



**Universidad de Quintana Roo**

*División de Ciencias e Ingenierías*

Tesis:

**VERMICOMPOSTEO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS  
GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Presenta:

**Víctor Hugo Carrillo Lizama**

Directora de Tesis:

**M.I. Norma Angélica Oropeza García**

Chetumal, Quintana Roo, Julio de 2006

049771

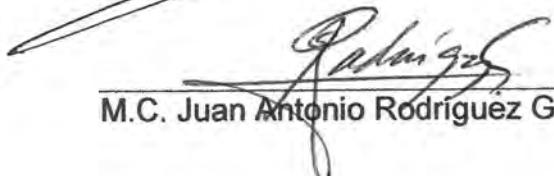


**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

Una vez revisado el trabajo de tesis que lleva por titulo "Vermicomposteo de los residuos orgánicos generados en la Universidad de Quintana Roo" realizado por el alumno Víctor Hugo Carrillo Lizama se aprobó su impresión por el siguiente comité:

DIRECTORA   
M.I. Norma Angélica Oropeza García

ASESOR   
M. C. Juan Carlos Ávila Reveles

ASESOR   
M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza



## AGRADECIMIENTOS

*Tengo tanto que agradecer a tantas personas, no solo por su apoyo durante la realización de este trabajo de tesis, sino por que me han apoyado toda la vida.*

*Primero quiero agradecer a mi Madre, la mujer más trabajadora y noble que conozco. Ella me ha enseñado el valor de la humildad, gracias mamá por haberme cuidado en todo momento, ahora es mi turno.*

*A mi Padre, un hombre al cual admiro mucho, por haberme enseñado con el ejemplo a ser un individuo honesto y trabajador. Gracias papá por esforzarte cada día para darnos lo mejor.*

*Agradezco a mis hermanitas Juliana y Cari, por su paciencia y porque a pesar de la distancia siempre estuvieron a mi lado, gracias por haberse preocupado por mí mientras no estaba y gracias por todas las atenciones en cada fin de semana, las amo mucho.*

*No puedo omitir agradecerle a una una mujer maravillosa, la cual me ha enseñado a luchar por mis convicciones, la que me ha ayudado a descubrir la parte humana que hay en mí, a ella que me apoya en todo momento, gracias Naye, gracias por estar a mi lado.*

*Un agradecimiento especial a Doña Violeta, por adoptarme y ser mi Madre por 4 años.*

*A mis hermanos Franco y Julio, llevaré conmigo los momentos agradables y difíciles que pasamos juntos. Gracias por su disposición siempre que estoy en problemas.*

*Gracias a mis amigos de Universidad, en especial a Daniel, Francisco, Marco y Loreto por brindarle su apoyo a este forastero. Gracias también a todos mis maestros por compartir todos sus conocimientos, gracias Juan Carlos, Guevara, Juan Antonio y en especial a la M. I. Norma Oropeza por enseñarme muchos valores, los cuales no vienen escritos en el plan de estudios.*

*A Don Francisco, el guardia de la UQROO, por brindarme su amistad y apoyo durante la realización de la fase experimental de ésta tesis.*

*Le agradezco mucho a la División de Ciencias e Ingeniería por su apoyo en la impresión y empastado de este documento.*

*A mis tíos, abuelos, amigos, gracias a todos, por darme razones para ser mejor cada día.*

*Gracias, a Dios por darme salud y brindarme la oportunidad de estar rodeado de gente tan maravillosa.*

---

**ÍNDICE**

<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Alcances y limitaciones.....	6
<b>CÁPITULO II. EL PROCESO DE VERMICOMPOSTEO.....</b>	<b>8</b>
2.1 Concepto de vermicomposteo.....	8
2.2 Lombricomposteo, vermicompost o humus de lombriz.....	8
2.3 Beneficios ambientales del humus de lombriz.....	12
2.3.1 Valores microorgánicos.....	12
2.3.2 Valores fitohormonales.....	12
2.3.3 Valores nutritivos.....	13
2.4 Beneficios económicos del vermicomposteo.....	13
2.4.1 La carne de lombriz.....	14
2.4.2 La harina de lombriz.....	15
2.4.3 Lombrices para pesca deportiva.....	19
<b>CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE LA LOMBRIZ.....</b>	<b>21</b>
3.1 Especies comúnmente utilizadas en el vermicomposteo.....	21
3.2 La lombriz <i>Eisenia foetida</i> .....	21
3.2.1 Clasificación taxonómica de la <i>Eisenia foetida</i> .....	22
3.2.2 Características externas.....	23
3.2.3 Características Internas.....	26
3.2.4 Hábitat.....	29
3.2.5 Alimentación.....	30
3.2.6 Reproducción.....	34
3.2.7 Ciclo de vida.....	36
3.3 Depredadores de las lombrices.....	39
3.4 Patologías.....	42

---

<b>CAPITULO IV. METODOLOGIA.....</b>	<b>43</b>
4.1 Material, equipos y organismos.....	43
4.1.1 Anélido utilizado.....	43
4.1.2 Residuos orgánicos para composteo.....	43
4.1.3 Material y equipo para composteo y vermicomposteo.....	43
4.1.4 Instrumentos.....	44
4.2 Infraestructura.....	44
4.3 Metodología.....	47
4.3.1 Precomposteo.....	49
4.3.1.1 Recolección de los residuos orgánicos de la cafetería.....	49
4.3.1.2 Recolección de los residuos de jardinería.....	50
4.3.1.3 Trituración de los residuos.....	51
4.3.1.4 Alimentación del compostero.....	51
4.3.1.5 Paleo y riego de los composteros.....	51
4.3.1.6 Obtención de la composta.....	53
4.3.2 La siembra de la lombriz.....	53
4.3.3 El proceso de transformación.....	56
4.3.3.1 Alimentación del vermicompostero.....	58
4.3.3.2 Riego de la vermicomposta.....	58
4.3.4 Cosecha del humus de lombriz.....	58
<b>CAPITULO V. RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>60</b>
5.1 Recolección de residuos.....	60
5.1.1 Recolección de los residuos orgánicos de la cafetería.....	60
5.1.2 Recolección de los residuos de jardinería.....	62
5.2. Alimentación total de los composteros.....	63
5.3 Determinación de parámetros.....	63
5.3.1 Medición de la temperatura en la vermicomposta.....	63
5.3.2 Determinación del pH de la vermicomposta.....	64
5.4 Cosecha y conteo final de lombrices.....	65

<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>

---

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 3.1</b> Características externas de una lombriz de tierra.....	23
<b>Figura 3.2</b> Distribución de las setas.....	24
<b>Figura 3.3</b> Corte transversal de una lombriz de tierra.....	26
<b>Figura 3.4</b> Hábitat de la lombriz <i>Eisenia foetida</i> .....	30
<b>Figura 3.5</b> Vista dorsal de estructuras internas de la lombriz de tierra.....	33
<b>Figura 3.6</b> Órganos reproductores masculino y femenino en las lombrices.....	34
<b>Figura 3.7</b> Acoplamiento de las lombrices.....	34
<b>Figura 3.8</b> Intercambio de espermatozoides en la fase de acoplamiento.....	35
<b>Figura 3.9</b> Ciclo de vida la lombriz <i>Eisenia foetida</i> .....	38
<b>Figura 4.1</b> Infraestructura.....	44
<b>Figura 4.2</b> Pilas de composteo y vermicomposteo .....	45
<b>Figura 4.3</b> Techado de mallasombra.....	45
<b>Figura 4.4</b> Croquis de las pilas de composteo y vermicomposteo.....	46
<b>Figura 4.5</b> Conexión de agua potable.....	47
<b>Figura 4.6</b> Diagrama del proceso.....	48
<b>Figura 4.7</b> Ubicación del bote de basura en la cocina.....	50
<b>Figura 4.8</b> Contenido de materia orgánica del bote.....	50
<b>Figura 4.9</b> Compostero en donde se depositaban los residuos orgánicos.....	52
<b>Figura 4.10</b> Paleo de la composta.....	52
<b>Figura 4.11</b> Composta resultante del proceso.....	53
<b>Figura 4.12</b> Población de reserva.....	54
<b>Figura 4.13</b> Lombrices separadas de su medio.....	55
<b>Figura 4.14</b> El vermicompostero.....	56
<b>Figura 4.15</b> Muestra del humus de lombriz obtenido.....	58
<b>Figura 5.1</b> Variación de la generación diaria de los residuos de la cafetería.....	62
<b>Figura 5.2</b> Medición de la temperatura.....	63
<b>Figura 5.3</b> Porcentaje de la población juvenil y adulta al inicio del proceso.....	66
<b>Figura 5.4</b> Porcentaje de la población juvenil y adulta al final del proceso.....	66
<b>Figura 5.5</b> Pesado total del humus de lombriz producido.....	67

---

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 2.1</b> Comparación entre los fertilizantes químicos y el humus de lombriz.....	11
<b>Tabla 2.2</b> Composición de la harina de lombriz ajustada en base seca.....	18
<b>Tabla 3.1</b> Clasificación taxonómica de la Eisenia foetida.....	22
<b>Tabla 4.1</b> Identificación de adultas y juveniles.....	55
<b>Tabla 4.2</b> Determinación de la biomasa total inicial.....	55
<b>Tabla 5.1</b> Recolección de los residuos de la cafetería (2005).....	60
<b>Tabla 5.2</b> Recolección de los residuos de la cafetería (2005).....	61
<b>Tabla 5.3</b> Recolección de los residuos de jardinería (2004).....	62
<b>Tabla 5.4</b> Alimentación total del compostero.....	63
<b>Tabla 5.5</b> Temperaturas en el vermicompostero.....	64
<b>Tabla 5.6</b> Medición del pH de la vermicomposta.....	65
<b>Tabla 5.7</b> Comparación de la población inicial y final de las lombrices.....	65
<b>Tabla 5.8</b> Biomasa al inicio y al final del proceso de vermicomposteo.....	65
<b>Tabla 5.9</b> Total del humus de lombriz producido.....	67



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Es increíble que a pesar del basto conocimiento existente sobre la lombriz de tierra y de la importancia de su papel en la naturaleza, poco se haga en nuestro país para difundir y ampliar el conocimiento de la técnica basada en su cría, desarrollo y reproducción que ayudarán a disminuir el problema del manejo de residuos sólidos o mejor conocido como “basura”, en los rellenos sanitarios se vierten diariamente toneladas de materia orgánica que origina malos olores, enfermedades y fauna nociva.

Se entiende por Lombricultura una biotecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico, mediante la descomposición natural, similar al composteo, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, es degradado por el complejo sistema digestivo de la lombriz. Esta biotecnología se ha basado en el proceso que las lombrices han realizado durante millones de años en la naturaleza, pero se ha industrializado de tal manera, que en un período de tiempo más corto y en un área más reducida, puede lograr un producto que mantiene la misma calidad de aquel que se podría obtener en un bosque, fuente natural de producción de humus (Lombricultura.cl, <http://www.lombricultura.net/>).

La lombricultura tiene buenas perspectivas, ya que es un negocio de producción diversificada que puede generar excelentes ingresos económicos provenientes de la comercialización de la lombriz y el vermicompost. La lombricultura se practica actualmente con varios propósitos. Por una parte está la que llamamos lombricultura doméstica, practicada por personas para reciclar sus residuos domésticos, de cocina y jardín, por otra parte, la lombricultura ofrece una buena alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos contaminantes, tales como restos de cosechas, residuos sólidos urbanos, desperdicios de restaurantes,

estiércol, residuos industriales de origen orgánico, etc. (Lombricultura, <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>).

## 1.1 Antecedentes

El rol de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo era bien conocido en el Antiguo Egipto, y en buena medida parte de la fertilidad del valle del Nilo dependía de estos animales. Su importancia era tal que se tenían previstos castigos muy rigurosos, incluso la pena de muerte para quien intentara exportar fuera del reino una sola lombriz.

350 años A. C. el gran filósofo griego Aristóteles las definió certeramente como "los intestinos de la tierra", por su capacidad de comer gran cantidad de desechos orgánicos (Granados Magaña *et al.*, 1997).

El primero en reconocer el valor de las lombrices fue el naturalista inglés Gilbert White en 1775, señaló que "la tierra sin lombrices, se vuelve rápidamente fría, dura, sin fermentación y en consecuencia estéril."

Otro naturalista inglés, el biólogo Charles Darwin, padre de la teoría de la evolución de las especies, dedicó más de 10 años al estudio e investigación sobre la estructura, alimentación y vida de las lombrices de tierra y fue el primero en demostrar la función que estas desempeñan en la naturaleza mediante su libro "la transformación de los detritus vegetales por la acción de las lombrices" en 1881 (<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfB051.pdf>).

Según la literatura la lombricultura como actividad nace en Estados Unidos en 1947 por Hugh Carter quien inicia su propio criadero en un ataúd, empleando la lombriz *Eisenia foétida*, posteriormente esta actividad se desplaza a Europa, teniendo un desarrollo importante en Italia (Martínez, 2001).

En la pasada década de los 80 esta actividad presenta en la mayoría de los países de América Latina un crecimiento exponencial, este surge a raíz de que la Lombricultura es considerada como una biotecnología, donde la lombriz de tierra funge como herramienta de trabajo para la transformación de desechos en productos orgánicos útiles, la protección de la vida y el ambiente como fuente de proteínas para la alimentación animal y humana (Martínez 2001).

En México el desarrollo de la Lombricultura como actividad productiva se inicia a partir de 1996, y se realiza investigación desde 1980, sin embargo, la transferencia tecnológica no se da a la par de ésta, los proyectos establecidos, en su mayoría se desarrollan de forma empírica, pocos son los que recibe asesoría y tiene personal capacitado, como consecuencia se obtienen que la actividad se oriente hacia la producción de abono solamente, dejando de lado su potencial como fuente de proteína, vitaminas, aminoácidos entre otros. El área de producción en México es muy reducida, si se compara con la cantidad de desechos que diariamente se liberan al ambiente. Se estima que solo entre 4 y 6 % de los desechos orgánicos a nivel nacional son reciclados, muchos son dejados directamente en lotes baldíos, otros son depositados en los ríos. 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 (Martínez Cerdas *et al.*, 2000).

Independientemente de la falta de difusión de esta biotecnología en México, existen lugares en donde se practica la lombricultura de manera eficiente, como es el caso del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua que ha utilizado esta biotecnología haciendo útil el lodo que se genera en plantas de tratamiento de aguas residuales, el lodo, contaminado con metales pesados y patógenos de heces fecales, se oxigena con el movimiento de las lombrices, pero por otro lado, las lombrices también lo digieren a través de su tracto digestivo. Así, tiene por lo menos tres usos: abono para plantas ornamentales, enriquecedor para restaurar suelos agrícolas y para

incrementar la fertilidad de los suelos. Además es una opción para los municipios que no cuentan con suficiente presupuesto para tratar de manera convencional el lodo de sus aguas residuales (Sistema e-once noticias Internet, [http://oncetv-ipn.net/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt\\_fecha=2004-01-08&numnota=6](http://oncetv-ipn.net/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt_fecha=2004-01-08&numnota=6)).

De igual forma, varios ejidos en la república mexicana han aprovechado sus residuos orgánicos a través de las lombrices, un ejemplo es La Unión ejido de San Fernando en Chiapas, el sustrato utilizado en estos ejidos es principalmente el residuo de la cosecha de café y estiércol de animales, ambos tiene un alto contenido alimenticio para las lombrices, el humus obtenido es aplicado de nuevo al campo, obteniendo así mejores cosechas (Lombricultura, experiencia de vermicomposteo en San Fernando, Chiapas, <http://www.laneta.apc.org/mexsursur/pcac/pcaclomb.htm>).

A pesar de los rezagos, en México esta biotecnología se ha desarrollado rápidamente, sin embargo en Quintana Roo no es muy conocida, en Internet se puede encontrar mucha información acerca de este tema: foros de discusión, manuales, empresas lombricultoras, noticias, cursos en línea y todo lo que tenga que ver con lombricultura, pero en ningún caso se encontró su aplicación en el Estado.

## **1.2 Justificación**

El siguiente proyecto se realizó con el propósito de complementar la tarea que ha llevado acabo el **Programa de Manejo de Residuos Sólidos** de la Universidad de Quintana Roo (**PMRS**), cuyo principal objetivo es el manejo integral de los residuos sólidos provenientes de dicha institución.

El PMRS ha estado trabajando desde un principio con residuos reciclables como el cartón, papel, aluminio y plástico (PET) de manera que no se le ha podido dar el aprovechamiento adecuado a los residuos orgánicos, tanto a los residuos de jardinería como a los residuos alimenticios que son depositados en el relleno sanitario municipal y en el caso de los residuos de jardinería son quemados o arrumbados en los mismos patios de la Universidad. El aprovechamiento de los residuos orgánicos es de gran importancia, debido a que conforman gran parte de los residuos generados en el planeta, las estadísticas muestran que los residuos orgánicos producidos en el mundo representan casi el 50% de los residuos totales, por lo que significa casi el 50% de volumen en un relleno sanitario.

La elección de vermicomposteo o lombricultura para el aprovechamiento de estos residuos, se eligió debido a que con esta técnica se obtiene una composta de mayor calidad comparada con el composteo tradicional.

## 1.2 Objetivos

- Determinar la cantidad promedio diaria y mensual de residuos orgánicos generados en la cafetería.
- Reciclar los residuos orgánicos que se generen en la Universidad de Quintana Roo, mediante la biotecnología de vermicomposteo, obteniendo abono orgánico.

## 1.3 Alcances y limitaciones

Los residuos orgánicos que se utilizaron en el proyecto, fueron provenientes exclusivamente de la Universidad, siendo necesario el apoyo de el personal encargado de la cocina de la cafetería, la cual es una de las principales fuentes de residuos orgánicos, así mismo con el apoyo del personal encargado de la jardinería.

En un principio se especuló la determinación de las cantidades de nitrógeno y fósforo en el humus de lombriz obtenido al final del proceso de vermicomposteo, utilizando para esto las normas mexicanas **NMX-AA-24-1984** (determinación de nitrógeno total) y **NMX-AA-094-1985** (determinación de fósforo total), sin embargo, no se logró realizar ninguna técnica, debido a que el laboratorio de la Universidad de Quintana Roo no cuenta con los reactivos y el equipo necesario para llevar a cabo estas técnicas. Entre las carencias del laboratorio se encuentran: ácido perclórico, vanadomolibdato de amonio, heptamolibdato de amonio tetrahidratado, fosfato de potasio monobásico, sulfato cúprico, sulfato de potasio, amonio destilado, aparato de digestión Kjeldahl con extracción de humos y un aparato de destilación Kjeldahl, la Universidad cuenta con estos equipos, sin embargo, se encuentran averiados. Debido a todo esto resulto imposible incluir esta parte dentro de la metodología.

De las muchas especies de lombrices que existen, la lombriz ***Eisenia foetida*** es la elegida para este proyecto, es popularmente conocida como la "Roja Californiana". Es una de las especies más recomendadas para cría en la lombricultura. Las lombrices utilizadas para este proyecto fueron donadas por personal de la SEMARNAT de Campeche, en donde esta biotecnología esta en pleno desarrollo.

## CAPITULO II. EL PROCESO DE VERMICOMPOSTEO

### 2.1 Concepto de vermicomposteo.

El vermicomposteo, también conocido como lombricultura consiste en la crianza y el manejo de lombrices en condiciones de cautiverio y su finalidad primordial es la de obtener por un lado el producto de sus excretas comúnmente llamado humus y por el otro las lombrices propiamente dicha como fuente de proteína (Agroforestal San Remo C. A. <http://www.agroforestalsanremo.com/lombricultivos.htm>).

### 2.2 Lombricompost, vermicompost o humus de lombriz.

El vocablo *humus* proviene del latín de igual 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). Su existencia es inherente a todos los suelos y su cantidad y calidad depende de los factores edáficos. Su presencia influye notablemente en la fertilidad y procesos edafogénicos del suelo (Reines Álvarez M. et al, 1998).

El lombricompost, vermicompost, humus de lombriz o "worm casting" como se lo conoce en el comercio internacional., es el fertilizante orgánico por excelencia.

Las características de este producto son las siguientes:

- Es un material de color oscuro, lo que contribuye a la absorción de energía calórica. (Humus: El abono orgánico del futuro <http://www.tattersall.cl/revista/Rev193/pan.htm>)



- Su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica, neutralizando la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas).
- 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.
- Es excelente sustrato de germinación, y permiten que los brotes emerjan sin encontrar a su paso barreras mecánicas que eviten o retrasen su salida a la superficie, esto se debe a que el humus de lombriz se comporta como "esponja" captadora de agua, que presenta un tamaño de partícula pequeña y baja plasticidad y cohesión. (Ofertas agrícolas, <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/articulo/161>).
- El humus de lombriz ayuda en la formación de *microrizas*, es decir bacterias, esenciales para facilitar la fijación de nitrógeno.
- Inhibe el desarrollo de bacterias y hongos que afectan a las plantas.
- Su pH neutro lo hace sumamente confiable para ser usado con plantas delicadas.
- Facilita la absorción de los elementos nutritivos por parte de la planta. La acción microbiana del humus de lombriz hace asimilable para las plantas, minerales tales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos.
- El humus de lombriz se caracteriza por comportarse como una hormona estimuladora del crecimiento vegetal, ya que se conoce que 1 mg/l de

humus es equivalente en actividad a 0,01 mg/l de A.I.A. (Ácido indol acético) (Velásquez et al., 1985).

- Aporta e incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, y los libera gradualmente, e interviene en la fertilidad física del suelo porque aumenta la superficie activa.
- Mejora las características estructurales del terreno, desligando los suelos arcillosos y formando suelos arenosos, por lo que aumenta la porosidad de los suelos aumentando la aireación.
- Evita y combate la clorosis, enfermedad muy común que casi todas las plantas padecen en alguna época de su vida. Su causa principal es la carencia en la planta de ciertos microelementos, normalmente de magnesio y de hierro, que se manifiesta por la amarillez de las hojas (Plagas y enfermedades de las plantas, <http://www.asocoa.com/buscaplagas.asp?PLAGA=46>)
- Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos favorece ciertas características químicas del suelo.
- Aumenta la permeabilidad y la retención hídrica de los suelos disminuyendo el consumo de agua en los cultivos. Por este motivo, además de sus propiedades como fertilizante, se le está empleando en canchas de golf para disminuir el alto consumo de agua que tienen estas instalaciones (Lombrices Rojas, <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro/humus.htm>).
- Aunado al aumento de la capacidad de retención de humedad en el suelo que lo contiene, el humus de lombriz presenta la propiedad de atenuar los fenómenos erosivos hídricos que se producen en suelos desnudos (Ofertas agrícolas, <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/articulo/161>).

Con las características anteriores, se puede realizar un cuadro comparativo entre los fertilizantes químicos y el humus de lombriz (**tabla 2.1**).

**Tabla 2.1** Comparación entre los fertilizantes químicos y el humus de lombriz.

<b>Fertilizantes químicos</b>	<b>Humus de lombriz</b>
Requieren mucho cuidado en su manejo	Su manejo es mas sencillo ya que es de fácil aplicación en los árboles y cultivos
Tienen que mezclarse perfectamente en el suelo.	Su aplicación es muy sencilla
Debe de tomarse muy en cuenta la profundidad y la cantidad de fertilizante a aplicar, ya que si el abono queda en contacto con la semilla o con la planta, puede originarle daños, impedir la germinación o retardar el crecimiento.	Aunque se exceda en la cantidad éste no afecta las plantas.
Producen desertificación del suelo y contaminación del agua.	Es producto del reciclaje de desperdicios urbanos y agrícolas.
Genera compresión del suelo.	Hace el suelo más suelto y mejora la aireación.
Saturan la tierra y la fuerzan al extremo de sus posibilidades.	Enriquece y regenera la tierra
Empobrecen la tierra a largo plazo y la empobrecen notablemente.	Proporciona todos los requerimientos para la mayoría de las plantas, tanto de las de tipo ornamental como de las que se producen en los grandes cultivos.
Carecen de flora bacteriana	Es rico en flora bacteriana, una característica muy importante de un buen fertilizante.

Fuente: Mejores cosechas, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema1/tema1a.htm>

## 2.3 Beneficios ambientales del humus de lombriz.

### 2.3.1 Valores microorgánicos:

Las lombrices de tierra consumen residuos animales y vegetales en proceso de descomposición, es decir, predigeridos por microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros. Estos degradan las proteínas y la celulosa transformándolas en sustancias más simples y de fácil asimilación (por ejemplo los aminoácidos, resultantes de la digestión aeróbica de las proteínas), también se nutren con diminutos hongos y los antibióticos que se encuentran en ellos le sirven al animal para inmunizarse y crecer. Cuando la lombriz elimina mediante la excreción las moléculas de estos antibióticos, dejará una masa bacteriana antibiotizada, compuestos bioestimulantes que estaban contenidos en el citoplasma de los hongos y microorganismos fúngicos en disminución. Se calcula la presencia de 2 billones de bacterias por gramo de lombricomposteo (Lombrices Rojas, <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro/humus.htm>).

### 2.3.2 Valores fitohormonales:

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 *Gibberelina*, favorece el desarrollo de las flores, la germinabilidad de las semillas y aumenta la dimensión de algunos frutos;

- La *Citoquinina*, retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos (Lombrices Rojas, <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro/humus.htm>).

### **2.3.3 Valores nutritivos:**

El humus de lombriz resulta rico en elementos nutritivos, rindiendo en fertilidad 5 a 6 veces más que con el estiércol común.

Los experimentos efectuados con vermicomposta en distintas especies de plantas, demostraron el aumento de las cosechas en comparación con aquellos provenientes de la fertilización con estiércol, o con abonos químicos (Lombrices Rojas, <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro/humus.htm>).

## **2.4 Beneficios económicos del vermicomposteo.**

La eliminación de los residuos urbanos y desechos agroindustriales son un problema a nivel mundial. La solución a este grave inconveniente es la selección de los residuos, con la ayuda de las lombrices los residuos orgánicos se puede regenerar y transformar en un 100 por ciento en fertilizante orgánico. La lombriz roja californiana tiene una gran importancia económica, pues contribuyen a la fertilización, aireación, y mejoramiento de la estructura y formación del suelo. El humus de lombriz es un producto con grandes posibilidades de comercialización en todo el mundo, su calidad es un factor importante para obtener los mejores precios en el mercado (Ferruzzi, 1994).

La actividad de la lombricultura tiene la ventaja de poder iniciar con pocas lombrices, para ir luego aumentando progresivamente. Para desarrollar la lombricultura no hacen falta estructuras fijas, lo que facilita posteriores desplazamientos. Los costos de instalación son bajos, lo mismo puede decirse de los costos de gestión, además de que no se está obligado a tiempos ni horarios

fijos, permitiendo cuidar el cultivo de modo distinto al que se hace en otro tipo de explotación animal.

El producto que se obtiene, el humus, presenta características insuperables y se coloca fácilmente en el mercado. La demanda de humus y de lombrices está experimentando un continuo aumento en todos los sectores, incrementándose cada vez más las industrias que se interesan por las lombrices; en algunos casos, porque necesitan eliminar o transformar los residuos, en otros, para usarlos como alimento para otros animales o en la elaboración de harina, para ser mezclada con otros productos y elaborar concentrados de excelente calidad, por lo que la actividad de la lombricultura es una alternativa sustentable que se puede ofrecer a los productores rurales, para el desarrollo de las actividades productivas agropecuarias. Sin embargo, para que la lombricultura sea económicamente atractiva, se necesita tener una gran producción, regular y constante (La lombriz, <http://ferwo3.tripod.com/lom/id9.html>, Fonseca *et al.* 2001).

#### **2.4.1 La carne de lombriz.**

La posibilidad de transformar en carne de alto valor proteico los desechos orgánicos, que en muchos casos hoy constituyen un problema ambiental, es tal vez uno de los aspectos más importantes de la Lombricultura. La composición de la harina de lombriz, con más de un 70% de proteínas de alto valor biológico, hace que éste anélido aparezca como una de las grandes soluciones a los problemas nutricionales que tiene la humanidad.

Aunado a este alto contenido de proteínas en la carne de lombriz, esta la cantidad de aminoácidos esenciales, entre ellos es importante mencionar a la lisina, aminoácido que suele estar ausente en los alimentos básicos. El contenido de este aminoácido en la harina de lombriz es significativo, ya que satisface los requerimientos para niños entre 2-5 años exigidos por la OMS (Segovia, 1996).

La carne de lombriz es un recurso económico importante al tratarse de un alimento rico en proteínas y de fácil producción. A lo largo de miles de años, diferentes pueblos de África y China encontraron en la carne de lombriz un complemento nutricional que ayudó a sostener a su población (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

En la industria farmacéutica se utiliza el colágeno presente en la carne de lombriz y, a partir del líquido celomático, se han elaborado antibióticos. La medicina también ha puesto en estudio a este anélido por su capacidad de regeneración de los tejidos y su inmunidad (Lombricultivos, <http://lombricultivos.8k.com/lombricultivos.html>).

#### **2.4.2 La harina de lombriz.**

Para producir harina de alta calidad se deben cumplir algunos requisitos como no utilizar lombrices provenientes de lugares contaminados; además de que las lombrices deben estar libres de contaminación bacteriológica, micótica, parasitológica de estafilococos o de metales pesados. (Fraire, y Flores, 2001).

A continuación se describen los pasos para la elaboración de harina de lombriz a escala industrial y para uso comercial.

##### *1. Concentración por alimentación dirigida.*

En los vermicomposteros industriales las lombrices son alimentadas periódicamente, de tal forma se aprovecha esta circunstancia para concentrar una masa poblacional adulta, ya que al cabo de una hora las lombrices ingresan a este sustrato el que se distribuye formando un montículo. Este sustrato es retirado y se pasa a la recolección química:

## *2. Recolección química*

El sustrato es sometido a una extracción química por medio de una mezcla de productos químicos irritantes, para lo cual se dispone de recipientes adecuados con aberturas en el costado por donde escapan las lombrices.

## *3. Lavado y desaguado*

Las lombrices así recolectadas son sometidas a profusos lavados y luego colocadas en un recipiente oscuro con agua y mantenidas 18 °C por 24 horas. Se hace además uso de productos químicos que permiten que las lombrices evacuen totalmente el tracto intestinal y que también aumentan la densidad de la solución para que las eyecciones floten y sean retiradas. Viene a continuación un profuso lavado con agua potable.

## *4. Sacrificio de las lombrices*

Las lombrices son colocadas en una solución salina, de NaCl al 4% en donde mueren al cabo de 5 ó 10 minutos. En estas condiciones segregan un fluido orgánico de color amarillo y fuerte olor, que de no ser extraído imprimiría al producto final características negativas.

## *5. Secado*

Después del sacrificio las lombrices son profusamente lavadas y colocadas en bandejas de metal e introducidas a un horno de aire seco de circulación forzada a 80–85 °C, el material alcanza una temperatura de 38 a 40 °C. Una vez secas pasan a la siguiente etapa.



## 6. Molienda y Tamizado

Las lombrices secas son molidas en un molino de cuchillos y el producto tamizado a malla 60, de tal forma que se obtiene un polvo de color pardo claro y olor característico.

Una vez obtenida la harina de lombriz es recomendada en actividades tan diversas como la piscicultura productiva, la crianza de ranas; piscicultura ornamental; crianza de aves; caballos de corrida; reproductores bovinos, ovinos y caprinos; comida para mascotas entre otros. (Callejas *et al.*, 1989).

La obtención a un bajo costo de la harina de lombriz rica en proteínas se debe a que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos, crecen a una alta velocidad y se multiplican rápidamente. Es importante resaltar, que el prejuicio cultural y la falta de información de los beneficios que presenta esta lombriz, son los que no han permitido su utilización oficial en el campo alimenticio humano. Sin embargo, algunos países orientales tales como China, Japón, Filipinas y Taiwán, la han incorporado al consumo humano (Velásquez *et al.*, 1986).

Los principales países productores de América Latina son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador. Estos países cuentan con grandes explotaciones industriales de lombriz roja californiana, ya que la ausencia de olor y sabor la hace competitiva con la harina de pescado, tanto en calidad como en precio (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

Cabe mencionar que la harina de lombriz posee al igual que la carne de lombriz una gran cantidad de proteínas, en la **tabla 2.2** se muestran los porcentajes de la composición de la harina de lombriz.

**Tabla 2.2.** Composición de la harina de lombriz ajustada en base seca.

COMPONENTES	BASE SECA %
Proteínas	72.06
Lípidos	9.48
Cenizas	9.05
Fibra cruda	1.4
Carbohidratos	1.29
Nitrógeno no Proteico	6.15

(Callejas *et al.* 1989)

En las comunidades rurales tabasqueñas de los Municipios de Centla, Macuspana y Tacotalpa, se han realizado estudios en niños menores de 5 años, madres embarazadas y mujeres lactantes, entre los que se promovió el consumo de harina de lombriz, en forma de atole, tortilla, galletas y pan fortificado. Como resultado de ello, los niños desnutridos recuperaron su peso-talla, las madres embarazadas elevaron los niveles de folatos (derivados del ácido fólico, uno de los componentes del complejo vitamínico B), y las lactantes incrementaron la producción de leche materna, indicando las familias participantes que sus antepasados ya consumían la harina de lombriz endémica en la bebida del pozol para estimular la producción de leche materna (Fraire, 2001).

La harina también ha sido utilizada en las industrias para la elaboración de antibióticos, antidotos y constrictores vaso sanguíneos (Callejas *et al.*, 1989). El líquido celomático que tiene aplicaciones farmacéuticas y, de manera especial, el cuerpo de la lombriz convertido en harina, por la alta taza nutritiva que contiene, integrada por proteínas en un 70% a 80%, aminoácidos y vitaminas entre las que destacan la Lisina 7.5%, Cistina 1.5%, Metionina 2.1%, Fenilamina, Isoleucina, Leucina, Niacina, Riboflavina, Tiamina (B1), Ácido Pantoteico (complejo B), Piroxina (B6), Vitamina B12, Ácido Fólico entre otros, cuyas aplicaciones son muchas, de acuerdo a investigadores:

- Fortalece órganos y masas musculares.
- Estimula, por equilibrio bioquímico, las funciones vitales (cerebral, cardíaca, sexual, etc.).
- Mejora el crecimiento e impide anemias.
- Alivia fatigas físicas y mentales.
- Enriquece y recupera los tejidos.
- Asiste positivamente al sistema inmunológico.
- Regenera epidermis y pelo.
- Retarda el envejecimiento y desgaste orgánico.
- Aumenta la actividad cerebral.
- Ayuda a la eliminación de toxinas
- Ayuda en los tratamientos contra el Parkinson.
- Eficaz en tratamientos contra el hipertiroidismo (OANNES, <http://listas.rcp.net.pe/pipermail/oannes/20020614/004560.html>).

#### **2.4.3 Lombrices para pesca deportiva.**

Uno de los usos más frecuentes y difundidos de la lombriz es la pesca deportiva. La dureza relativa de la carne de la lombriz, así como su constante movimiento, incluso una vez fragmentadas, atraen a los peces y les confiere una especial importancia entre los pescadores aficionados (Reines Álvarez M. et al., 1998).

Constituyen un cebo limpio, no contaminado, no desgarrable en el anzuelo y sin olor desagradable. Últimamente su uso ha incrementado debido a que algunos cebos tradicionales, como la larva de mosca canaria en Italia y Suiza, entre otros han sido prohibidos (Reines Álvarez, et al., 1998).

En México la pesca deportiva es un deporte que apenas empieza; por ello, a menos que la granja esté cerca de un sitio donde se practica esta actividad, es difícil que la venta de lombrices pueda ser una fuente de ingresos tan atractiva

como la venta de humus de lombriz. Sin embargo, no debe olvidarse esta opción ya que, con un poco de difusión y apoyándose en pescadores con experiencia, es posible convertir la venta de carnada en un buen negocio. (Mejores Cosechas con Humus, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema4/aprovechameinto.htm>).

---

## CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE LA LOMBRIZ

### 3.1 Especies comúnmente utilizadas en el vermicomposteo.

Actualmente los tipos de lombrices más utilizados en la lombricultura intensiva son tres (Ferruzi, 1998):

- Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida*
- Lombriz Roja *Lombricus rubellus*
- Rojo Híbrido o negra africana *Eudrillus eugeniae*

### 3.2 La lombriz *Eisenia foetida*.

Comúnmente conocida como Lombriz Roja Californiana, nombre atribuido debido a que en el estado de California Estados Unidos, fueron descubiertas sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos de esta especie de lombriz. La *Eisenia foetida* es la lombriz más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo (Agroforestal San Remo C. A. <http://www.agroforestalsanremo.com/lombricultivos.htm>).

La lombriz *Eisenia foetida* se clasifica dentro del grupo de especies de denominadas epigeas las cuales viven en horizontes orgánicos e ingieren una gran cantidad de materia descompuesta. Estas especies producen madrigueras momentáneas en el suelo sólo por algunos intervalos de tiempo. Además están relativamente expuestas a las fluctuaciones climáticas y presiones de depredación, y tienden a ser pequeñas con altas tasas de reproducción (Werner, 1990).

Las razones por la que se fundamenta la utilidad esta lombriz son:

1- Longevidad: vive aproximadamente 16 años, contra los 4 años de vida promedio de las lombrices silvestres (Mejores cosechas, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema1/tema1a.htm>).

2- Madurez sexual: madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, depositando cada siete a diez días una cápsula o huevo, con un contenido que fluctúa de dos a 20 embriones. Puede llegar a producir bajo ciertas condiciones, hasta 1500 pequeñas lombrices por año.

3- Deyecciones: es un excelente abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana de prácticamente el 100% ( $2 \times 10^{12}$  colonias/g).

4- Es un animal que desarrolla todo su ciclo biológico en un ambiente de no más de 30 cm de profundidad en el sustrato.

5- No se fuga del criadero, no cava galerías verticales, sino que circulares y deja el humus (deyecciones) dentro de las galerías (Ferruzi, 1994, Yague, 1987).

### 3.2.1 Clasificación taxonómica de la *Eisenia foetida*.

En el **tabla 3.1** se muestra la clasificación taxonómica de la lombriz *Eisenia foetida*.

**Tabla 3.1** Clasificación taxonómica de la *Eisenia foetida*.

Phylum	Anélidos
Clase	Chaetopoda
Orden	Oligoquetos
Sección	Celomados
Familia	Lumbricidae
Nombre científico	<i>Eisenia foetida</i> (Savignym 1826)

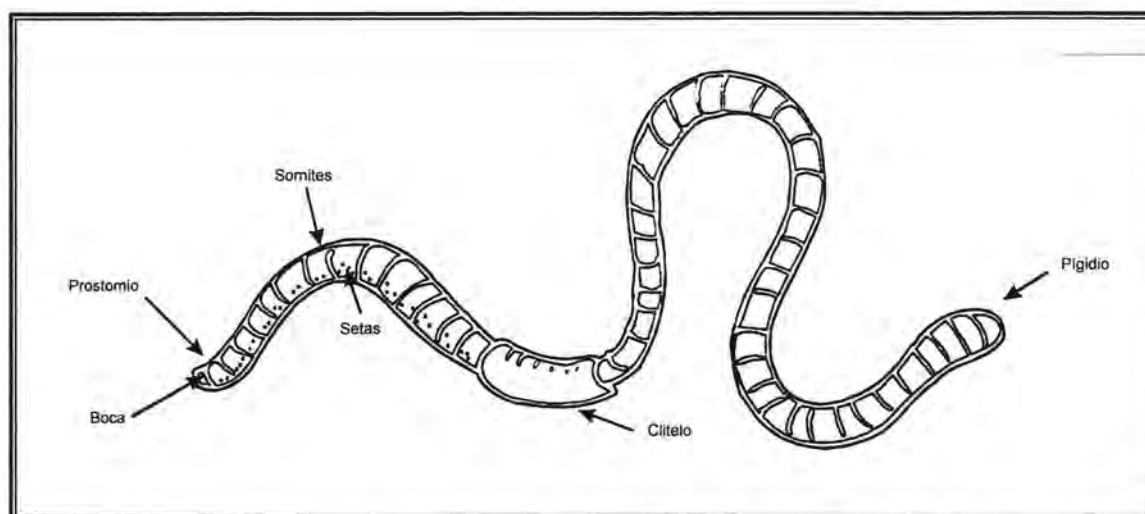
(Storer *et al.*, 1982)

### 3.2.2 Características externas.

La lombriz *Eisenia foetida* es de color rojizo en su parte superior y blanquecina en su vientre. Su cuerpo es cilíndrico y alargado, adelgazándose a ambos extremos y terminando en un extremo obtuso, siendo ligeramente deprimido en la zona posterior, y el lado ventral es aplanado en relación a la superficie dorsal y no tiene cabeza definida (Storer et al., 1982).

Posee el cuerpo alargado, se halla dividido a lo largo del eje antero-posterior en una serie de segmentos denominados metámero o somites (**figura 3.1**). Ello se refleja externa e internamente. La anatomía externa de las lombrices es muy homogénea. Presentan el cuerpo dividido en:

- Prostomio
- Metastomio
- Pígidio



**Figura 3.1** Características externas de una lombriz de tierra (Reines Álvarez et al., 1998).

El prostomio es el primer lóbulo del cuerpo y el pígidio, el último, donde abre el ano. El metastomio lo constituye el resto del cuerpo (Reines Álvarez *et al.*, 1998).

La lombriz posee otras estructuras externas como:

Setas. Son proyecciones quitinosas a manera de pelos muy pequeños. Pueden estar distribuidas de la siguiente forma (**figura 3.2**):

- Distribución lumbricina: cuatro por segmento.
- Distribución periquetina: numerosas, formando un anillo en el ecuador del segmento.

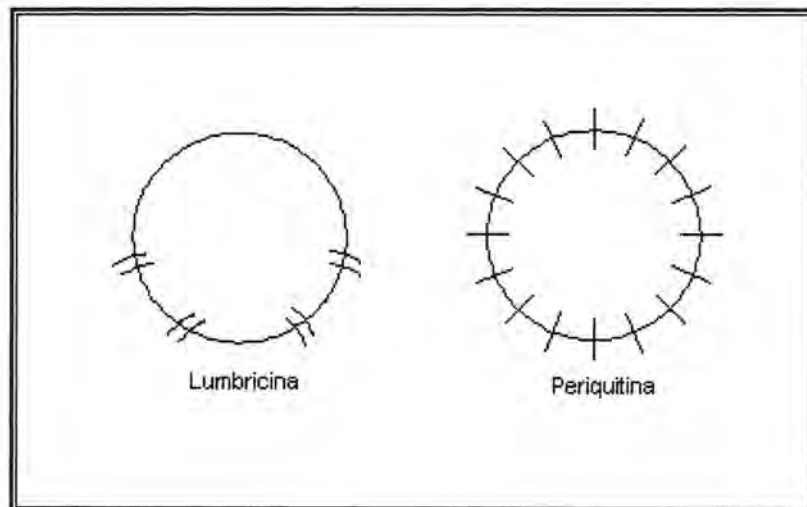


Figura 3.2 Distribución de las setas (Reines Álvarez *et al.*, 1998).

Clitelo. Zona glandular de manera de cinturón que abarca un número variable de segmentos (**figura 3.1**). Aparece sólo cuando el animal está sexualmente maduro, o sea, cuando es adulto y se encuentra 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 los embriones.

Poros genitales. Se presentan generalmente 1 ó 2 pares en el sistema reproductor masculino y un par en el femenino. Son pequeños orificios más o menos evidentes localizados ventral o ventrolateralmente.

Poros nefridiales. Laterales o ventrolaterales. Por ellos se excretan los productos de desecho del metabolismo. Son poco evidentes.

Poros espermatecales. Son ventrales o ventrolaterales en uno o varios segmentos preclitelaes. Generalmente un par en cada segmento. Se relacionan con el almacenamiento de esperma.

Marcas genitales. Pueden ser papilas abultadas, que generalmente aparecen durante la madurez sexual. Los tubérculos pubertarios son característicos de algunas especies y aparecen como bandas abultadas en cada borde ventrolateral del clitelo.

Poros prostáticos y surcos seminales. Los poros son pequeños y en ocasiones se relacionan con papilas. Aparecen 1 ó 2 pares en los segmentos vecinos a los poros masculinos. Los surcos seminales son canales que unen los dos poros prostáticos y generalmente el poro masculino de cada lado del animal. Se relacionan con la secreción de líquidos para la movilización de la esperma (Reines Álvarez *et al.*, 1998).

Color. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días cambian a color rojizo y estando en condiciones de aparearse (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

### 3.2.3 Características internas.

Cutícula. Es fina y flexible de color marrón brillante y transparente. Reviste y protege externamente el cuerpo (**figura 3.3**).

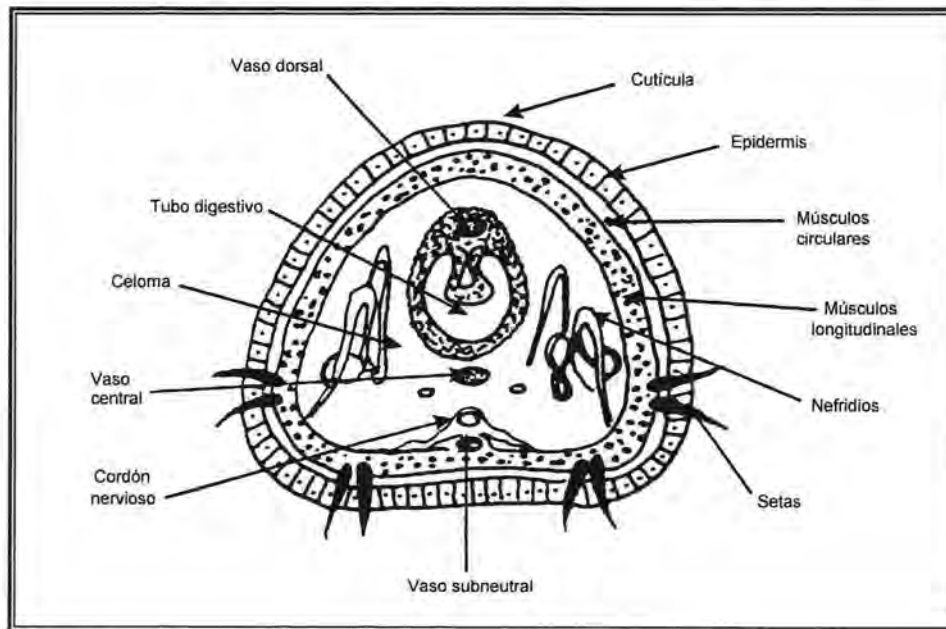


Figura 3.3 Corte transversal de una lombriz de tierra (Reines Álvarez *et al.*, 1998).

Epidermis. Situada debajo de la cutícula, está constituida por una capa simple de células, o sea, un epitelio cilíndrico cuyo espesor varía según la región del cuerpo. También en la epidermis se encuentran numerosas glándulas unicelulares que producen una secreción mucosa llamada mucus, que es expelido al exterior a través de canalículos de la cutícula y que facilitan la respiración o el desplazamiento de las lombrices en el suelo.

Capas musculares. Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna. La contracción de las capas musculares presiona el fluido celómico y determina el movimiento del animal; así cuando los músculos circulares se contraen disminuye el ancho del animal y cuando se contraen las longitudinales se distienden, el líquido celómico fluye longitudinalmente y el animal se estira. Cuando las fibras

longitudinales son las que se contraen, las circulares se distienden y el animal se acorta y se hace más chico.

Peritoneo. Es la capa que delimita el celoma de la lombriz.

Celoma. Es la cavidad que se dispone entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo revestida totalmente del mesodermo, contiene líquido celómico, la forma del cuerpo se mantiene gracias a la elasticidad de la pared del cuerpo y a la presión de este líquido, lo que constituye el llamado esqueleto hidrostático.

Sistema digestivo. El aparato digestivo de las lombrices está constituido por un tubo recto que recorre todo el animal, desde la boca hasta el ano. Está formado por:

- Cavidad bucal.
- Faringe.
- Buche.
- Molleja.
- Esófago + glándulas calcíferas.
- Intestino (posee tiflosol)
- Ano.

En la parte superior de la cavidad bucal se sitúa el prostomio con forma de labio. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas; estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino.

Más adelante, en el punto 3.2.5, se explica el proceso digestivo de la lombriz de forma detallada.

Sistema excretor. Está formado por órganos especiales denominados metanefridios o nefridios que son comparados con los riñones de los vertebrados y cuya función es eliminar los residuos del metabolismo.

Con excepción de los primeros segmentos y los últimos, todos los demás presentan un par de nefridios.

El nefridio está constituido básicamente por un nefrostoma que es un embudo ciliado, el movimiento de los cilios promueve la colecta de los residuos del metabolismo del líquido celomático. Del embudo sale un canal que atraviesa el septo y abre al exterior en el anillo siguiente, en un poro nefridioporo (1 par por segmento) ventrolateral. El canal está ricamente vascularizado y ocurren procesos de filtración, reabsorción y secreción para formar la orina. La orina se excreta en forma de amoníaco o urea.

Sistema circulatorio y respiratorio. Constituye un sistema cerrado ya que la sangre fluye dentro de vasos sanguíneos y nunca cae en senos o lagunas.

Básicamente está compuesto por:

- 1 Vaso dorsal
- 1 Vaso ventral
- 1 Vaso subneural
- 1 Vasos laterales
- Red de capilares por de conectivos circunfaringeos formando un anillo alrededor de la faringe llamado también anillo periesofágico.

A partir de un ganglio subfaringeo corre en la línea medio ventral y a la largo de todo el cuerpo, la cadena ganglional ventral que está constituida por un par de ganglios por segmentos en un grado de fusión variable (casi siempre

bien fusionados). De esto ganglios salen ramificaciones a la pared del cuerpo y al intestino.

En la epidermis están localizados numerosos órganos de los sentidos formados por células sensitivas, células fotorreceptoras, fibras nerviosas.

Los órganos de los sentidos son más abundantes en la extremidad interior de la lombriz.

El tacto es el sentido más desarrollado de las lombrices, después de sensibilidad a la luz. El tacto permite a la lombriz detectar pequeñas vibraciones en el terreno, seleccionar el alimento, huir, etc. El paladar es bastante desarrollado pues la cavidad bucal se encuentra nuevamente enervada y profusamente. (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

#### **3.2.4 Hábitat.**

Las lombrices de tierra, corresponden a la macrofauna del suelo, con amplia distribución en el mundo y con más de 7,000 especies identificadas (Núñez, 1985).

La lombriz *Eisenia foetida* habita en los primeros 50 cm del suelo (**figura 3.4**), prefiere los sitios húmedos, no tolera las sequías ni las heladas y es más numerosa en suelos frescos, son muy sensibles a las variaciones de la temperatura, humedad reacciones químicas del ambiente (pH), lo cual detectan mediante quimiorreceptores. (Russell, 1964). Las lombrices rehuyen la luz del día, tienen fototropismo negativo, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, pero con frecuencia salen a la superficie durante la noche para alimentarse y defecar. Durante el día sólo salen a la superficie en circunstancias excepcionales, como cuando se inundan sus galerías en caso de lluvias torrenciales.



Figura 3.4 Hábitat de la lombriz *Eisenia foetida*  
(Conceptos Generales sobre la lombriz de Tierra  
<http://lombricultivos.8k.com/conceptos.html>)

Las lombrices se entierran con considerable rapidez, de forma especial en suelos sueltos; las setas que tienen a los lados del cuerpo les sirven de gran ayuda en sus movimientos. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, que a menudo contiene cantidades considerables de restos vegetales o animales en descomposición. Digieren la materia nutritiva y vuelve a la superficie a expulsar por el ano humus (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

### 3.2.5 Alimentación.

Los sustratos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacando entre otros:

- Restos de serrerías e industrias relacionadas con la madera.
- Residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas.
- Estiércol de especies domésticas.
- Frutas y tubérculos no aptos para el consumo humano o vegetal.
- Lodos de plantas depuradoras de agua.
- Otros desechos orgánicos.

Como se señaló anteriormente estos animales son saprófagos, ya que su alimentación se basa en residuos biodegradables, consumiendo desde el detritus orgánico hasta las coprólitas animales, teniendo máxima preferencia por estas últimas, lo que las individualiza de las demás especies (Callejas *et al.*, 1989). La mezcla de restos orgánicos ingeridos por las lombrices, se ve sometida a diversos procesos durante el paso intestinal y luego evacuada en forma de heces (Velásquez, 1987).

El aparato digestivo es recto y relativamente simple. La boca situada por debajo del prostomio, se abre en una pequeña cavidad bucal, que a su vez se comunica con una faringe más amplia. La pared dorsal de la cámara faríngea es muscular y glandular, y forma un bulbo o cojinete que constituye el principal centro de ingestión. En las lombrices de tierra la faringe actúa como una bomba aspirante. Las glándulas faríngeas producen una secreción salival que contiene sustancias mucosas y enzimas (Rupert *et al.* 1996.). La faringe corresponde a un órgano recto y alargado en el cual desembocan a cada lado tres pares de glándulas calcíferas denominadas "glándulas de Morren" (Basaure, 1995.) que son órganos especiales de regulación de los equilibrios iónicos del medio interno del oligoqueto. A menudo ellas regulan el equilibrio ácido – base y en presencia de exceso de CO<sub>2</sub> lo combina con el calcio presente en la sangre, para formar cristales insolubles de carbonato de calcio, los cuales son secretados en el esófago. Este proceso es conocido como mineralización y provee a las lombrices de la capacidad de influir en el pH de los medios corrigiendo valores de pH muy altos o manteniendo la neutralidad en aquellos medios que la presentan (Jadrijevic *et al.*, 1991.).

El esófago está modificado en diferentes niveles para formar un buche (Rupert *et al.*, 1996). En el buche el alimento se almacena temporalmente, pasando a la molleja para ser triturado mediante una acción muscular y con la ayuda de granos de arena (ver **figura 3.5**). Finalmente la materia orgánica

ingerida pasa al tubo digestivo donde la acción de enzimas secretadas por la propia lombriz y de mas de 500 mil millones de microorganismos que se encuentran presentes, permiten que aproximadamente un 20% de los materiales digestivos sean absorbidos para su manutención corporal del animal y un 80% sean transformados en humus, material que es excretado por la lombriz (Basaure, 1995). Otras investigaciones han demostrado que alrededor de un 40% del alimento entregado a las lombrices es convertido en humus. (Benavides, Vargas, 1989)

El humus, cuyo significado etimológico en griego antiguo es "cimiento", está compuesto principalmente por C, O, H, N y en menos proporción de oligoelementos, no presenta una composición química cuantitativamente estable (Velásquez, 1987).

Químicamente el humus de lombriz presenta características coloidales, debido al pequeño tamaño de sus partículas, gran área de dispersión por unidad de masa y la presencia en su superficie de cargas eléctricas negativas. A causa de la acción cohesiva que las cargas eléctricas generan a su alrededor, los cationes y las moléculas de agua son fácilmente retenidas. Esta retención se realiza a bajo nivel energético, lo cual hace posible que las plantas puedan absorber fácilmente, desde la superficie de los coloides, agua y elementos nutritivos. Por otra parte, la existencia de cargas eléctricas en la superficie de las partículas húmicas, sirve de puente de contacto entre los agregados de suelo, ayudando de esta manera a mantener una estructura granular estable, tan deseable por el aspecto poroso y facilidad de laboreo que le confiere al suelo (Basaure, 1995).



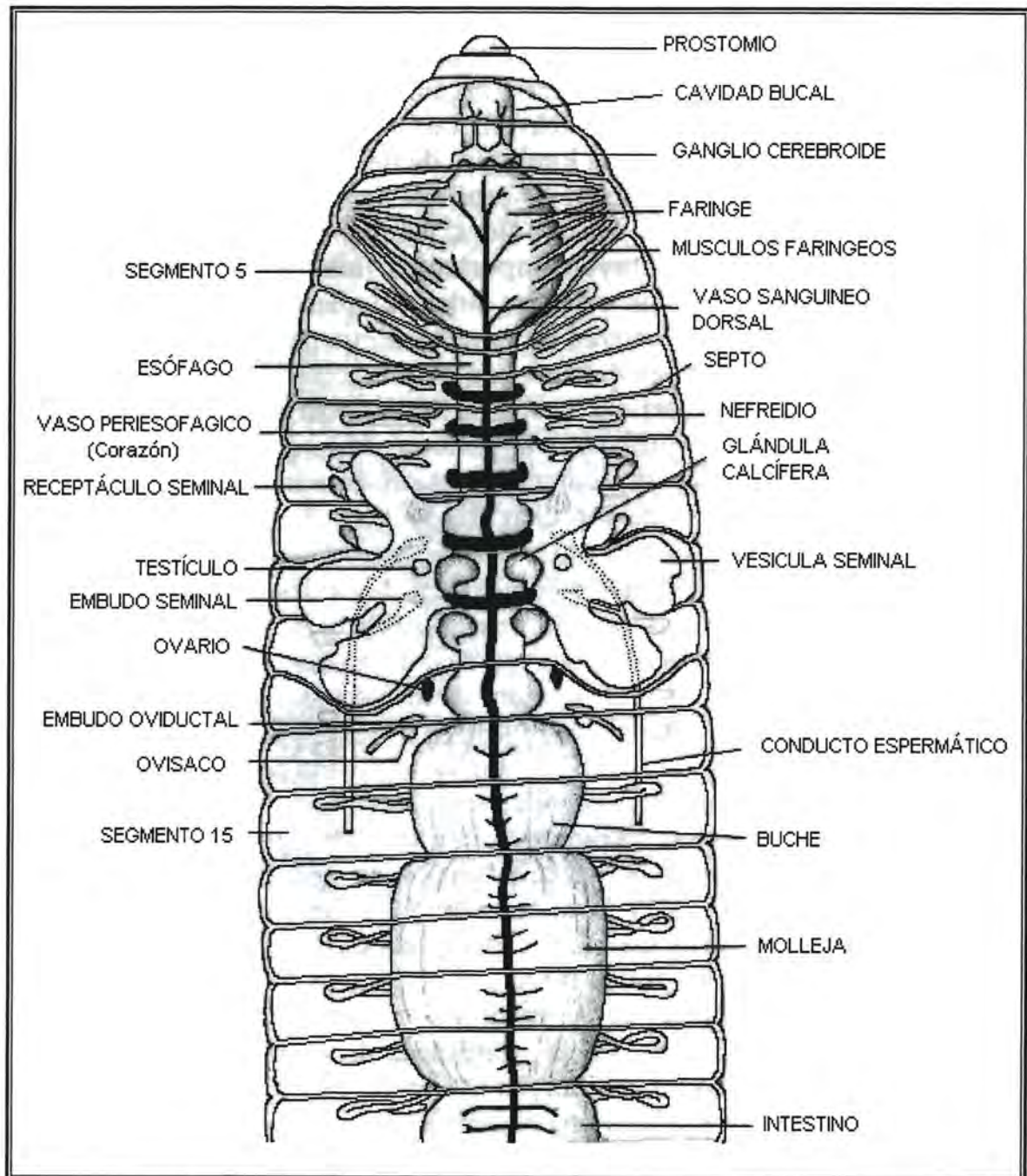


Figura 3.5 Vista dorsal de estructuras internas anteriores de la lombriz de tierra (Rupert et al., 1996)

### 3.2.6 Reproducción.

Las lombrices son hermafroditas, es decir, presentan los órganos reproductivos masculinos y femeninos en un mismo individuo (**figura 3.6**). Sin embargo no se autofecundan, sino que se reproducen por fecundación cruzada. Cuando los animales están maduros sexualmente ocurre el acoplamiento o cópula para realizar el intercambio de espermatozoides. Dos individuos se unen centralmente de forma invertida, es decir con las regiones anteriores en sentidos opuestos (**figura 3.7**). Para ello se valen de un mucus viscoso que secretan los clitelos de ambos individuos. El mucus envuelve los cuerpos de ambas lombrices. En la unión también intervienen setas modificadas que ayudan a fijar a los individuos entre sí, así como papilas y tubérculos pubertarios (Reines Álvarez *et al.*, 1998).

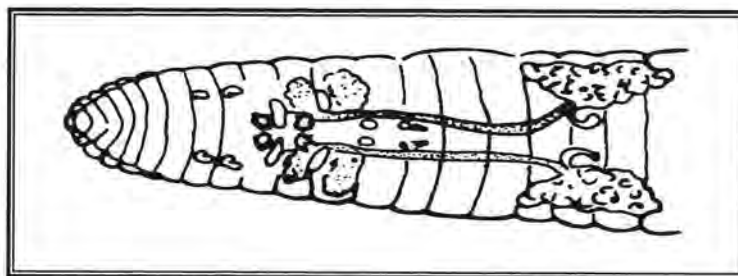


Figura 3.6 Órganos reproductores masculino y femenino en las lombrices (Reines Álvarez *et al.* 1998).

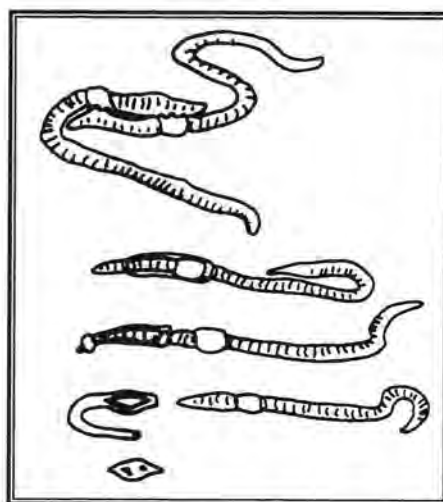
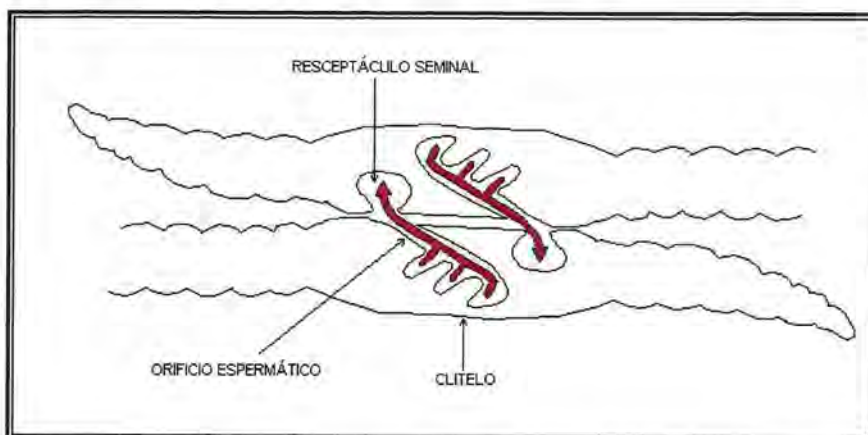


Figura 3.7 Acoplamiento de las lombrices (Reines Álvarez *et al.* 1998).

Cada lombriz coloca los espermatozoides (**figura 3.8**) en las espermatecas de la compañera y una vez terminado el intercambio, se separan; los espermatozoides recibidos quedan latentes hasta el momento de la fertilización.



**Figura 3.8** Intercambio de espermatozoides en la fase de acoplamiento de la lombriz (La lombriz, <http://ferwo3.tripod.com/lom/id11.html>).

Sobre el clitelos de ambas se forma una especie de capullo, formado por células mucosas; una veintena de huevos se deslizan por un surco hacia atrás y se introducen en el capullo. Dentro de la galería, la lombriz se mueva hacia atrás, haciendo que el capullo se desliza hacia delante, arrastrando en el camino los espermatozoides expulsados por los poros seminales. Cada capullo tiene entre 2 y 20 lombrices y albúmina, que alimenta a los huevos durante la incubación. La actividad sexual de las lombrices rojas disminuye durante los meses muy calorosos o fríos, siendo la temperatura óptima para el apareamiento los 20° C. La lombriz roja se despoja de la cápsula en un sitio favorable, pero si las condiciones ambientales se tornan inapropiadas, la eclosión puede demorarse varios meses sin mengua de la fertilidad (La lombriz, <http://ferwo3.tripod.com/lom/id11.html>).

El acoplamiento ocurre generalmente en la noche en la superficie del sustrato a pocos centímetros por debajo. En el caso de la lombriz *Eisenia foetida* ocurre en un periodo de 30 minutos, a diferencia de lombrices como la *Lumbricus*

terrestres (conocida comúnmente como lombriz de tierra), que no es criada comercialmente puede durar horas (Reines Álvarez *et al.*, 1998).

### **3.2.7 Ciclo de vida.**

En el ciclo de vida de las lombrices de tierra existen periodos transitorios entre un estado y otro y es difícil diferenciarlos. Se determinan las siguientes etapas y fases:

- Etapa embrionaria
- Etapa posembrionaria
  - Fase posnatal
  - 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 vermicomposta o algo más abajo si las condiciones ambientales no son las mejores. Los capullos son amarillo limón en algunas especies, pardos o blancos, y generalmente se vuelven más oscuros según envejecen. Su forma también varía, lo 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 posembrionaria*

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

#### *Fase posnatal*

Comienza con la emersión 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 de la fase anterior y concluye con la aparición del clitelo. Se caracteriza, por una gran actividad y dinamismo mostrados 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 anterior.

#### *Fase ciltelada*

Comienza con la aparición del clitelo y se caracteriza por la presencia de esta estructura. Así como por 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 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. eugemine*, pues el decremento del peso y la longitud corporal de los animales no coinciden 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, 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 (Reines Álvarez *et al.*, 1998)

En la **figura 3.9** se muestra de forma resumida el ciclo de vida de la lombriz.

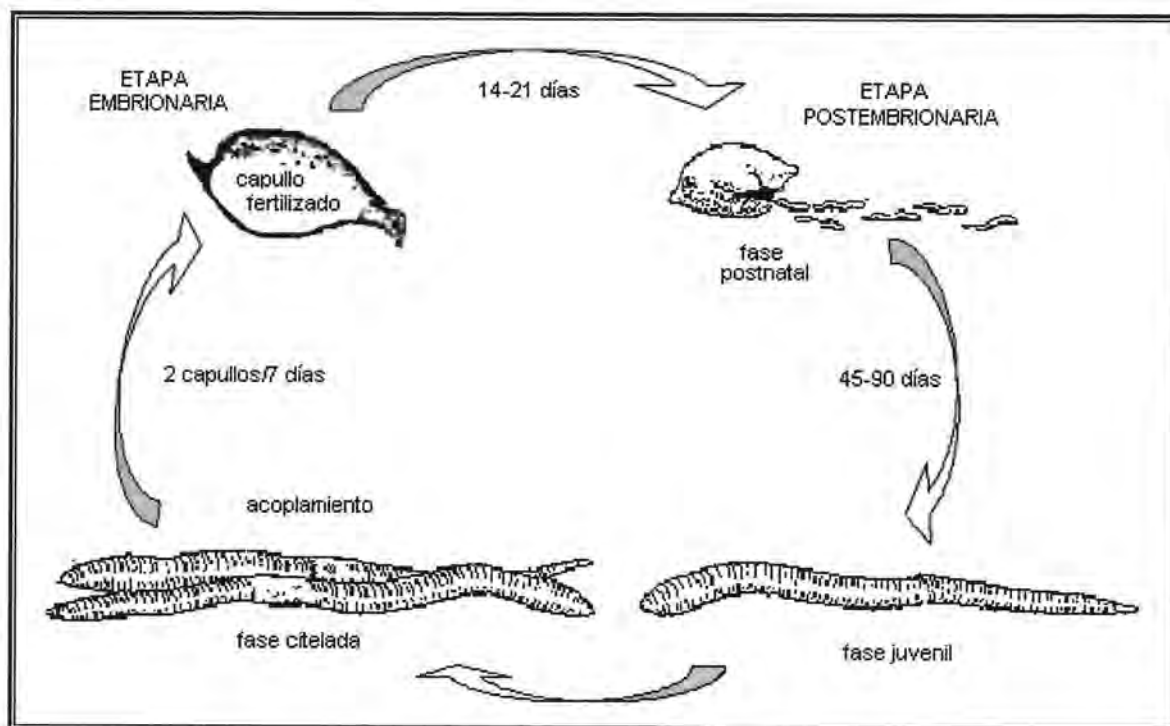


Figura 3.9 Ciclo de vida la lombriz *Eisenia foetida* (Abono ecológico Don Manuel, <http://www.donmanuel.s5.com/cria2.htm>).

## **2.7 Depredadores de las lombrices.**

La mayor parte de los enemigos de las lombrices proliferan en el criadero por descuido del lombricultor.

A continuación se presentan los principales enemigos de las lombrices:

Ciempis y coleópteros: En principio estos insectos no deben considerarse peligrosos para la lombriz ya que no la atacan directamente, sin embargo estos se nutren a partir de las grasas y de los azúcares presentes en la alimentación de las lombrices, se hace necesario proteger a la lombriz de la acción de estos insectos debido a que compiten por alimento.

Hormigas: Estos insectos compiten por alimento y a veces matan a las crías de las lombrices. Además provocan la inhabilidad de la lombriz.

La mayoría de los medios para el control de los insectos se basa en el uso de productos químicos. Dentro de la gama de insecticidas que actualmente se usan, los más recomendados son aquellos que tienen la característica de ser efectivos solamente por un período de tiempo -que puede variar desde unas horas hasta algunos meses- y después volverse inactivos y biodegradarse en compuestos no contaminantes.

En el caso en que sea necesario usar un insecticida deberán extremarse los cuidados. Los insecticidas, deberán aplicarse solamente alrededor del vermicompostero y no directamente sobre ella. La aplicación deberá hacerse cuando menos a 60 cm. de distancia del borde del vermicompostero (Mejores cosechas, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema1/tema1a.htm>)

Ratas y ratones: En general, tanto grandes como chicas, sólo llegan a constituir un problema cuando presenta un número considerable ya que además de competir por alimento perturban el hábitat (Granados Magaña *et al.*, 1997).

Como medida preventiva para eliminar las ratas y ratones se emplearán desratizaciones en puntos estratégicos de las instalaciones y además de medidas higiénicas (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

Planaria: Es la plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices. La planaria puede medir de 5 a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color 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 el interior de la lombriz hasta matarla.

Esta plaga se controla con un buen manejo del sustrato regulando el pH de 7.5 a 8. En pH bajos las planarias se desarrollan y comienzan su actividad de depredador natural de las lombrices (Lombricultura, <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>).

Pájaros: Casi todos son carnívoros y buscan las lombrices por la facilidad con la que se pueden capturar. Aunque no las vean superficialmente remueven con el pico y las patas el suelo o bien los lechos de cultivo siendo estos últimos donde podrán causar grandes pérdidas al lombricultor.

Siendo la medida de control más eficaz cubrir los lechos con malla sombra colocada directamente sobre ellos. Haciendo lo anterior, se obtienen dos beneficios importantes: por una parte, se protege la explotación del ataque de los pájaros y, por la otra, la malla da al lecho una sombra y una frescura muy grata en la época de calor. Esto reduce la evaporación y ayuda a mantener



una tasa relativamente constante de humedad (Mejores cosechas, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema1/tema1a.htm>).

Topos: Constituye un enemigo acérrimo de la lombriz ya que es una buena fuente de alimentación para él. La presencia de éstos animales en las explotaciones de lombrices puede constituir una de las principales fuentes de perjuicio para el lombricultor, ya que en pocos días puede devorar toda la población (Lombricultura, <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>, Granados Magaña et al., 1997.).

No se debe usare ningún tipo de veneno; deberá, recurrirse a la utilización de trampas que no lastimen al animal u otros medios de este tipo en las principales vías de acceso a la explotación. También puede controlar a los topos protegiendo los lechos con malla galvanizada de calibre 20 o bien, con malla desplegada de acero del mismo calibre. El procedimiento consiste en armar con la malla una cerca o cajón que rodee todo el lecho. Este cajón debe tener al menos 15 cm. de altura para evitar que los topos, las ratas o los ratones puedan saltarlo (Mejores cosechas, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema1/tema1a.htm>).

Sapo: Animal muy común en el campo, también es carnívoro y encuentra en la lombriz un alimento alternativo a su comida constituida normalmente por moscas y mosquitos.

El hombre: El cual en el pasado las eliminaba creyéndola un ser nocivo que mataba las plantas devorándose sus raíces; en la actualidad a pesar que se conocen las virtudes de este animal el hombre las elimina involuntariamente con el uso desmedidos de productos de uso común y reiterado, tales como insecticidas, herbicidas y fertilizantes químicos (Granados Magaña et al., 1997).

### **3.4 Patologías.**

La lombriz es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como síndrome de Gozzo ácido o síndrome Proteico, provocada por la presencia de un elevado contenido de sustancias ricas en proteínas no transformadas en alimento por las lombrices. Estas sustancias proteicas en exceso favorecen la proliferación de microorganismos, cuya actividad genera gases y provoca un aumento de la acidez del medio. Las lombrices ingieren los alimentos con una excesiva acidez que no llega a ser neutralizada por sus glándulas calcíferas. Por tanto se produce la fermentación en el buche y en el ventrículo provocando su inflamación. Los síntomas más frecuentes suelen ser el abultamiento de la zona clíterar, coloración rosada o blanca de las lombrices y una disminución generalizada de su actividad (Lombricultura, <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>).

Como medida de control se debe remover la tierra para favorecer la oxigenación y la aplicación de elevadas dosis de carbonato cálcico (INFOAGRO, <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2>).

---

## CAPITULO IV. METODOLOGIA

### 4.1 Material, equipos y organismos.

Un agente importante en cualquier metodología es la factibilidad en cuanto al material y equipo se requiere, Para llevar acabo esta biotecnología no es necesario material y equipo especial, es requerido equipo común de jardinería sin embargo para el monitoreo del medio de las lombrices si es necesario equipo para el análisis de suelos.

#### 4.1.1 Anélido utilizado.

- Lombriz *Eisenia foetida*, denominado comúnmente “lombriz roja californiana”. Los anélidos fueron facilitados por SEMARNAT, Campeche.

#### 4.1.2 Residuos orgánicos para composteo.

- Residuos Orgánicos de la Cafetería
- Residuos de Jardinería
- Hojas secas de los patios de la UQROO.

#### 4.1.3 Material y equipo para composteo y vermicomposteo.

- Bitácora
- Bolsas de plástico
- Botes de basura
- Carretilla
- Guantes
- Pala

- Rastrillo
- Regadera
- Trituradora:

#### 4.1.4 Instrumentos.

Los instrumentos utilizados en las mediciones de las variables de crecimiento y para realizar los análisis del medio se detallan a continuación:

- Báscula digital: con un máximo de 80 kg
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g
- Medidor de pH
- Termómetro de vidrio con escala de 263 K a 393 K (-10°C a 120°C)

#### 4.2 Infraestructura.

Los composteros y vermicomposteros utilizados para realización tesis se encuentran situados dentro de la Universidad de Quintana Roo (**figura 4.1**), a espaldas de la biblioteca Santiago Pacheco Cruz



Figura 4.1. Infraestructura.

Se cuenta con 2 pilas de composteo y 2 de vermicomposteo, todas cuentan con una tapa de mosquitero para evitar la entrada de fauna nociva principalmente de la entrada de moscas (**figura 4.2**).



Figura 4.2 Pilas de composteo y vermicomposteo

También se cuenta con techado de mallasombra que recubre las pilas, el cual reduce de forma significativa la incidencia de los rayos solares en el medio donde se desarrollan las lombrices siendo un factor limitante debido a que estos animales son fotosensibles (**figura 4.3**).



Figura 4.3 Techado de mallasombra

Las dimensiones de las pilas son de 1.73 de ancho, 2 m de largo y 50 cm de alto, con una pendiente de 2% grados para el debido funcionamiento del desagüe evitando de esta manera inundaciones. En la **figura 4.4** se muestra un croquis de esta infraestructura.

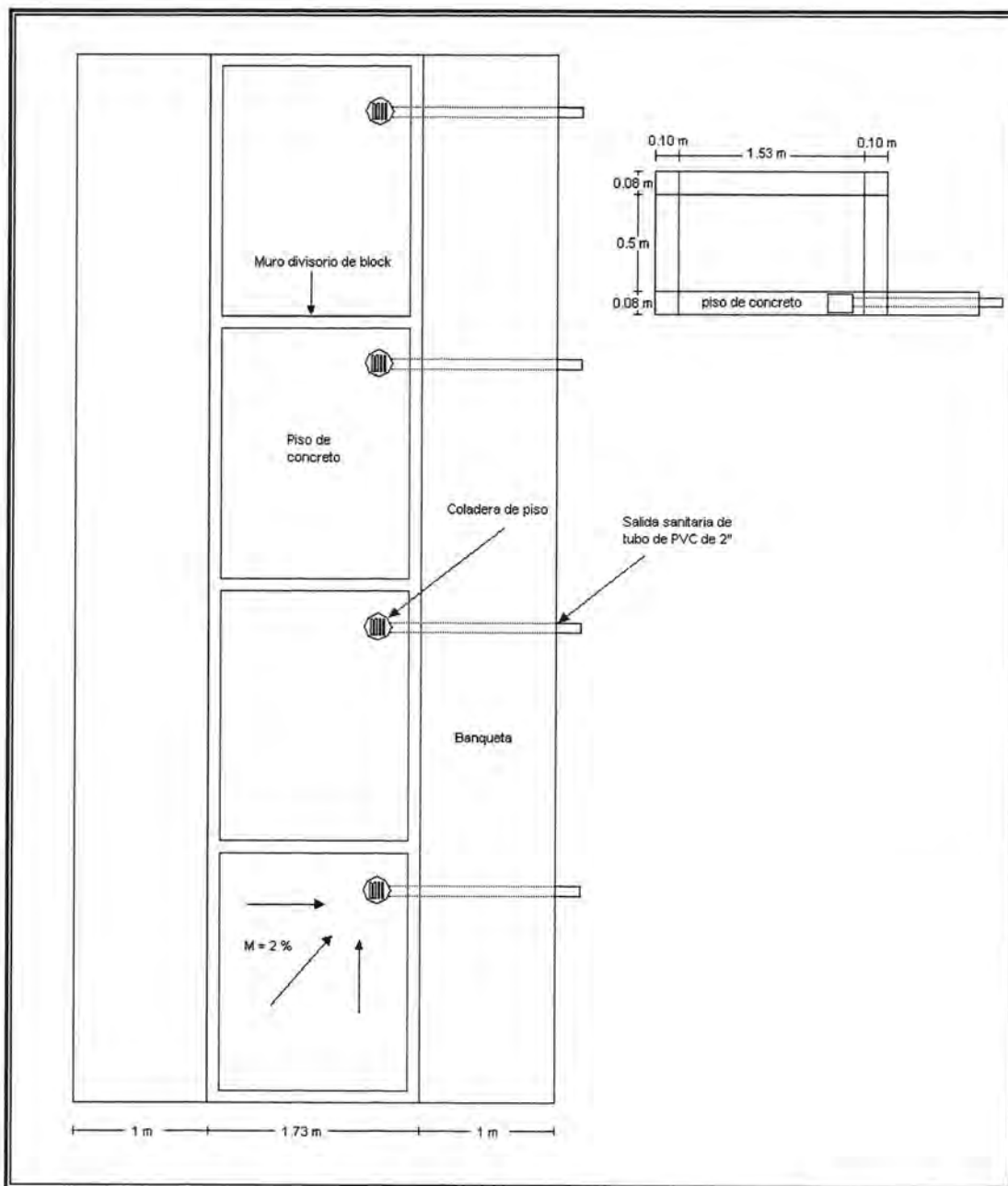


Figura 4.4 Croquis de las pilas de composteo y vermicomposteo.

Por último, como se mencionó en un principio, el factor agua es fundamental en el desarrollo de este tipo de proyectos, en un principio se carecía de este servicio, actualmente no es una limitante (**figura 4.5**)



Figura 4.5 Conexión de agua potable.

### 4.3 Metodología.

Para el desarrollo del vermicomposteo se debe de contar con elementos básicos como el agua, los residuos orgánicos, lombrices específicas. La parte más importante de un proyecto productivo es el diseño, el cual está en función de las necesidades del productor, sus objetivos y su capital; además está en función de las características propias de la zona para el buen funcionamiento del mismo (Martínez Cerdas *et al.*, 2000).

Evalrados los factores anteriores se diseña el proyecto considerando cuatro fases o etapas de desarrollo:

1. Precomposteo (Fase 1)
2. Siembra de la lombriz (Fase 2)
3. Proceso de transformación (Fase 3)
4. Cosecha (Fase 4)

En la **figura 4.6** se muestra un diagrama el cual es un resumen de todo el proceso llevado a cabo.

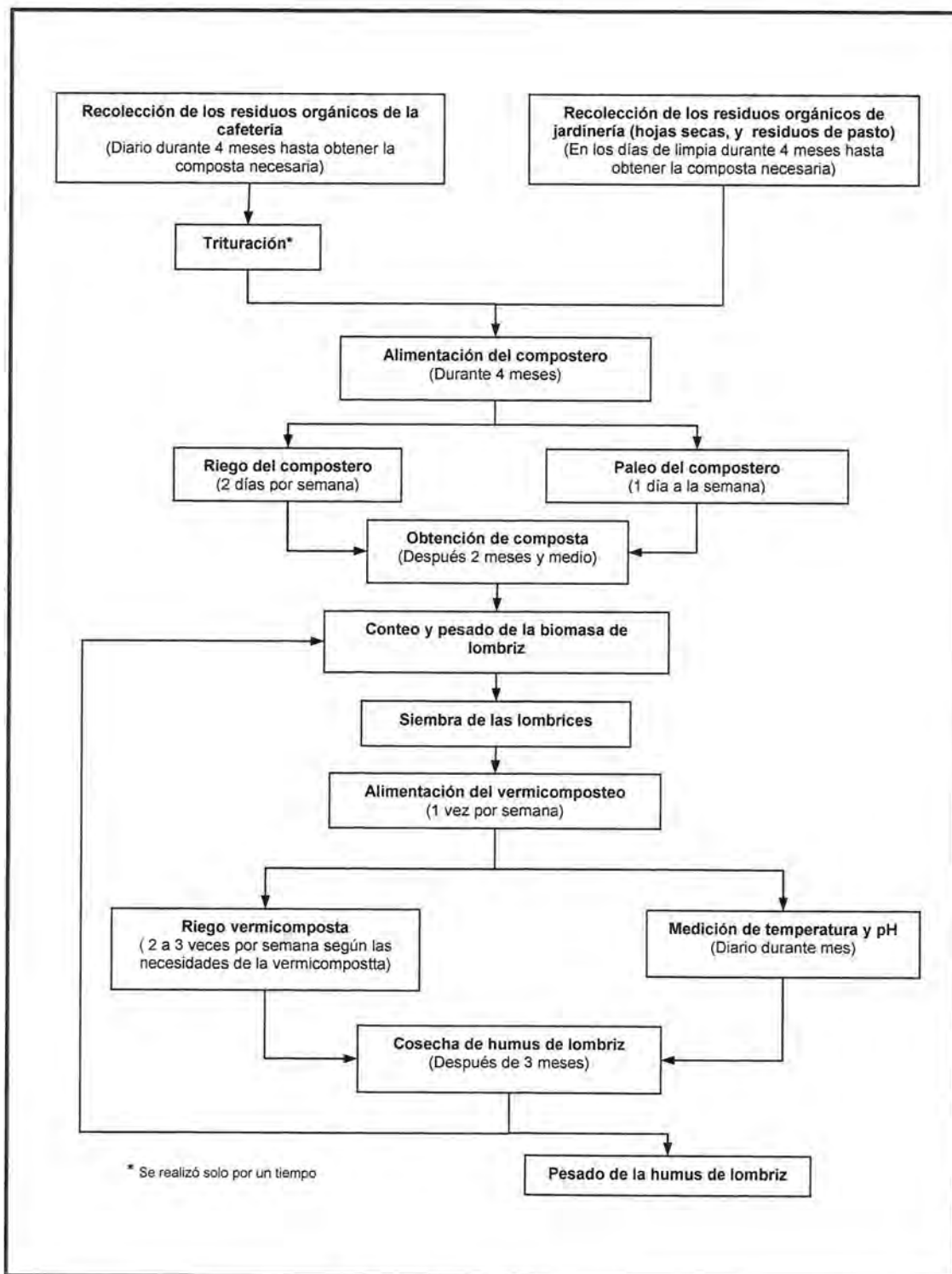


Figura 4.6 Diagrama del proceso.



### **4.3.1 Precomposteo.**

Es la fase en la cual se estabiliza el desecho a utilizar, de ella depende el éxito del proyecto, la estabilización de este se llevo a cabo por medio de un composteo aerobio. Un mal manejo de desecho al inicio retarda la reproducción de la lombriz y el proceso como tal (Martínez Cerdas *et al.*, 2000).

#### **4.3.1.1 Recolección de los residuos orgánicos de la cafetería.**

Se recolectaron diariamente los residuos orgánicos de la cocina de la cafetería para verterlos posteriormente en el compostero. Para esto se colocó un bote de basura en la cocina con la leyenda "residuos orgánicos" (**figura 4.7**), se le indicó al personal los tipos de residuos orgánicos que verterían en el bote, principalmente los residuos de café, tortilla, pan y cáscaras de frutas y verduras, (**figura 4.8**) de la misma forma se les indicó el tipo de residuos que deberían omitir, como carne, huesos, caldos de comida y grasas, ya que son de difícil degradación y despiden olores desagradables durante su descomposición, atrayendo fauna nociva como moscas, perros y ratones, además de que pueden contener agentes patógenos.

Para esta actividad fue necesaria la utilización de bolsas de plástico y dos botes, los residuos colectados en este bote fueron transferidos a un segundo bote para ser transportados al laboratorio de suelos en donde se pesaron y se registró en la bitácora.



Figura 4.7 Ubicación del bote de basura en la cocina.



Figura 4.8 Contenido de materia orgánica del bote.

#### 4.3.1.2 Recolección de los residuos de jardinería.

Para la recolección de los residuos de jardinería fue necesario el siguiente material: guantes, carretilla y bolsas de plástico.

Se ubicaron los lugares en donde los jardineros de la Universidad realizaron labores de limpieza para posteriormente realizar la recoja de los residuos. Es importante señalar que esta actividad se llevo de manera aleatoria tanto en tiempo como espacio debido a que no se tuvo días fijos de recolecta ni lugares

específicos para realizar esta, llevando a cabo la recolecta de residuos de jardinería en los periodos de limpia de los patios de la Universidad.

Los residuos de la cafetería y los de jardinería se trasladaron al laboratorio para su pesado y registro en la bitácora.

#### **4.3.1.3 Trituración de los residuos.**

En un principio se llevó a cabo la trituración de los residuos, sin embargo esta fue la actividad mas pesada en todo el proceso debido a la peligrosidad, al tiempo requerido, a falta del espacio para este proceso, además de no contar con el equipo de trituración adecuado en cuanto a dimensiones y capacidad, conjuntamente a la peligrosidad que implica trabajar con este tipo de equipos.

Por otra parte este proceso se dejo de efectuar debido a que no se obtuvieron los resultados esperados, ya que se empezó a generar un ambiente anaerobio en los composteros aerobios, debido a la compactación de la composta, así como problemas de lavado de materia orgánica cuando el compostero sufría inundaciones.

#### **4.3.1.4 Alimentación del compostero.**

Una vez recolectados los residuos orgánicos son transportados y vertidos en el compostero (**figura 4.9**).

#### **4.3.1.5 Paleo y riego de los composteros.**

El paleo se realizó un día a la semana, y se efectúa para remover la composta, con el objetivo de que exista una mayor aeración y por ende una descomposición más rápida, así mismo evita un ambiente anaerobio en el compostero y por tanto los malos olores y el crecimiento de moscas y otros

insectos, esto se lleva a cabo con una pala, no existe técnica de paleo específica, el objetivo es dejar siempre homogénea la composta, rotando las capas inferiores y superiores de tal manera que la capa inferior pase a la superior y viceversa (figura 4.10).

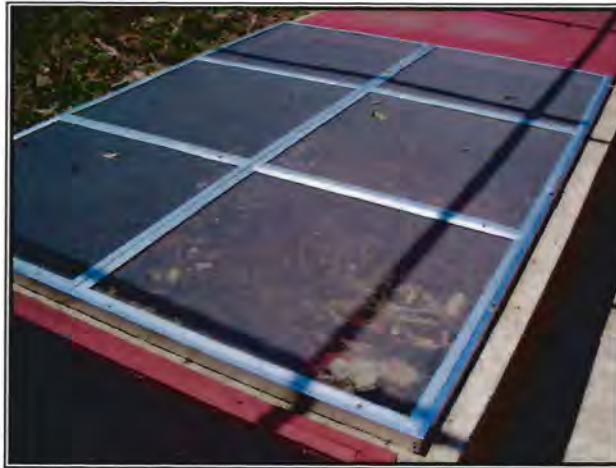


Figura 4.9 Compostero en donde se depositaban los residuos orgánicos.



Figura 4.10 Paleo de la composta.

El riego es un factor importante en el precomposteo debido a que con este se controla la humedad y la temperatura, parámetros importantes para la fabricación de composta. Los composteros de la universidad en un principio no contaban con el servicio de agua potable para el riego, así que este se realizaba una vez a la semana debido a que era necesario el acarreo de agua por medio de

cubetas, el agua era almacenada en unos depósitos de plástico encontrados en la bodega. Ahora se cuenta una toma de agua potable que conjunto con una manguera facilitan el riego, aumentando la frecuencia de este a dos días por semana.

#### 4.3.1.6 Obtención de la composta.

Una vez establecido los periodos de riego, paleo y alimentación solo es necesaria la espera a la transformación de estos residuos orgánicos a "composta". La espera fue de aproximadamente 2 meses y medio, ya que las propiedades de la composta sean la adecuada para la degradación por las lombrices, esta debe ser color oscuro, con una humedad del 80%, temperatura ambiente y un pH cercano al neutro (**figura 4.11**).



Figura 4.11 Composta resultante del proceso.

#### 4.3.2 La siembra de la lombriz.

Encontrándose el desecho en su punto óptimo de la fase 1 se tienen las condiciones favorables para la siembra de la lombriz. El desecho deberá colocarse en el lugar definitivo donde trabajará la lombriz antes de realizar la siembra. El pie

de cría debe de llevar lombrices de todas las edades, pero principalmente que estén iniciando la etapa reproductiva, también debe de contener capullos.

El pie de cría utilizado fue donado por personal de la SEMARNAT de la delegación de Campeche, en donde esta actividad esta en pleno desarrollo.

Antes de colocar las lombrices en la vermicomposta, se realizó un conteo de las lombrices que estarían destinadas a habitar ese lugar con el fin de tener un control del número de individuos al inicio y al final del proceso y determinar el incremento poblacional. Se tomó aproximadamente la mitad del sustrato y biomasa disponible, esto con el propósito de tener una población de reserva en caso de algún inconveniente.

La población de reserva fue colocada en una caja de madera de 70 cm de largo, 30 de ancho y 30 de alto, esta caja se colocó dentro del laboratorio de suelos en condiciones de temperatura favorables debido a que este laboratorio cuenta con aire acondicionado. Así mismo se le colocó una malla de mosquitero para evitar el acceso de moscas y depredadores (**figura 4.12**)



Figura 4.12 Población de reserva.

Las lombrices a trasladar fueron separadas de su medio, colocándolas en un recipiente de vidrio, que contaba en su interior con papel higiénico húmedo, el

cual fue un medio provisional, facilitando así el manejo a la hora del conteo y pesado, además de mantener a las lombrices húmedas evitando su muerte (**figura 4.13**). Las lombrices se mantuvieron ahí por un periodo de dos horas mientras se efectuaban los análisis correspondientes.



Figura 4.13 Lombrices separadas de su medio.

Se realizó el conteo de la población inicial, así mismo se contabilizó la población adulta y juvenil (**tabla 4.1**), se procedió a la determinación del peso de la población inicial de lombrices, el recipiente con las lombrices fue pesado antes y después de contener a estas, así por diferencia de pesos se registró la biomasa total (**tabla 4.2**).

Tabla 4.1 Identificación de adultas y juveniles.

NÚMERO DE LOMBRICES	
ADULTAS	29
JUVENILES	242
<b>TOTAL DE LOMBRICES</b>	<b>271</b>

Tabla 4.2 Determinación de la biomasa total inicial

PESADO DE LOMBRICES	
PESO DEL RECIPIENTE + PAPEL HÚMEDO	227.40 g
PESO DEL RECIPIENTE + PAPEL HÚMEDO + PESO DE LOMBRICES	295.09 g
<b>PESO DE LOMBRICES</b>	<b>67.69 g</b>

Una vez contabilizadas y pesadas, las 271 lombrices fueron trasladadas hacia los composteros en donde fueron vertidas y alimentadas con el sustrato obtenido del compostero (**figura 4.14**).



Figura 4.14 El vermicompostero.

#### 4.3.3 El proceso de transformación.

La fase de transformación inicia posterior al reconocimiento que hace la lombriz al desecho y se acelera conforme se incrementa la densidad poblacional. A mayor cantidad de individuos menor el tiempo de transformación, factor de gran importancia en un proyecto con fines comerciales.

Durante el proceso de transformación se toma en cuenta las siguientes condiciones para el óptimo desarrollo de las lombrices:

Humedad: Es el factor primordial debido a que la lombriz no tiene movilidad cuando no hay agua, el 90% de su cuerpo es agua. La humedad recomendada en las camas de producción debe de oscilar entre 75 y 80% (Martínez Cerdas et al., 2000).



Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz, por otro lado el exceso de humedad origina inundación y una oxigenación deficiente (Introducción a la lombricultura, estrucplan On Line, <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=546>).

Temperatura: El desecho al momento de ser entregado a la lombriz debe de presentar una temperatura de 25 °C, que se logra con la estabilización de los desechos. En algunos casos y dependiendo de la disponibilidad de tiempo es necesario adicionar agua y aire, lo que da como resultado un mayor o menor tiempo (Martínez Cerdas et al., 2000).

pH: El grado de acidez adecuado para la supervivencia y reproducción de las lombrices oscila entre 6 y 8, considerándose ideal el neutro o cercano al 7. Un grado mayor o menor puede ocasionar la muerte al animal. El pH óptimo se alcanza en un corto tiempo siempre y cuando el precomposteo se desarrolle satisfactoriamente (Martínez Cerdas et al., 2000).

Aireación: Finalmente no se puede olvidar la importancia que tiene la aireación durante la fase de precomposteo de los residuos que serán utilizados en la alimentación de las lombrices. Su fermentación debe ser aeróbica, de lo contrario se puede ocasionar daño a la lombriz. La aireación es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices, si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación (Introducción a la lombricultura, estrucplan On Line, <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=546>).

En zonas con poca cantidad de agua la aireación juega un papel importante permite bajar la temperatura evitando así las altas temperaturas (Martínez Cerdas et al., 2000).

#### **4.3.3.1 Alimentación del vermicompostero.**

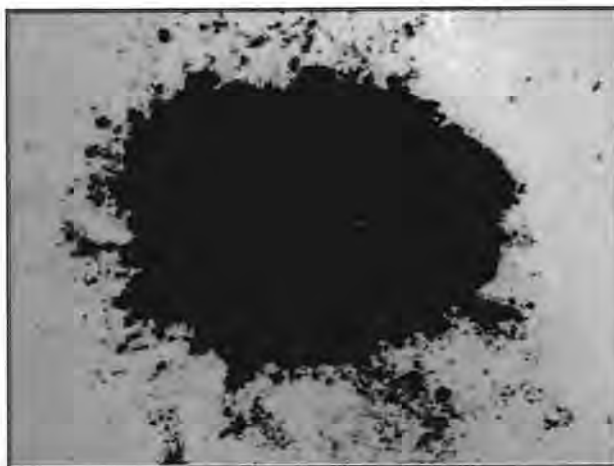
La alimentación al vermicompostero se realizó una vez por semana, tiempo suficiente para que las lombrices degraden el sustrato, esta actividad consintió en el vertido de la composta obtenida del compostero 1, esparciendo una capa de 3 a 5 cm de dicho sustrato, con el fin de que las lombrices vayan subiendo de capa en capa conforme se les alimenta.

#### **4.3.3.2 Riego de la vermicomposta.**

El riego de la vermicomposta, se realizó de forma similar al de la composta pero de manera mas frecuente, de 2 a 3 veces por semana debido a la mayor necesidad de humedad de las lombrices.

#### **4.3.4 Cosecha del humus de lombriz.**

Concluida la fase de transformación, el periodo de espera fue de 3 meses, al concluir este lapso de tiempo el humus de lombriz resultante estuvo en condiciones de ser cosechado como abono, razón por la cual fue necesario separar a las lombrices (**figura 4.15**).



**Figura 4.15** Muestra del humus de lombriz obtenido.

En el caso de esta tesis la cosecha se realizó de manera manual con la finalidad de hacer un conteo de las lombrices para tener un estimado acerca de su reproducción, de manera contraria la cosecha se pudo haber realizado mediante la colocación de trampas.

## CAPITULO V. RESULTADOS OBTENIDOS

### 5.1 Recolección de residuos.

#### 5.1.1. Recolección de los residuos orgánicos de la cafetería.

En la recolección de los residuos de la cafetería se obtuvo el siguiente registro (**tabla 5.1** y **tabla 5.2**):

Tabla 5.1 Recolección de los residuos de la cafetería (2004).

RECOLCECCIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CAFETERÍA (2004)	
FECHA	PESO (kg)
27/08/2004	13.200
02/09/2004	40.210
03/09/2004	22.020
07/09/2004	29.250
08/09/2004	0.620
09/09/2004	31.115
11/09/2004	11.210
13/09/2004	23.980
14/09/2004	13.070
15/09/2004	13.600
22/09/2004	46.200
29/09/2004	12.000
30/09/2004	10.600
01/10/2004	10.445
05/10/2004	29.200
06/10/2004	10.920
07/10/2004	5.665
08/10/2004	11.580
12/10/2004	15.310
13/10/2004	14.600
19/10/2004	12.060
<b>TOTAL</b>	<b>376.855</b>

\* Es importante señalar que en el 2004 nos se llevo la recolección diaria.

Tabla 5.2 Recolección de los residuos de la cafetería (2005).

RECOLCECCIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CAFETERÍA (2005)		RECOLCECCIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CAFETERÍA (2005)	
FECHA	PESO (kg)		
27/01/2005	4.300	30/03/2005	4.320
28/01/2005	7.450	31/03/2005	3.000
01/02/2005	5.200	04/04/2005	5.420
02/02/2005	4.000	05/04/2005	8.700
03/02/2005	5.210	06/04/2005	8.520
08/02/2005	2.300	07/04/2005	7.500
09/02/2005	3.600	08/04/2005	5.850
10/02/2005	6.300	11/04/2005	3.240
11/02/2005	10.300	12/04/2005	5.250
13/02/2005	6.300	13/04/2005	7.080
14/02/2005	9.840	14/04/2005	9.840
17/02/2005	3.450	15/04/2005	6.300
18/02/2005	6.700	<b>18/04/2005</b>	<b>2.120</b>
21/02/2005	2.400	19/04/2005	6.625
<b>22/02/2005</b>	<b>10.360</b>	20/04/2005	7.630
23/02/2005	8.900	21/04/2005	5.340
24/02/2005	7.220	25/04/2005	7.400
25/02/2005	6.450	26/04/2005	6.325
25/02/2005	7.465	27/04/2005	11.260
10/03/2005	3.300	28/04/2005	10.151
11/03/2005	8.030	29/04/2005	6.640
15/03/2005	4.640	03/05/2005	5.200
16/03/2005	6.200	<b>TOTAL</b>	<b>289.706</b>
17/03/2005	6.080	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.298 kg/día</b>

\* Se señala con letras negrita los días en los cuales se registro el mayor y menor peso de residuos sólidos.

Es importante señalar que no se recolectaron diariamente los residuos orgánicos del periodo final de 2004, sin embargo en el 2005 con el fin de obtener un promedio de los residuos generados por día se recolectó diariamente (ver figura 5.1).

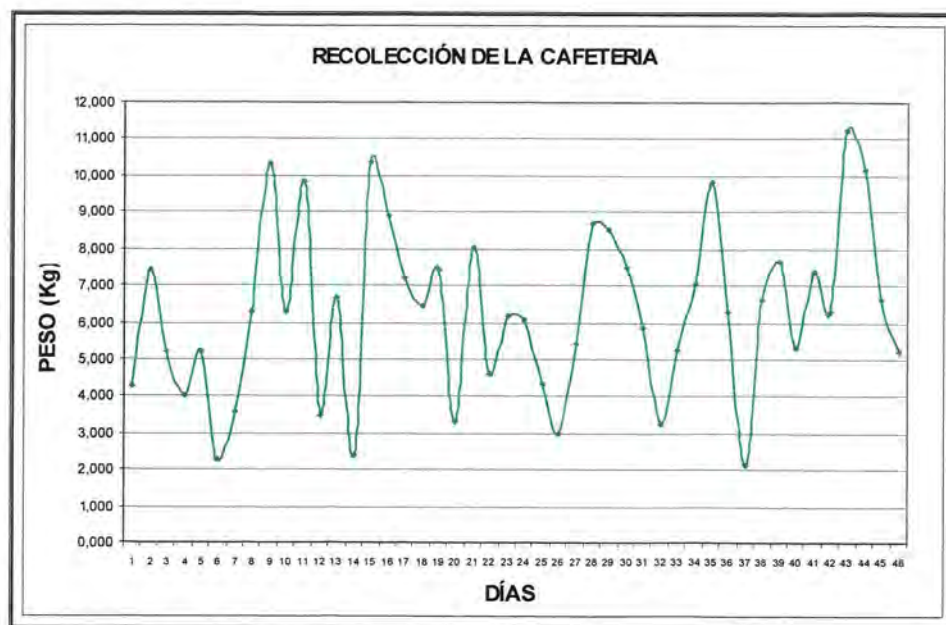


Figura 5.1. Variación de la generación diaria de los residuos orgánicos de la cafetería.

### 5.1.2. Recolección de los residuos de jardinería.

Los residuos de jardinería recolectados se registraron como sigue a continuación (tabla 5.3).

Tabla 5.3. Recolección de los residuos de jardinería (2004)

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE JARDINERIA (2004)	
FECHA	PESO (Kg)
26/08/2004	4.700
27/08/2004	5.200
02/09/2004	6.565
14/09/2004	17.220
21/09/2004	12.000
26/10/2004	3.800
28/10/2004	16.700
29/10/2004	41.900
04/11/2004	23.500
<b>TOTAL</b>	<b>131.585</b>

\* Se muestran los días y pesos en Kilogramos de los residuos de jardinería, a diferencia de los residuos obtenidos de la cafetería, la recolección de estos residuos no se realizó de manera diaria debido a que su generación se daba en los días de limpia.

## 5.2. Alimentación total de los composteros.

Se llevó un registro de alimentación (**tabla 5.4**).

Tabla 5.4. Alimentación total del compostero.

ALIMENTACIÓN DEL COMPOSTERO	
	PESO (kg)
ALIMENTACIÓN CON RESIDUOS DE JARDINERÍA (2004)	131.585
ALIMENTACIÓN CON RESIDUOS DE CAFETERÍA (2004)	376.855
<b>ALIMENTACIÓN TOTAL DE COMPOSTERO</b>	<b>508.440</b>

## 5.3 Determinación de parámetros.

### 5.3.1 Medición de la temperatura en la vermicomposta.

Para llevar un control de las condiciones ambientales en el vermicompostero se realizó la medición de la temperatura utilizando un termómetro de bulbo el cual fue insertado en el vermicompostero a una profundidad de 5 cm, como lo muestra la **figura 5.2**.



Figura 5.2. Medición de la temperatura.

La medición de temperatura se efectuó de lunes a viernes durante un mes, se observaron aumentos de temperatura hasta los 28 °C y la temperatura mas

baja registrada fue de 25 °C, ver **tabla 5.5**. Con esta acción se controla de manera indirecta la necesidad del riego de la vermicomposta, la lombriz *Eisenia foetida* resiste temperaturas hasta de 42 °C, de esta manera si la temperatura se aproxima a los 42 °C se indica una necesidad de riego urgente.

**Tabla 5.5.** Temperaturas en el vermicompostero.

FECHA	TEMPERATURA (°C )
04/04/2005	26
05/04/2005	27
06/04/2005	26
07/04/2005	26
08/04/2005	26.5
11/04/2005	27
<b>12/04/2005</b>	<b>28</b>
<b>13/04/2005</b>	<b>28</b>
14/04/2005	27
17/04/2005	27
<b>18/04/2005</b>	<b>25</b>
19/04/2005	27
20/04/2005	26
21/04/2005	27
22/04/2005	27
25/04/2005	27
<b>26/04/2005</b>	<b>28</b>
<b>27/04/2005</b>	<b>28</b>
28/04/2005	27
29/04/2005	27
<b>03/05/2005</b>	<b>28</b>
04/05/2005	27
<b>PROMEDIO</b>	<b>26.95</b>

\* Se muestra en letra negrita las temperaturas extremas medidas durante el mes.

### 5.3.2 Determinación del pH de la vermicomposta.

La determinación del pH de la vermicomposta se realizó dos veces por semana utilizando el método establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-25-1984 (PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SÓLIDOS-DETERMINACION DEL pH-METODO POTENCIOMETRICO).



Se obtuvieron los siguientes resultados (**tabla 5.6**)

**Tabla 5.6.** Medición del pH de la vermicomposta.

FECHA	pH
17/02/2005	6,41
24/02/2005	7,24
10/03/2005	7,93
28/03/2005	7,57
05/04/2005	7,57
07/04/2005	7,52
12/04/2005	7,60
14/04/2005	7,57
21/04/2005	7,49
26/04/2005	7,40
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.43</b>

#### 5.4 Cosecha y conteo final de lombrices.

El conteo final de la población de lombrices se llevó a cabo en el momento de la cosecha. Las lombrices fueron extraídas de forma manual y contabilizadas al mismo tiempo, como en el conteo inicial se tomó en cuenta la población adulta y la juvenil, con fines de comparación (**tabla 5.7**), de la misma forma se determinó su biomasa (**tabla 5.8**).

**Tabla 5.7.** Comparación de la población inicial y final de las lombrices.

CONTEO INICIAL DE LOMBRICES		CONTEO FINAL DE LOMBRICES	
ADULTAS	29	ADULTAS	381
JUVENILES	242	JUVENILES	2188
<b>TOTAL DE INDIVIDUOS</b>	<b>271</b>	<b>TOTAL DE INDIVIDUOS</b>	<b>2569</b>

**Tabla 5.8.** Biomasa de lombrices al inicio y al final del proceso de vermicomposteo.

PESADO DE LOMBRICES	
PESO INICIAL	67.69 g
PESO FINAL	612.98 g

El porcentaje de población adulta y juvenil determinada antes y después del proceso de vermicomposteo a pesar del aumento de población se mantiene a favor de la población juvenil en porciones similares en ambos casos, en las siguientes gráficas se observa con claridad dicha semejanza (**figura 5.3** y **figura 5.4**).

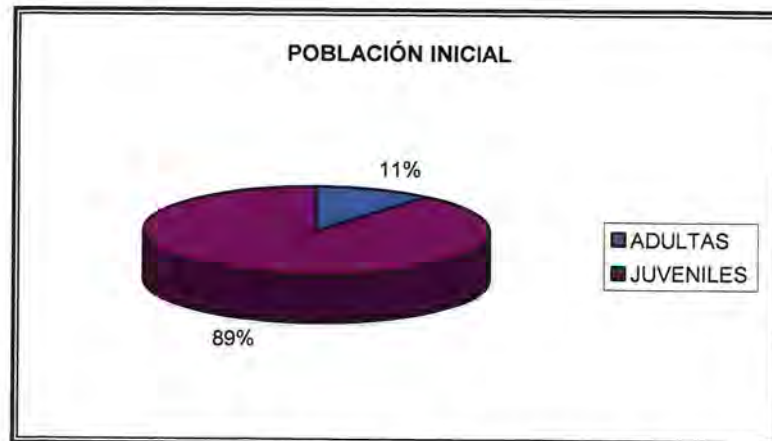


Figura 5.3 Porcentaje de la población juvenil y adulta al inicio del proceso

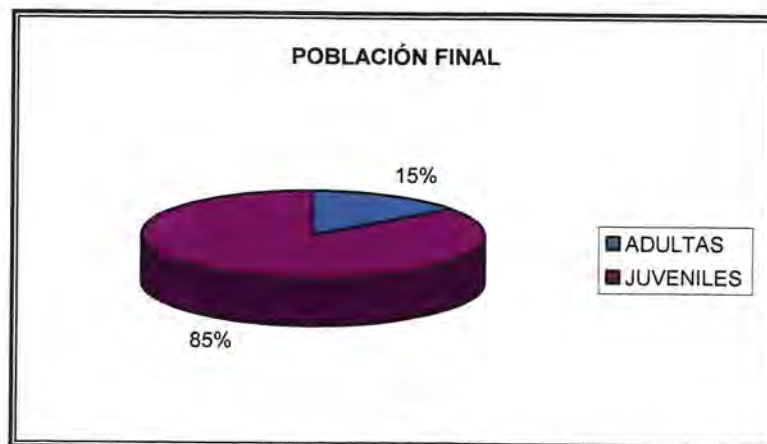


Figura 5.4 Porcentaje de la población juvenil y adulta al final del proceso

Una vez extraídas las lombrices se llevó a cabo el pesado del humus de lombriz resultante durante el proceso, el humus fue vertido un recipiente para poder ser pesado en una balanza analítica con capacidad de 100 Kg. Esto se muestra en la **figura 5.5**. Se realizaron dos pesadas debido a que el volumen

humus de lombriz fue mayor que la capacidad del recipiente, los resultados de esta se muestran en la **tabla 5.9**.

**Tabla 5.9.** Total del humus de lombriz producido.

Pesada 1	32.80 Kg
Pesada 2	48.32 Kg
<b>Total de humus de lombriz</b>	<b>81.12 Kg</b>



**Figura 5.5** Pesado total del humus de lombriz producido.

## **CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Los residuos orgánicos generados en la Universidad de Quintana Roo, son los suficientes como para llevar acabo un proyecto de vermicomposteo, ya que diariamente se produce un total aproximado de 7 kg de residuos alimenticios, lo que en un mes representaría aproximadamente un total de 210 kg y a la par se produce una gran cantidad de residuos de jardinería, los suficientes para poder obtener una cantidad significativa de vermicomposta.
- La Universidad de Quintana Roo cuenta además con el equipo necesario para llevar acabo la recolección de dichos residuos, también con el espacio suficiente para la disposición de éstos, infraestructura, herramientas, y con todo lo necesario para llevar acabo la metodología correspondiente.
- El número final de individuos en proceso de vermicomposteo es un parámetro de gran preocupación para cualquier tipo de biotecnología es el aumento de población ya sea para tratar cantidades mayores de residuos o para hacer el proceso de forma más rápida. Esta preocupación se desvaneció después de la realización del conteo final, donde se determinó que la población hasta ese entonces fue aproximadamente 9.5 veces mayor que la población inicial, esto indica el incremento en un 905.56 %, lo cual para un periodo de 3 meses es muy bueno, sin embargo, este aumento en el número de individuos pudo deberse a que no se contabilizaron los capullos y pudo haberse encontrado un número significativo de estos.
- Este gran aumento de población expresa una buena aceptación por el sustrato suministrado, sin embargo es necesario día con día mejorar el proceso y experimentar con diferentes concentraciones y tipos de sustrato.

- La reproducción exponencial de lombrices es un factor de gran ventaja ya que va relacionado con la rapidez con la que degradan el sustrato y lo convierte un humus de lombriz, por lo que el proceso se hace cada vez rápido.
- El pH registrado en la vermicomposta se mantuvo constante y dentro de los límites de tolerancia de la lombriz *Eisenia foetida* (entre 6 y 8, Martínez Cerdas et al., 2000), concluyendo que este factor no fue problema durante el proceso de vermicomposteo, sin embargo como se sabe al sobrepasar este rango de pH se presentan problemas de disminución de la población de lombrices, y al no corregirse a tiempo la pérdida de toda la población.
- De igual manera la temperatura en el vermicompostero se mantuvo constante, oscilando entre 25 y 28 °C, temperaturas por debajo de la temperatura máxima tolerada por la lombriz *Eisenia foetida* (42 °C). este factor al igual que el pH es muy importante en el desarrollo del vermicomposteo, sin embargo la temperatura a diferencia del pH, es fácil de controlar mediante el riego de la vermicomposta.
- Existen muchas formas para el mejoramiento del proceso de composteo, una de ellas es la trituración de los residuos de jardinería esto haría el proceso de degradación mucho más rápido al que se maneja actualmente, para ello es necesario el empleo de un trituradora de mayor tamaño y la capacitación para el uso de esta, otra forma de mejorar el proceso es el aumento del personal dedicado a este proyecto así como la asignación de actividades específicas.
- El método de riego de la vermicomposta es eficiente, sin embargo se podría experimentar implementado algún otro sistema de riego como el de riego por goteo, y verificar que el ambiente en la vermicomposta sea confortable para las lombrices, debido a que con el riego se controla prácticamente todo el sistema, ya sea humedad, pH y temperatura.

- Se recomienda el cambio del techo de mallasombra a techo de lona, de esta forma se bloquearan por completo los rayos solares en los vermicomposteros, sin embargo el cambio del techo implica una gran inversión debido al costo del material y a las dimensiones del techo.
- La recolección de residuos de jardinería es una de las actividades más pesadas de todo el proceso, debido al tamaño de la Universidad, para facilitar este trabajo, se recomienda el apilamiento de estos residuos por el personal de jardinería a un lado de los vermicomposteros y del centro de acopio del PMRS.
- El adecuado paleo de los composteros como se sabe es indispensable ya que además de crear un ambiente aerobio, se evita inundaciones por la obstrucción por residuos en la coladera de piso.
- Esta biotecnología es muy simple, sin embargo, en Quintana Roo no es muy utilizada, debido a su poca difusión y a la falta de la comercialización de las lombrices requeridas.
- El vermicomposteo es una de las biotecnologías que a gran escala es recompensada de forma monetaria, debido al alto valor proteínico del humus de lombriz y de la lombriz misma.
- En instituciones como lo es la Universidad de Quintana Roo, donde existe una generación de residuos orgánicos la técnica de vermicomposteo se convierte en una salida para estos residuos. Con este tipo de proyectos, el aprovechamiento de residuos es completo debido a que estos ya no son destinados al relleno sanitario local y el producto final puede ser utilizado para la venta o en su defecto para la utilización en sus jardines.

- El PMRS de esta Universidad se complementa con este proyecto, de esta forma se aprovecharán los residuos inorgánicos y orgánicos, pudiendo alentar a otras instituciones a la realización de proyectos similares, obteniéndose en un futuro la reducción de volumen, de fauna nociva y malos olores en rellenos sanitarios.

**ANEXO**



**SECRETARIA DE COMERCIO  
Y  
FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-25-1984**

**PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS  
SÓLIDOS-DETERMINACION DEL pH-METODO POTENCIOMETRICO**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL CONTAMINATION – SOLID RESIDUES-  
pH DETERMINATION-POTENTIOMETRIC METHOD*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

**PREFACIO**

En la formulación de esta norma participaron los siguientes organismos.

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

Dirección General de Estudios Prospectivos .

Dirección General de Programación de Obras y Servicios.

Comisión de Ecología.



## **1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

La presente norma establece el método potenciométrico para la determinación del valor del pH en los residuos sólidos. El cual se basa en la actividad de los iones hidrógeno presentes en una solución acuosa de residuos sólidos al 10%.

## **2. REFERENCIAS**

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NMX-AA-091 Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos-Terminología.

NMX-AA-052 Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Preparación de Muestras en Laboratorio para su análisis.

## **3. DEFINICIONES**

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Mexicana NMX -AA-091

## **4. APARATOS Y EQUIPO**

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g.
- Potenciómetro con compensador de temperatura, electrodo de vidrio y electrodo de referencia.
- Agitador magnético con magnetos recubiertos de teflón o agitador mecánico.

- Termómetro de vidrio con escala de 263 K a 393 K (-10°C a 120°C).
- Equipo usual de laboratorio.

## 5. MATERIALES Y REACTIVOS

- Solución amortiguadora de pH = 4.0
- Solución amortiguadora de pH = 11.0
- Solución amortiguadora de pH = 7.0
- Agua destilada.

## 6. OBTENCION DE LA MUESTRA

De la muestra preparada como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-052 se toman 20 g para realizar la determinación por duplicado.

## 7. PROCEDIMIENTO

- Calibrar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras de pH=4, pH=7 y pH=11, según sea el tipo de residuo sólido por analizar.
- Pesar 10 g de muestra y transferirlos a un vaso de precipitado de 250 cm<sup>3</sup>
- Añadir 90 cm<sup>3</sup> de agua destilada.
- Mezclar por medio del agitador durante 10 minutos
- Dejar reposar la solución durante 30 minutos.
- Determinar la temperatura de la solución. Sumergir los electrodos en la solución y hacer la medición de pH.
- Sacar los electrodos y lavar con agua destilada.
- Sumergir los electrodos en un vaso de precipitados con agua destilada.

- NOTA: Para el manejo y cuidados que se deben tener con el potenciómetro, es necesario seguir las indicaciones y recomendaciones del fabricante.

## **8. CALCULOS**

El valor del pH de la solución, es la lectura obtenida en la carátula del potenciómetro, cuando los electrodos se sumergen en ella.

## **9. REPRODUCCION DE LA PRUEBA**

La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuadas por duplicado no debe exceder de 0.1 unidades de pH, en caso contrario, repetir la determinación.

## **10. BIBLIOGRAFIA**

- "Análisis Químico de los Suelos", M.L. Jackson. Editorial Omega.
- Manual de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, D.D.F. 1976. México, D.F., 10 Diciembre 1984

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS.



LIC. HECTOR VICENTE BAYARDO MORENO.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- Callejas, C. Leal, E. Obreque, R. 1989. *Determinación de la composición química de la harina de lombriz (Eisenia foetida) y sus variaciones al usar como nutrientes excedentes agrícolas de la Novena Región*. Tesis conducente al título de profesor en Ciencias Naturales y Biología. Pontificia Universidad Católica de Chile Sede regional Temuco. 49 Pp.
- Basaure, P. 1995. "Lombricultura. Manual Técnico". Agroflor Lombricultura. Loncoche. Chile. 43 p.
- Benavides, K.; Vargas, C. 1989. Algunas consideraciones de carácter biológico y cuantitativo en *Eisenia foetida* alimentadas con sangre y contenido ruminal de vacuno. Tesis para optar al título de profesor de estado en Biología, Química y Ciencias Naturales. Universidad de la Frontera. Temuco. Chile. 74 p.
- Dalzell H.W. 1991. *Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*, Boletín de suelos No. 56. FAO, Roma. 178 Pp.
- Fonseca, R., Granado J. L., Alarcón R., Calas. E., y Tamayo V. 2001. *IV, Encuentro de Agricultura Orgánica*. Libro. Resumen, ACTAF. La Habana, Cuba. 300 Pp.
- Ferruzzi C. 1994. *Manual de Lombricultura*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. 138 Pp.

- 
- Fraire S.L., Flores, Q.M. 2001. *Manual de Agricultura Orgánica Sustentable*. Editorial Instituto Ezra Taft Benson Agriculture And Food Institute Brogham Young, University. Provo UTA, USA. 66. Pp.
- Fraire S.L., 2001. IV Encuentro Internacional de Agricultura Orgánica. Resumen. Ed. ACTAF, La Habana, Cuba. 311 Pp.
- Jadrijevic, et al, 1991. Utilización de la lombriz *Eisenia foetida* en la degradación del guano animal. II. Guano de bovino y caprino. Avances en producción animal N° 16 (1-2) pp. 189-201.
- Granados Magaña et al, 1997, *Manual de Lombricultura*, Curso-taller, UNCADER, Dirección general de educación Tecnológica Agropecuaria, SEP, STPS, 51 Pp.
- Labrador, J. 1997, *La materia orgánica en los agrosistemas*. Ministerio de Agricultura y Pesa. Mundi-Prensa. Madrid, España. 174 Pp.
- López Garrido, Francisco M. Vidal. 1975, *Basura Urbana: recogida, eliminación y reciclaje*, México, 243 Pp.
- Martínez Cerdas Claudia, Ramírez Farías Leonel, 2000, *Lombricultura y Agricultura sustentable*, Editorial Futura, Texcoco, México 236 Pp.
- Martínez, C, 2001. *Potencial de la Lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo*. II ed. Lombricultura Técnica Mexicana, Texcoco, Estado de México 200 Pp.
- Reines Álvarez M. et al 1998. *Lombrices de tierra con valor comercial "Biología y técnicas de cultivo"*, Universidad de Quintana Roo, México. 61 Pp.

- Rupert, E., Barnes, R. 1996. Zoología de los invertebrados. Sexta edición. Ed. McGraw- Hill Interamericana. México. 1135 p.
- Segovia, E., 1996, Análisis físico-químico de la harina de lombriz *Eisenia foetida*. [Tesis de licenciatura, Ingeniería]. Lima-Perú. Universidad Agraria La Molina. 105 Pp
- Storer, T., Usinger, R.; Stebbins, R.; Nybakken, J. 1982. Zoología General. Ed. OMEGA, S.A. Barcelona. España. 955 Pp.
- Velásquez, L., Herrera, C. 1985. Producción de proteínas, humus y otros productos a partir del anélido *Eisenia foetida*. Rev. Alimentos, Vol. 10, 41 Pp.
- Velásquez L, Herrera C, Ibáñez I., 1986 Harina de lombriz. I Parte: Obtención, composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. Rev. Alimentos; Vol. 11, pp. 15-21.
- Yague, J. L. 1987 La crianza de la lombriz roja. N 1/87 H. D. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España 129 Pp.
- Werner, M. 1990. Earthworm ecology and sustaining agriculture. Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, University of California. Vol. 1. (4).

**SITIOS EN INTERNET:**

Abono ecológico Don Manuel, <http://www.donmanuel.s5.com/cria2.htm>, 29 de Noviembre de 2004, 12:00 hrs.

Ácidos humicos, <http://www.cosmocel.com.mx/a-acido.htm>, 29 de Agosto de 2004 a las 20:00 hrs.

Agroconnection.com

<http://www.agroconnection.com.ar/specialites/S054A00311.htm> 21 de Octubre de 2004, 12:10 hrs.

Agroforestal San Remo C. A.

<http://www.agroforestalsanremo.com/lombricultivos.htm>, 29 de Noviembre de 2004, 20:41 hrs.

CONABIO, Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad  
<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfB051.pdf>, 22 de Agosto de 2005, 19:00 hrs.

EMISION, [www.emison.com/5132.htm](http://www.emison.com/5132.htm), 20 de Octubre de 2005, 14:16 hrs.

Humus de lombriz: El abono orgánico del futuro,  
<http://www.tattersall.cl/revista/Rev193/pan.htm>, 21 de Octubre de 2004, 13:10 hrs.

Introducción a la lombricultura, estrucplan On Line  
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=546>, 22 de Agosto de 2004, 18:20 hrs.

INFOAGRO,

<http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp#2.%20LA%20LOMBRIZ%20ROJA%20CALIFORNIANA>, 29 de Noviembre de 2004, 12:30 hrs.

La lombriz, <http://ferwo3.tripod.com/lom/id11.html>, 21 de enero de 2005, 14:15 hrs.

Lombrices Rojas, <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro.htm>, 29 de Noviembre de 2004, 6:16 hrs.

Lombricultivos, <http://lombricultivos.8k.com/lombricultivos.html>, 22 de Agosto de 2004, 18:00 hrs.

Lombricultura, experiencia de vermicomposteo en San Fernando, Chiapas, <http://www.laneta.apc.org/mexsursur/pcac/pcaclomb.htm>, 22 de Agosto de 2004, 16:30 hrs.

Lombricultura.cl <http://www.lombricultura.net/>, 19 de Octubre de 2004, 14:20 hrs.

Lombricultura, <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>, 13 de Octubre de 2004, 13:45 hrs.

Mejores cosechas, <http://www.cca.org.mx/ec/cursos/te012/tema1/tema1a.htm>, 29 de Noviembre de 2004, 7:00 hrs.

Monografías, <http://www.monografias.com/trabajos10/lombri/lombri.shtml>, 29 de Agosto de 2004, 17:40 hrs.

Ofertas agrícolas, <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/articulo/161>, 23 de Agosto de 2004, 16:30 hrs.



Plagas y enfermedades de las plantas, césped, jardín, huerta.  
<http://www.asocoa.com/buscaplagas.asp?PLAGA=46>, 16 de Octubre de 2004,  
12:20 hrs.

Sistema e-once noticias Internet, [http://oncetv-ipn.net/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt\\_fecha=2004-01-08&numnota=6](http://oncetv-ipn.net/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt_fecha=2004-01-08&numnota=6),  
28 de Septiembre de 2004, 20:00 horas.

Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana,  
<http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/vravovaras.html>, 19 de Octubre de 2005,  
14:10 hrs.