et al* (1978) señala que el método más fácil para principiantes es el método de caja de cultivo. Cualquier caja de madera de buen tamaño puede servir como caja de cultivo. Cajas de frutas o vegetales son excelentes y estas pueden ser obtenidas a muy bajo costo.

4.4 Beneficios Económicos

El Ministerio de la Agricultura de Cuba (1988) menciona que una hectárea de cultivo de lombrices produce anualmente:

- 900 – 1300 toneladas de humus
- 39 toneladas de lombrices
- 7 – 8 toneladas de vermiharina.

Obteniendo beneficios económicos de 80 000 dólares al año.

V. MANEJO

5.1 Manejo de la Crianza

El control de los factores ambientales, así como la correcta alimentación, son los determinantes para una correcta y eficiente crianza de lombrices. Los cuidados más comunes para mantener sano y eficiente el funcionamiento de las lombrices, tiene que ver con proporcionales la temperatura, humedad, acidez, aereación, así como el alimento, en el tipo y en las cantidades adecuadas. (Capistrán *et al*, 2001)

5.1.1 Riego

Considerando que más del 80 por ciento del cuerpo de las lombrices está constituido por agua, la pérdida de esta es el mayor problema para su supervivencia por carecer de órganos especializados para respirar. Esta función solo la puede realizar a través de la difusión de gases en una fina película de agua que siempre debe recubrir su cuerpo. Por lo tanto el sustrato debe mantener una humedad elevada.

El riego se puede llevar a cabo utilizando una manguera. Se esparcirá un chorro fino y disperso sobre el sustrato de la cría, evitando hacer huecos o compactar el sustrato.

El riego más empleado es el de microaspersión con el cual se logra un nebulizado de agua, ideal para lograr un ambiente húmedo en las crías. Los aspersores se colocan a 1 m de distancia uno del otro y la frecuencia de regadío depende de la estación del año. (Reines *et al*, 1998)

5.1.2 Temperatura.

La temperatura afecta de una u otra manera a todos los organismos vivos, y al aumentar, en general incrementa la velocidad del desarrollo, como resultado de la intensificación del metabolismo.

La temperatura de la cama de cría, así como de la pila de estiércol que se les va a dar de alimento, debe estar a 25 °C o menos y se debe medir en cada ocasión que se alimente a las crías. Se puede medir con un termómetro ordinario o de suelo, pero de no haberlo se puede utilizar el tacto; el material debe sentirse frío al tocarlo con la mano.

La disminución de la temperatura trae consigo una reducción de la velocidad del desarrollo y un crecimiento retardado. A temperatura más altas el crecimiento es más rápido (25 °C), pero los animales demoran más en alcanzar

el peso máximo, por lo tanto 20°C parece ser la temperatura más adecuada para *E. foetida*.

Cuando la temperatura del sustrato en las camas de cría es muy alta, se recomienda regar varias veces al día para disminuir este factor. (Reines *et al*, 1998)

Ferruzzi (2001) menciona que la temperatura optima para la lombriz roja es aquella que se acerca lo más posible a la temperatura de su cuerpo que es de 19°C

El centro de Estudios Agropecuarios (2001) señala que una temperatura entre 20 a 25°C es considerada óptima, porque conlleva al máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende de los 20 hasta los 15°C, las lombrices entran en un periodo de latencia, dejando de producir lombrihumus.

Capistrán *et al* (2001) indican que las lombrices no pueden sobrevivir en temperaturas inferiores a 10°C, mientras que por el otro lado temperaturas mayores a 30°C pueden ser mortales para ellas, provocando la salida a la superficie del sustrato.

5.1.3 Humedad

Ferruzzi, (2001) cita que en términos generales se puede decir que un puñado de sustancia orgánica, destinada a servir de alimentación o de sustrato, tiene la humedad adecuada, cuando comprimiéndolo con la mano, no suelta agua; el nivel óptimo para las lombriz roja es de 82.5 por ciento. El Centro de Desarrollo Agropecuario (2001) menciona que la humedad más apropiada es la que está alrededor de 80 por ciento. Las lombrices pueden sobrevivir con menos humedad, pero disminuye su actividad; una humedad superior al 85 por ciento es perjudicial, ya que se compactan los lechos y disminuye la aeración. Capistrán *et al* (2001) mencionan que la humedad promedio más favorable para las lombrices es de 85 por ciento.

Reines *et al* (1998) aluden que las lombrices requieren que el sustrato tenga una humedad entre 70 y 80 por ciento, según la especie. La medida de la humedad del sustrato puede tomarse por distintos métodos, entre ellos pesar una muestra y luego secarla hasta obtener el peso constante y hallar la humedad según esta fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

Sin embargo el método más sencillo y práctico consiste en tomar una porción del sustrato y apretarlo con fuerza. La humedad se calcula según el número de gotas de agua que se destile del mismo. (Cuadro 11)

Cuadro 11. Método para calcular la humedad del sustrato

	% de humedad
No toma la forma de la mano y no gotea	< 70
Toma la forma de la mano y no gotea	70-80
Toma la forma de la mano y gotea menos de 10 gotas	80-90
Salen más de 10 gotas	> 90

Fuente: Reines *et al* (1998)

Otra manera de medir la humedad es con un instrumento llamado Higrómetro, la lectura efectuada corresponderá únicamente a la humedad del punto o zona donde se haya introducido. (Ferruzzi, 2001)

5.1.4 Aeración

Capistrán *et al* (2001) citan que las lombrices respiran tomando el oxígeno del aire y eliminando el bióxido de carbono, por lo cual el sustrato debe permitir la suficiente ventilación interna para que éste proceso se lleve a cabo sin entorpecimientos. Normalmente, la movilización y formación de galerías por las lombrices resulta suficiente para proporcionar la aeración adecuada, pero colocar un plástico directamente sobre la superficie puede provocar síntomas de asfixia en las lombrices, lo que hará que rápidamente traten de subir hacia la superficie.

Adiciones exageradas de alimento fresco muy denso o pastoso pueden provocar una falta de ventilación; lo que se puede evitar distribuyendo capas más delgadas, mezclarlo con abono o bien añadir materiales como pastos, pajas o bien hojarasca que le permitan una mejor porosidad.

5.1.5 pH

Las lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH está entre cinco, ligeramente ácido, y ocho, ligeramente alcalino, es decir en un rango cercano al siete, que representa el neutro. Los valores del pH se pueden neutralizar añadiendo pequeñas cantidades de cal disuelta para casos de acidez o vinagre en forma disuelta para reducir alcalinidad. El Centro de Estudios Agropecuarios (2001) indica que es conveniente que el pH del sustrato esté próximo a siete. La lombriz acepta sustratos con pH de cinco a ocho punto cuatro; si se disminuye o se pasa de esta escala, la lombriz entra en un estado de letargo. Por su parte Reines *et al* (1998) citan que un pH neutro de siete es el óptimo para el desarrollo de las lombrices. Es recomendable que el alimento que se les suministra a las crías sea ligeramente alcalino, es decir, que tenga un pH entre siete punto cinco y ocho punto cinco. El pH del sustrato y/o alimento se puede medir con un pHmetro, con papel tornasol o de una manera empírica. El cuadro 12 muestra la medición empírica del sustrato y/o alimento

Cuadro 12. Medición empírica de pH de la materia orgánica

Estiércol	Color	Textura	Olor	pH
Fresco	Verde	Pastoso	Picante	8.5-10
Maduro	Pardo	Fibroso	Soportable	7.5-8.5
Viejo	Negro	Terroso	No tiene	≤ 7

Fuente: Reines *et al* (1998)

5.1.6 Prueba de Caja

Reines *et al* (1998) sugieren que cada vez que se provea alimento a las lombrices se debe realizar la prueba de caja. Consiste en introducir 50 lombrices en una caja de 30 x 30 x 10 cm con estiércol del que se emplea para alimentar a las crías. Se espera 24 horas.

Si las lombrices encuentran ese estiércol en malas condiciones no entran al mismo, sino que se pegan a las paredes de las caja o salen de ella. Si las condiciones son muy desfavorables incluso pueden hasta escapar.

Si el estiércol se encuentra en buenas condiciones, entran y van al fondo; entonces se dejan en un lugar oscuro y al otro día se cuentan. Si hay 49 lombrices, el estiércol se utiliza. Si hay 48 lombrices o menos, el estiércol no se puede emplear todavía.

Así mismo el Centro de Estudios Agropecuarios (2001) indica que si al menos están vivas 48 lombrices y éstas se han distribuido en el medio, el alimento ha sido correctamente preparado y se puede proceder a la inoculación de las lombrices.

5.1.7 Las Cunas o Lechos

La lombricultura intensiva se realiza en una estratificación de material orgánico, generalmente estiércol, llamado cuna, litera o lecho, sobre el cual se incorporan las lombrices. Generalmente se instalan al aire libre, aunque en zonas muy frías es conveniente su instalación utilizando invernaderos.

Una cama no es más que un espacio rectangular delimitado por maderas, ladrillos, bloques de cemento o cualquier elemento que sirva de contención. Aunque también se puede apilar el alimento sobre el suelo e introducir en él las lombrices.

Las dimensiones varían de acuerdo con el tipo de explotación: de 1 x 3 m en instalaciones pequeñas, hasta 1.80 x 3.60 m en granjas mayores. El alto de las cunas no debe superar los 30 a 40 cm, por las siguientes razones:

- Si las lombrices llegaran a ir hacia el fondo por alguna razón (frío, falta de alimento), llevaría más tiempo atraerlas a la superficie y, por otra

parte, con alturas de más de 40 cm de materia, la fermentación se hace un poco más anaeróbica.

- Facilitar el laboreo

Ferruzzi (2001) menciona que terminada la preparación del sustrato, habrá que marcar el terreno, procurando colocar una estaca de madera de 50-60 cm de altura con un intervalo de un metro a lo largo de toda la longitud que va a tener el futuro lecho. La finalidad de hacer esto es para poder dotar a cada metro cuadrado de la cantidad justa de lombrices. Con el fin de facilitar los trabajos de cálculo de las cantidades necesarias de producto, de humus a producir y el número de lombrices necesario.

La anchura que debe tener el lecho depende de varios factores, si se dispone de abundante mano de obra, de medios mecánicos adecuados (tractores de ruedas, remolques, etc.), se aconseja construir lechos de 2 m de ancho y 50 m de longitud con un espacio entre lecho y lecho, suficiente para que el tractor y su remolque puedan maniobrar con comodidad.

Al principio y al final de los habitáculos, hay que prever un espacio que permita el giro de los medios mecánicos.

5.2 Enemigos de la Lombriz

La naturaleza ha dispuesto que toda especie animal tenga sus enemigos. Es una continua lucha por la supervivencia que hay que sostener cotidianamente a fin de mantener el equilibrio universal que permite la vida de todas las especies en la tierra. Por lo tanto la lombriz cuenta con sus depredadores contra los cuales hemos de intentar protegerla.

Varias especies de insectos y de escarabajos le perjudican. En cambio, no parece ser que los virus puedan causarle ningún daño.

Los principales enemigos y enfermedades de las lombrices son las siguientes, según Compagnoni y Putzolu (1998), Ferruzzi (2001) y El Centro de Estudios Agropecuarios (2001)

- Las hormigas. Las hormigas pueden perjudicar el cultivo, es conveniente regar la parte donde han construido su hormiguero para estorbarlas, incluso volteando el lecho si es necesario. Se llevan alimento y a veces hasta matan las crías. No es extraño verlas alejarse con pequeños gusanos que todavía se mueven. La hormiga se puede controlar sin necesidad de químicos, con sólo verificar que la humedad de la cama se encuentre en 80 por ciento, es decir, que si en las camas se encuentran hormigas, éste es un parámetro para diagnosticar que la humedad está baja.

- Las ratas y ratones. Los ratones y las ratas en general, solamente llegan a constituir un problema cuando se presentan en número considerable, debido a que revuelven el lecho buscando la comida y estorban a las lombrices en su labor; si en cambio, tan sólo aparecen unos pocos ejemplares, no llegan a causar graves perjuicios.
- Los pájaros y gallinas. Los pájaros de un cierto tamaño, como los mirlos, los tordos, los faisanes, etc., constituyen un serio peligro para la lombriz, sobre todo si aparecen en bandadas.

Una vez que hayan localizado el cultivo y descubierto los gusanos, en poco tiempo podrán causar graves pérdidas al cultivador.

Lo mismo puede decirse de las gallinas y las gallinaceas en general, para quienes las lombrices constituyen un bocado exquisito.

Un método eficaz y de bajo costo con el que defenderse de estos animales consiste en extender una red de plástico por encima de los lechos, porque las telas de plástico, al impedir la transpiración, provocarían el recalentamiento de los lechos y al mismo tiempo impediría la dispersión de los gases tóxicos que eventualmente pueden generarse en los cultivos. Por lo tanto con la red los lechos están bien protegidos, aireados y no hay que tocar nada para regarlos.

- Los topos. Los topos son particularmente peligrosos y pueden destruir cultivos enteros. Por esto, es indispensable proteger los lechos; con este objeto utilizaremos todo lo que tengamos a nuestra disposición , como planchas, ladrillos, cemento, redes metálicas de malla estrecha, para formar un pavimento que el topo no pueda atravesar.
- Planaria. Es un gusano plano que puede medir de 5 a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales café.

La planaria se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce; posteriormente, introduce en la lombriz un pequeño tubo de color blanco, succionando todo su interior hasta matarla.

Esta plaga se controla con manejo del sustrato, regulando el pH en 7.5 a 8; en pH bajos la planaria se desarrolla y comienza su actividad depredadora.

- El hombre. En el pasado se les exterminaba porque eran consideradas perjudiciales para la agricultura. Incluso se pensaba que se comían las raíces de las plantas, porque al arrancar de raíz una planta muerta es muy frecuente encontrar lombrices entre las raíces, de las cuales, efectivamente, se alimentan, pero únicamente en estado de putrefacción.

Hoy en día con el uso cada vez más frecuente y a menudo abusivo de abonos químicos y pesticidas se genera en consecuencia, el continuo empobrecimiento y la grave contaminación del terreno; lo que crea graves problemas para la supervivencia de las lombrices.

- Enfermedades. La lombriz de tierra es el único animal en el mundo que no trasmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como Gozzo ácido o Síndrome proteico. Este síndrome se debe a que cuando a la lombriz se le suministran sustratos altos en proteína (40 por ciento), éstos son degradados por enzimas que la lombriz posee en su sistema digestivo y se da una alta producción de amonio, presentando la lombriz inflamaciones en todo el cuerpo, muriendo a las pocas horas.

5.3 Cosecha

Reines *et al* (1998) citan que después de sembradas las lombrices, éstas comienzan a reproducirse, por lo que pasado algún tiempo aumentará el número de individuos y la biomasa, hasta el momento en que se hace máxima por unidad de área, lo cual será aproximadamente después de tres o cuatro meses.

Cuando la densidad o biomasa de la población alcanza este nivel, ya no se reproducirán ni aumentaran en peso, pues el número de individuos rebasa el

espacio disponible; por lo que las lombrices deben ser extraídas del cantero para su utilización; lo cual se conoce con el nombre de cosecha o desdoble (aumento del área superficial de cría)

El Ministerio de la Agricultura de Cuba (1988) menciona que cuando la densidad del cantero es mayor de 20 000 lombrices por m² se procede a la cosecha ya sea de manera mecánica o manual.

Reines *et al* (1998) citan que para cosechar se extraen los primeros 20 cm del cantero (superficial). Luego se aplica una capa de alimento al cantero y después de una semana se repite la operación con el objetivo de recoger a los individuos que se encuentran en los estratos más profundos y que son atraídos por el alimento. De esta forma, después en el cantero sólo queda humus. Este proceso se puede hacer manualmente utilizando palas o se puede mecanizar adicionándole a un tractor un equipo que corte la capa superficial del cantero.

El Ministerio de la Agricultura de Cuba (1988) menciona que en la cosecha se obtiene humus y lombrices y la separación se realiza mediante una tolva cilíndrica de movimiento rotario.

5.4 Desdoble

Si partimos del hecho de que el cantero que se quiere desdoblar tiene una biomasa aproximada de 3 kg/m², entonces se puede dividir el mismo en tres

partes, extrayendo dos de ellas y dejando una parte en el cantero original. De esta manera quedará entonces una proporción de 1 kg/m^2 . Los tres canteros resultantes deben tener las mismas medidas

VI. COMERCIALIZACIÓN

Los dos aspectos más importantes a los que el lombricultor, deberá dedicar su atención son, la estructura de la explotación y en segundo lugar, la comercialización de los productos y subproductos producidos.

En la zona donde se vaya a ubicar la explotación hay que efectuar un profundo estudio de mercado con el objetivo de intentar obtener toda la información necesaria para poder afrontar, con garantías de éxito, la venta de los productos de la explotación.

Si la zona es eminentemente agrícola, o en ella hay invernaderos dedicados a la horticultura o a la floricultura, lo más indicado será comercializar, como producto base, el fertilizante obtenido a partir de las deyecciones de las lombrices.

También puede ser interesante vender lombrices a las grandes explotaciones pecuarias para que éstas a su vez puedan montar una explotación propia destinada a tratar todos los residuos orgánicos que producen.

El ministerio de la Agricultura de Cuba (1988) menciona que los precios del humus de lombriz fluctúan en el mercado internacional de 80 – 90 dólares la tonelada. La lombriz viva se exporta a Canadá y Estados Unidos, principalmente, como carnada para la pesca deportiva oscilando su precio entre 1 – 2 dólares la cajita con 20 lombrices. El precio de las lombrices para pie de cría tiene un precio de 33 dólares el kilogramo.

6.1 Residuos Industriales y Urbanos

Casi todas las industrias producen residuos orgánicos para cuya eliminación o reciclaje es preciso recurrir a incineradores y/o depuradoras; la utilización de lombrices sería una solución óptima, para reciclar los residuos sólidos urbanos y los lodos procedentes de las depuradoras. Los costos que se originan son del orden del 25 por ciento de los que ocasiona un incinerador. Por lo que se refiere a una instalación depuradora, cuyo costo es aproximadamente la mitad del de un incinerador, el uso alternativo de las lombrices supone a su vez un ahorro del 50 por ciento. A todo lo indicado hay que añadir que tanto el incinerador como la depuradora, al cumplir sus funciones contaminan la atmósfera con humos y cenizas que no pueden ser eliminadas, mientras que con la lombriz no ocurre eso. (Ferruzzi, 2001)

6.2 Carnada para Pesca

Constituye un mercado muy interesante y que sin duda puede llegar a obtener niveles de facturación hoy impensables. Para afrontar este mercado con garantías es preciso ofrecer, en primer lugar, muestras del producto obtenido a todos los vendedores de artículos de pesca para que éstos, a su vez, las puedan hacer llegar a sus clientes. (Ferruzzi, 2001)

6.2.1 Maquinas vendedoras de lombrices

Son vendedoras de lombrices las 24 horas del día que prometen operaciones libres de problemas. Dichas maquinas deben ser colocadas en lugares accesibles donde haya buena pesca y un enchufe disponible. Su precio es de 1875 dólares, es completamente automática y puede contener 150 envases de diversos tamaños que deben ser recargados periódicamente y revisados para verificar que las lombrices se encuentren en buenas condiciones. (Shields, 1999)

6.3 Pie de cría

La producción y venta de lombrices como pie de cría para el establecimiento de nuevos criaderos tiene gran importancia, para que los nuevos lombricultores logren obtener un buen desarrollo. Es vital adquirir las lombrices adecuadas y en condiciones óptimas.

Se ha establecido como pie de cría un kilogramo de lombriz de una especie pura determinada, sin contaminación de otras especies.

Estas lombrices necesitan mantenerse en un sustrato adecuado para poder resistir la manipulación y transportación a que serán sometidas; por lo tanto, se tratará de un kilogramo que contendrá sustrato y aproximadamente entre 1000 y 1500 lombrices que a su vez comprenderán todos los estados de desarrollo en la siguiente proporción: 60 por ciento juveniles, 40 por ciento adultos. Esta proporción garantiza el desarrollo apropiado de la población. El precio en el mercado internacional oscila alrededor de los 33 a los 40 dólares por kilogramo. (Reines *et al*, 1998). El traslado del pie de cría generalmente se hace en cajas de madera con tapas agujereadas. El sustrato se cubre con papel. Así pueden permanecer hasta 72 horas, según las normas internacionales (Ramón *et al*, 1989 ; citado por Reines *et al*, 1998)

6.4 Humus de Lombriz

Los posibles compradores del humus de lombriz son los productores bajo cubierta (principalmente horticultores), casa de agroquímicos, viveristas y granjas de producción orgánica (Centro de Estudios Agropecuarios, 2001)

6.5 Ventas de Lombrices por Correo

Si se tiene urgencia de crecer, como lo señala Shields (1999), se tendrá que buscar otras formas de venta tales como la comercialización por correo evitando las limitaciones y la competencia de los comercios locales, claro que también existe competencia en las ventas por correo, solo basta observar las columnas de anuncios clasificados de las revistas de deportes al aire libre para darse cuenta de ello. Sin embargo el mercado es tan enorme que casi es inagotable, habrá millones de lectores para esos nuevos clasificados, millones de pescadores, millones de vendedores de carnada, millones de lectores que son criadores potenciales de lombrices y por lo tanto compradores potenciales de pie de cría, no hay límite a la demanda que existe o que puede ser creada.

Las estampillas para el envío de paquetes por correo son más baratas que la gasolina, el desgaste y la devaluación de un vehículo y la cantidad de horas invertidas en la venta local.

En la venta por correo, puesto que no hay contacto personal con el consumidor, la propaganda tiene que hacer el trabajo de ventas y debe ser buena. Además de la venta a través de propaganda se necesitará infraestructura de oficina como sobres, hojas membreteadas, lista de precios, formas de compra en blanco, folletos instructivos para criadores principiantes y alguna otra clase de información escrita o impresa donde, por ejemplo, se responda a todas las inquietudes de los compradores potenciales o donde puedas enviar propaganda a una lista general previa. Posiblemente el 80 – 90

por ciento de las ventas de lombrices se hagan por correo, el restante 10 ó 20 por ciento es venta directa en el área de producción a los consumidores locales.

No se tiene que ser un gran productor para tomar ventaja en el mercado nacional. Se puede promover la venta en volúmenes que se puedan cubrir con las lombrices que se cuenta para la venta. Entonces promocionar en una o dos publicaciones al principio y aumentar la promoción a medida que se incremente el volumen de las lombrices. A la larga los costos de promoción son menores por unidad de venta que los costes correspondientes a la promoción local y a las implicaciones correspondientes.

6.6 Métodos de Embalaje

Lombrices de diferente tipo, requieren paquetes y métodos de embalaje de diferentes tipos y materiales. Todas las lombrices rojas pueden ser empaquetadas de una manera segura en Peat moss, el cual tiene que ser previamente empapado con agua al menos 24 horas. El Peat moss que no es previamente empapado no es conveniente para empacar lombrices, ya que estas pueden morir. (Morgan, 1988)

6.5.1 Pie de cría

La caja de transporte puede ser de cualquier material excepto metal, pero en caso de usarlo debe revestirse externa e internamente con algún material

orgánico. Se debe evitar que el viaje exceda las 72 horas, y que la materia orgánica sea suficiente para el viaje (3/4 partes del recipiente), que esté en perfectas condiciones de calidad, principalmente el sustrato para las lombrices, lo que determinará un veterinario en caso de requerirse paso por aduanas

6.5.2 Pesca deportiva

Generalmente las lombrices para este propósito se seleccionan con un tamaño mínimo de 6 a 7 cm de longitud, y de 3.5 mm de diámetro. Después los animales se acomodan en botes o cajas plásticas o de papel parafinado, de tamaño variable según el número de lombrices.

Casi tres cuartas partes del volumen del receptáculo deben llenarse de estiércol en perfecto estado para conservar las lombrices y la humedad. Se deben hacer pequeños orificios tanto en la caja como en la tapa, con lo cual se permitirá que los animales vivan en buenas condiciones por un periodo de hasta una semana, con una temperatura de 15 °C. (Reines *et al*, 1998)

6.5.3 Humus de Lombriz

Una vez realizada la cosecha debe empacarse la lombricomposta y almacenarse en un lugar fresco y húmedo. En la bolsa de empaque la humedad no debe ser menor al 30 por ciento, ya que se están manejando microorganismos y la condición indispensable para mantenerlos vivos es la

humedad. El empaque va a depender de su comercialización; pueden ser bolsas o costales de cinco, diez, veinte, treinta o cincuenta kilogramos, en función del tipo de mercado. (Martínez, 1999)

6.6 Publicidad

El costo es el principal punto que debe considerarse en cualquier campaña de publicidad para notificar a los posibles clientes de la venta de productos derivados de la lombricultura.

El mercado regional es difícil de alcanzar por publicidad, ya que es muy costoso. El mercado local se puede alcanzar con un letrero bien hecho, pintado de una manera ingeniosa en un tablero y levantado a lo largo de la autopista próxima a la granja o en carreteras que conduzcan a lugares favoritos para pescar.

Los letreros pintados atractivamente, publicidad en papeles locales y pequeños carteles mostrados en tiendas son de bajo costo al igual que la publicidad en periódicos locales. (Morgan, 1988)

CONCLUSIONES

A través de la lectura de esta monografía el lector podrá obtener una introducción científica y práctica en el mundo de la lombricultura.

La lombricultura ofrece beneficios ecológicos, económicos y una alternativa para la alimentación animal y humana.

Mediante la utilización de esta técnica se pueden reciclar los desechos orgánicos evitando la contaminación, se reincorporan al suelo los nutrientes extraídos para la producción de alimentos y se evita la degradación de los recursos naturales. El humus de lombriz es un buen fertilizante que contribuye a la producción de alimentos más saludables; por otro lado reduce los gastos de producción por la adquisición de insumos, ya que el mismo productor puede obtener vermicomposta de su parcela reciclando sus desechos orgánicos logrando tener un sistema cerrado o sostenible.

Así mismo, se obtienen proteínas a través de la transformación de la lombriz en harina, la cual es utilizada como complemento alimenticio animal y humano.

Es una actividad de fácil manejo por lo que se puede implementar entre los pequeños productores para el mejoramiento de su nivel de vida, ya que

obtendrían ingresos por la venta de humus de lombriz o de lombrices vivas ya sea para carnada de pesca o para pie de cría.

Los principales temas de investigación que se proponen son los siguientes:

- Definir la especie utilizada en la lombricultura, ya que existe discrepancia entre los diferentes autores revisados en esta monografía.
- Mejoramiento genético y modificación de la dieta de las lombrices para incrementar su capacidad reproductiva, tamaño, peso y rapidez para producir humus .

En el desarrollo como profesionalista, la lombricultura es una fuente de empleo, ya que se puede brindar asesoría técnica a los lombricultores que establezcan este agronegocio o a los que ya se encuentran establecidos. Por otra parte se puede crear una granja de lombrices.

Para finalizar cabe aclarar que la lombricultura no es la panacea, pero si una alternativa más para la obtención de proteínas, el reciclamiento de los desechos orgánicos, la recuperación de suelos degradados y una fuente de empleo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agroforestal San Remo C. A. 2002. Lombricultivos. Información disponible en la siguiente dirección:
<http://www.agroforestalsanremo.com/lombricultivos.htm>
- Atlas Visuales Océano. 1999. Zoología de los Invertebrados. Grupo Editorial Océano. España.
- Barnes R.D. 1989. Zoología de los Invertebrados. Quinta Edición. Nueva Editorial Interamericana. México, D.F.
- Bellapart V.C. 1988. Agricultura Biológica en Equilibrio con la Agricultura Química. Primera Edición. Editorial Aedos. Barcelona, España.
- Bigg S. A., C. Kapicka y L. Lungren 2000. Biología: La Dinámica de la Vida. Mc Graw-Hill Interamericana Editores. México, D.F.
- Booolootian R. A. 1999. Fundamentos de Zoología. Cuarta Reimpresión. Editorial Limusa. México, D.F.
- Capistrán T., E. Aranda y J. C. Romero. 2001. Manual de reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. Primera edición. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- Carr M, Ellen C., Hylton W., Smyser S., Stoner M., y Yepsen B. (Eds). 1978. Rodale Press. Pennsylvania, E.U.A.
- Carrera S. M. 2003. Una Nueva Visión de Lombricultura. Información disponible en la siguiente dirección:
<http://www.ipes.org/aguila/publicaciones/lombricultura.htm>
- Centro de Estudios Agropecuarios. 2001. Lombricultura, Serie Agronegocios. Grupo Editorial Iberoamericano. México, D. F.

Compagnoni L. y G. Putzolo. 1998. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus. Primera Edición. Editorial De Vecchi. Barcelona, España.

Cultivo de Lombrices. Sin Fecha. Proyecto Agros, Serie: Agricultura Orgánica en Nicaragua. FAO.

Emison Medi Ambient S. L. 2000. Lombricultura. Información Disponible en la Siguiete dirección: <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>

Ferruzzi C. 2001. Manual de Lombricultura. Tercera Reimpresión. Ediciones Mundi Prensa. Barcelona, España.

Foth H. D. 1986. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Segunda Impresión. Compañía Editorial Continental. México, D. F.

Home, Farm and Garden Research Inc, Report. 1954. Let An Earthworm be your Garbage Man. Shields Publications. E.U.A.

Gershuny G. y J. Smillie. The Soul of Soil: A Guide to Ecological Soil Management. 1995. Tercera Edición. AgAcces. Davis, California, E.U.A.

Gliessman. 2000. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Lewis Publishers. E. U. A.

Gordon A. 1986. Zoología General. Décimo Segunda impresión. Editorial Continental. México, D. F.

Grossman S. C. y Weitzel M. E. 1997. Recycle with Earthworms: The Red Wiggly Connection. Shields Publications. Eagle River, Wi., E. U. A.

Hamilton, G. 1993. The Organic Garden Book. Dorling Kindersley Inc. Nueva York, E.U.A.

InfoAgro. 2003. La Lombricultura. Información Disponible en la Siguiete Dirección: <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp>

Jeavons J. 1991. Cultivo Biointensivo de Alimentos. Ecology Actinon. Willits, CA., E. U. A.

Lee K. E. 1985. Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Use. Academic Press Inc. Australia.

Lombricultivos para la Elaboración de Humus. 2000. Información Disponible en la Siguiete Dirección: <http://lombricultivos8K.com/anelidos.html>

Manual gratuito Como Criar lombrices Rojas Californianas. 2003. Información disponible en la siguiente dirección: <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro/humus.htm>

Martínez C. C. 1999. Potencial de la Lombricultura. Técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México, México.

Martínez C. C. 2000. Lombricultura y Agricultura Sustentable. Compiladores: Martínez C. C. y L. Ramírez. Sin Pie de Imprenta. México.

Millar C. E. 1964. Fertilidad del Suelo. Primera Edición. Salvat Editores. Barcelona, España.

Miller y Donahue. 1992. Introduction to Soil and Plan Growth. 6 th Edition. Prentice Hall of India Put Ltd. New Delhi.

Ministerio de la Agricultura de Cuba. 1988. Video: Una Revolución Subterránea. Cuba.

Mitsch W. J. y Jergensen S. E. 1989. Ecological Engineering. Wiley – Interscience Publication. E. U. A.

Morgan C. 1988. Profitable Earthworm Farming. Décimo Novena Edición. Shield Publications. Wisconsin, E.U.A.

MYRADA E IIRR. 1997. Resource Management in Rainfed Drylands. MYRADA, Bangalore, India and International Institute of Rural Reconstruction. India

- Ortiz V. B y C. A. Ortiz. 1990. Edafología. Séptima Edición en Español. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México.
- Owen O. 1999. Conservación de los Recursos Naturales. Segunda Edición. Editorial Pax México. Bogotá Colombia.
- Pielou E. C. 1979. Biogeography. Wiley Interscience Publication. Dalhuse University Halifax. Nova Scotia, Canada.
- Primavesi A. 1984. Manejo Ecológico del Suelo. Quinta Edición. El ateneo Editorial. Argentina.
- Prosol R. y J. T. Power. 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. CRC Press. Lewis Publishers. Boca Ratón, N. Y., E. U. A.
- Reines A. M., C. Rodríguez, A. Sierra y M. M. Vázquez. 1998. Lombrices de Tierra con Valor Comercial. Universidad de La Habana, Depto de Biología Animal y Humana; Universidad de Quintana Roo, Depto de Recursos Naturales. México.
- Rudiño L. E. 2000. Ganan Mercado los Cultivos Orgánicos. Periódico El Financiero, Sección: Economía, 16 de octubre. México, D. F.
- Santamaría R. S. 1996. Aspectos Biotecnológicos del Proceso de Vermicomposteo y su Aplicación Agronómica. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. Veracruz, México.
- Servín M. R. 2003. La lombriz, una Opción Ecológica y de Nutrición. Periódico El Financiero, Sección: Sociedad, 9 de abril. México, D. F.
- Shields E. B. 1999. Raising Earthworms for Proft. 20 th Edition. Shields Publications. E. U. A.