



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

COORDINACION DE POSGRADO E INVESTIGACION

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

LA LOMBRICULTURA COMO UNA ALTERNATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
ORGANICOS. CASO DE ESTUDIO "BARRIO DE SANTIAGUITO,
MUNICIPIO DE TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO INTEGRADO**



PRESENTA:

RAUL QUINTERO RODRIGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. ROSA LAURA MERAZ CABRERA



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 13:00 horas del día 21 del mes de Junio del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del CIEMAD-IPN para examinar la tesis de grado titulada:

La Lombricultura como Alternativa de Manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos.

Caso de Estudio, Barrio de Santiaguito, Municipio de Texcoco, Estado de México.

Presentada por el alumno:

Quintero
Apellido paterno

Rodríguez
materno

Raúl
nombre(s)

Con registro:

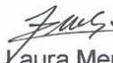
B	0	0	0	9	3	8
---	---	---	---	---	---	---

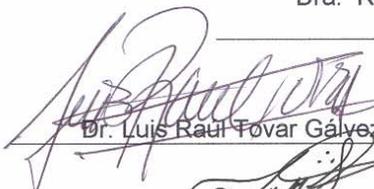
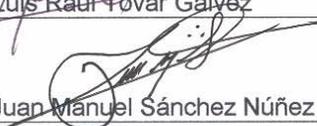
aspirante al grado de: Maestro en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado

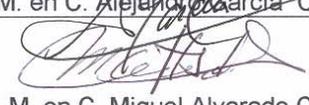
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

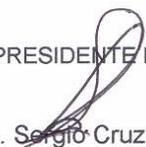
Director de tesis


Dra. Rosa Laura Meraz Cabrera


Dr. Luis Raul Tovar Galvez

M. en C. Juan Manuel Sánchez Núñez


M. en C. Alejandro García Camacho

M. en C. Miguel Alvarado Cardona


M. en C. María De la Luz Valderrábano Almegua

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Sergio Cruz León




INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

COORDINACION DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de México, el día 28 de julio del año 2004, el que suscribe Raúl Quintero Rodríguez, alumno del Programa de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado, con número de registro B000938 adscrito al CIEMAD, IPN, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección de la Dra. Rosa Laura Meraz Cabrera, y cede los derechos del trabajo intitulado; La lombricultura como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Caso de estudio "Barrio de Santiaguito", municipio de Texcoco, Estado de México, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben de reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: pimarqr@mexico.com / ciemad@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

AL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO
(CIIEMAD)
Hacedor de conocimiento

A LOS PROFESORES
Por el esfuerzo realizado en la formación de grandes profesionales

A LA DRA. ROSA LAURA MERAZ CABRERA
Por la dirección en la elaboración de la presente tesis

A ALMA DELIA ORTEGA MARTÍNEZ
Mi esposa y compañera que contribuyó con su paciencia y apoyo en
todo momento

A
RAÚL
ATZIN OMAR
MARCOS RODOLFO
DIEGO
Mis hijos que son el impulso para seguir adelante

ENRIQUE Y FRANCISCA
Mis padres, por su amor y apoyo incondicional

A
CELIA, PATRICIA, HIPÓLITO, HUGO, ROGELIA Y ELSA
Mis hermanos por su cariño

CONTENIDO

GLOSARIO	I
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.	4
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.4 APORTACIÓN DEL TRABAJO	9
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	9
CAPÍTULO 2.	11
2.1 IMPORTANCIA DE LAS LOMBRICES EN LA NATURALEZA	11
2.2 LA LOMBRICULTURA	12
2.3 <i>Eisenia foetida</i>	15
2.4 ALTERNATIVAS UTILIZADAS EN EL CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS	17
CAPITULO 3.	20
3.1 LOCALIZACIÓN	20
3.2 RESIDUOS SÓLIDOS	21
3.3 BARRIO DE SANTIAGUITO	22
3.4 SOCIEDAD	22
3.5 ORIGEN E INCURSIÓN AL PROYECTO	23
CAPÍTULO 4.	24
4.1 INICIO DE ACTIVIDADES	24
4.2 DESARROLLO TÉCNICO	24
4.3 MATERIALES	27
4.4 PARTICIPACIÓN COMUNITARIA DEL BARRIO DE SANTIAGUITO	27
4.5 METODOLOGÍA DE LA PRIMERA FASE EXPERIMENTAL	28
4.6 RESULTADOS DE PRIMERA FASE EXPERIMENTAL	32
4.7 SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL	38
4.8 RESULTADOS DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL	39
CAPÍTULO 5.	44
5.1 BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA LOMBRICULTURA EN SANTIAGUITO	44
5.2 DISCUSIÓN	47
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	52
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	59

RELACIÓN DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1	Aporte total de elementos por tonelada de lombricomposta por hectárea	13
Tabla 2	Obtención de lombrices al final del tratamiento	35
Tabla 3	Lecturas promedio de la temperatura durante el precomposteo con fragmentación fina	39
Tabla 4	Lecturas promedio de la temperatura durante el precomposteo con fragmentación gruesa	40
Tabla 5	Obtención de biomasa de lombrices al final del tratamiento	42
Tabla 6	Lista de lombricultores	44
Tabla 7	Producción al día de subproductos	46
Tabla 8	Producción al día de subproductos por habitante	47
Figura 1	Ciclo de vida de <i>Eisenia foetida</i>	16
Figura 2	Municipio de Texcoco	20
Figura 3	Residuos generados en Texcoco	21
Figura 4	Acomodo para el proyecto piloto de lombricultura	22
Figura 5	Volumen de los residuos sólidos orgánicos	29
Figura 6	Fragmentación de los residuos sólidos orgánicos	30
Figura 7	Medición de la temperatura	31
Figura 8	Reducción del volumen de los RSO durante el tratamiento	32
Figura 9	Evolución de la temperatura durante el proceso con fragmentación fina	33
Figura 10	Evolución de la temperatura durante el proceso con fragmentación gruesa	34
Figura 11	Inicio del conteo de lombrices	36
Figura 12	Final del conteo de lombrices	36
Figura 13	Aspecto de forma y tamaño de una lombriz juvenil	37
Figura 14	Conteo de huevos o capullos de <i>Eisenia foetida</i>	37
Figura 15	Evolución de la temperatura durante el proceso de precomposteo con fragmentación fina	40
Figura 16	Evolución de la temperatura durante el proceso de precomposteo con fragmentación gruesa	41
Figura 17	Conteo de lombrices al final del tratamiento con fragmentación fina	43
Figura 18	Conteo de lombrices al final del tratamiento con fragmentación gruesa	43
Figura 19	Tipo de residuos	45
Figura 20	Obtención de subproductos por cada kilogramo de RSO	46

GLOSARIO

- **Acidos húmicos.**- Productos de la descomposición del estiércol y la materia orgánica del suelo. Se solubilizan en los medios alcalinos y precipitan en presencia de ácidos.
- **Anécico.**- Lombriz cuyas galerías son verticales.
- **Anélidos.**- Comprenden unas 8,700 especies, su cuerpo es blando y segmentado con unas estructuras en forma de púas (quetas) que utilizan para deslizarse. Este grupo incluye a las lombrices de tierra (clase Oligoquetos). Las sanguijuelas (clase Hirudíneos) y la clase menos conocida, los gusanos con púas (clase Poliquetos).
- **Aminoácidos.**- Son las unidades estructurales, o unidades de construcción de las proteínas.
- **Bacterias.**- Organismos microscópicos unicelulares sin núcleo celular diferenciado, pero con cromatina. Se desarrollan en cualquier parte donde encuentren un sustrato que les aporte energía. Algunas se desarrollan en presencia de aire (aerobias) otras solo prosperan sin oxígeno (anaerobias), algunas de ellas pueden causar enfermedades y otras son importantes en los procesos de estabilización y conversión de residuos sólidos orgánicos.
- **Biodegradable.**- Cualidad que tiene la mayor parte de la materia de tipo orgánico para ser metabolizada por medios biológicos.
- **Biogas.**- Es una mezcla de gases de bajo peso molecular (metano y bióxido de carbono principalmente) producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
- **Bióxido de Carbono.**- Gas cuya fórmula es CO_2 , incoloro, más pesado que el aire. Altamente soluble en el agua formando soluciones de ácidos débiles corrosivos, no flamable. Se produce durante la degradación térmica y descomposición microbiana de los residuos sólidos orgánicos y contribuye al calentamiento de la superficie terrestre.
- **Cama.**- Área de tamaño variable dedicada a la reproducción de lombrices.
- **Clitelio.**- Abultamiento glandular que se localiza en los somitos 32 al 37. Estructura donde se lleva a cabo la secreción de las cápsulas. Se presentan en individuos sexualmente maduros.
- **Descomposición.**- Acción de bacterias y hongos microscópicos sobre la materia orgánica, estos microorganismos atacan y digieren los compuestos orgánicos complejos reduciéndola a formas más simples que pueden ser asimiladas por las plantas. Por ejemplo, hay bacterias que forman amoníaco a partir de proteínas animales y vegetales y otras que oxidan el amoníaco

para formar nitritos, mientras que otro grupo de bacterias actúa sobre los nitritos para constituir nitratos, un tipo de compuesto del nitrógeno que puede ser utilizado por las plantas.

- **Enzima.**- Catalizador orgánico producido por el propio organismo que favorece las reacciones metabólicas haciendo disminuir la cantidad de energía necesaria. Las enzimas son los instrumentos que utilizan los genes para conducir el metabolismo celular.
- **Estiércol.**- Desecho animal utilizado como abono, aporta importantes nutrientes al suelo, sin embargo, es deficiente en tres de los más importantes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.
- **Estructura de la tierra.**- Es la agrupación de los granos individuales del suelo de manera que pueden resistir cierto grado de disgregación debido a fuerzas externas. La materia orgánica contribuye al mejoramiento de las características físicas del suelo, porque entre otras cosas, ayuda a unir las partículas finas y a romper grandes masas de la misma, proporcionando una estructura grumosa.
- **Fauna nociva.**- Especies animales que por condiciones ambientales incrementan su población o actividad, llegando a convertirse en plaga, vectores potenciales de enfermedades o causantes de daños a las actividades o bienes humanos.
- **Gestión de residuos sólidos municipales.**- Es la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr metas y objetivos específicos de manejo y disposición idóneos de residuos sólidos.
- **Humus.**- Materia orgánica del suelo, homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco. Al descomponerse en humus, los residuos vegetales se convierten en formas estables que se almacenan en el suelo y pueden ser utilizados como alimento por las plantas. La cantidad de humus afecta también a las propiedades físicas del suelo tan importantes como su estructura, color, textura y capacidad de retención de la humedad. El desarrollo ideal de los cultivos, por ejemplo, depende en gran medida del contenido en humus del suelo.
- **Lixiviado.**- Líquido contaminante que se forma por reacción, arrastre o precolación, siendo el resultado del paso de un disolvente, generalmente agua, a través de un estrato de residuos sólidos y que contienen en disolución y/o suspensión, sustancias contenidas en los mismos.
- **Lombricomposta.**- Corresponde a la excreta de la lombriz, resultado del alimento que consume.

- **Lombricomposteo.**- Es el proceso de composteo en presencia de lombrices.
- **Mantillo.**- tierra de origen vegetal rica en materia orgánica formada por la descomposición de hojas, tallos, etc. Absorbe las sustancias fertilizantes y conserva el calor y la humedad.
- **Metano.**- Gas que constituye el primer término de la serie de los hidrocarburos saturados. Es un gas incoloro, más ligero que el aire, poco soluble en el agua y tiene por fórmula CH_4 . Es el más simple de todos los compuestos orgánicos, lo cual explica su abundancia en la naturaleza, ya que se desprende de los materiales orgánicos en estado de descomposición. Se forma por combinación del hidrógeno con el carbono, es poco oloroso, se consume como combustible.
- **Micorrizas.**- Simbiosis entre la raíz de una planta y las hifas de determinados hongos. Es más frecuente en los suelos ricos en humus. La asociación resulta benéfica para las dos partes y a veces es tan estrecha que algunos árboles no son capaces de vivir independientemente.
- **Nemátodo.**- Gusano microscópico que parasita en el interior de las plantas produciendo una variedad de síntomas como enanismo y deformidades.
- **Oligoquetos.**- Clase de gusanos anélidos caracterizados por tener pocos pelos por segmento y carecer de parapodios. Presentan el cuerpo con segmentación bien visible, pero con la región cefálica poco evidente y sin apéndices. Hermafroditas con pocas gónadas anteriores y con clitelio. Comprenden cerca de 2,500 especies.
- **Pepena.**- Remoción informal y en algunos casos ilegal de materiales, en cualquier etapa del sistema de manejo de residuos sólidos.
- **Proteína.**- Nombre que recibe cualquiera de los numerosos compuestos orgánicos constituidos por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos; forman los organismos y son esenciales para su funcionamiento. Son los ingredientes principales de las células y suponen más del 50% del peso seco de los animales. El término "proteína" deriva del griego proteios, que significa primero.
- **Relleno sanitario.**- Método de ingeniería ambiental para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuales se depositan, esparcen y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra al término de las operaciones del día.
- **Residuo sólido municipal (RSM).**- material desechado que proviene de actividades que se realizan en casas habitación, demoliciones y construcciones, así como el asimilable a éstos, generado en establecimientos comerciales, de servicios e instalaciones industriales.

- **Residuo sólido orgánico.**-Residuos de origen orgánico que comprenden el 60% de los Residuos sólidos municipales.
- **Sitio de disposición final.**- Lugar donde se depositan los residuos sólidos municipales en forma definitiva.
- **Somito.**- Cada uno de los segmentos que integran el cuerpo de los anélidos.
- **Sustancias húmicas.**- Componentes del humus, se dividen en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.
- **Textura de suelo.**- Grosor o finura de las partículas y la proporción de cada uno de los grupos de agregados que constituye el suelo (arena, limo y arcilla).
- **Tiradero a cielo abierto (basurero).**- Sitio en donde son vertidos y mezclados diversos tipos de residuos sin ningún control o protección al ambiente.
- **Vida útil de un sitio de disposición final.**- Es el periodo de tiempo en que el sitio de disposición final será apto para recibir los residuos sólidos municipales.

RESUMEN

Los Residuos Sólidos Municipales (RSM) hoy en día representan un problema ambiental en nuestro país, los cambios en los hábitos de consumo y el constante aumento de la población ha ocasionado que la cantidad de éstos residuos aumente considerablemente. Su manejo representa sin duda el problema más grave, esto debido a que aún no existe una gestión ambiental que regule las actividades que involucran a este tipo de residuos. En nuestro país los RSM contienen en su composición aproximadamente el 60 % de material orgánico, que al degradarse producen una mezcla de gases conocida como biogas y líquidos percolados llamados lixiviados que tienen un impacto negativo al ambiente. Pocas alternativas para tratar los residuos sólidos orgánicos (RSO) han sido utilizadas, sobretodo en comunidades rurales, en donde el manejo integral de los residuos es por lo regular muy limitado o prácticamente no existe. Por otro lado también, es pertinente mencionar otras fuentes generadoras de RSO, como la Central de Abastos de la Ciudad de México donde se generan 800 toneladas de RSO por día que son depositadas en los sitios de disposición final (SDF) existentes Sin que se contemplen su aprovechamiento.

Ante tal situación el presente trabajo considera a la lombricultura como una alternativa posible para tratar este tipo de residuos, utilizando para esto, a la lombriz *Eisenia foetida*, conocida como lombriz roja californiana ya que cuenta con algunas características especiales como; que *E. foetida* se alimenta de cualquier tipo de residuos de origen orgánico, consume su propio peso en alimento al día, produce un abono orgánico de una elevada calidad comprobada y representa una posible fuente importante de proteína, además de lo anterior se analizaron las experiencias positivas que se han dado en otros países al utilizar a la lombricultura como herramienta principal para aprovechar los residuos sólidos orgánicos. Es así como se contemplo al Barrio de Santiaguito en el municipio de Texcoco, como un modelo para la práctica de la lombricultura en donde la comunidad participó de forma conjunta con el Municipio.

Este trabajo consistió en realizar 1) pruebas de laboratorio para encontrar elementos de análisis críticos que proporcionaran una mejor optimización de esta práctica. Entre los elementos de análisis que afectaron directamente el proceso de la lombricultura fueron, la fragmentación y el tiempo de precomposteo de los residuos sólidos orgánicos. 2) un estudio económico para conocer los beneficios que obtendría esta comunidad en llevar a cabo esta práctica.

ABSTRACT

The municipal solid residuals in town (RSM) now a day represent a environmental problem in our country. the changes in the consuming habits, and the enlargement of population are causing that the quantity of this residues increase in a considerable amount. the way this is been handle with out doubt is the biggest problem this due to the nonexistent environmental procedure that involve this type of residue. in our country. the (RSM) contains in it's arrangement an estimate of 60% of this organic material. that as toxics desintegrate they produce a mix of gases known as biogas and perculated liquids called leached wich have a negative impact to the atmosphere. few alternatives were given to deal with this Organic Solid Residuals (RSO). overall in rare communities. in where the essential handling of this residues regularly are very limited. or it practically doesn't exist. changing subject it's also relevant to mention other sources that the RSO generates, like the Central de Abastos of the city of México in where 800 tons of RSO are generated per day. and are been deposit in stock in Final Disposition Places (SDF). with out contemplating it's exploitation.

In front of such, the present work considers the lombriculture as a possible alternative to deal with this type of residue. using a worm *Eisenia foetida*, known as the red californian worm which counts with some special characteristics like it's fed of any type of residue of organic origin. it consumes it's own weight in food per day it produces an organic fertilizer prove of high quality. and produces an important source of protein. in addition to the previous other positive experiences of many countries that have used lombricultura have been analyze and found out that the main tool to take advantage of this solid organics residues. it's like people in district Santiaguito in the Texcoco municipio contemplate like a model to the practice of lombriculture in where the community work together with the municipio

This work consist of taking 1) a test in a lab to find elements of critic analysis that will provide a better optimism of this practice. in between this elements the analysis that affect directly the process of the lombriculture were the fragment of expected time of the solid organics residues. 2) an economy study to know the benefits that the community will gain if this practice is carry on.

INTRODUCCIÓN

Nuestro país en los últimos años ha tenido un acelerado crecimiento poblacional por lo tanto sus patrones de producción y consumo se han visto incrementados de la misma manera; de forma paralela la generación de RSM ha ido aumentando. Por su origen, los RSM se definen como todos aquellos materiales derivados de las actividades urbanas que se generan en los domicilios, en los comercios y en los establecimientos de servicios, así como los generados en la red vial (Dávila, 1990).

La disposición final de los RSM, es la última etapa del proceso a partir de su generación, y donde se presentan los principales problemas ambientales y sociales. Se estima que de los residuos sólidos que se generan a nivel nacional, el 73% son depositados en tiraderos a cielo abierto (Secretaría de Desarrollo Social, 1996).

Durante varias décadas esta actividad no representó un problema serio para las autoridades encargadas del servicio de aseo urbano, ya que bastaba con llevar los residuos sólidos fuera de los núcleos urbanos para evitar el impacto visual y las molestias que podían ocasionar a la población. Además, la cantidad en que eran producidos y las características en su composición, permitían que los mismos residuos se reintegraran al ciclo natural sin ocasionar daños significativos al ambiente.

El manejo de los RSM en nuestro país, no ha contado con una planeación adecuada, ya que simple y sencillamente resultó común depositar los residuos en un sitio medianamente alejado de la mancha urbana, sin someterlos a ningún tratamiento.

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) los RSM contienen un 60% de residuos orgánicos que al depositarlos en un sitio de disposición final, estos tienden a degradarse por lo que la temperatura del material se eleva a valores entre 40 a 60 °C. Durante esta degradación se produce biogas que es una mezcla de gases compuesta principalmente de metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) en proporciones aproximadamente iguales, constituyendo normalmente el 97% del mismo. Tanto el metano como el bióxido de carbono son gases de efecto invernadero. De acuerdo con el último Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático Global de las

Naciones Unidas (IPCC), el sistema climático mundial está experimentando una alteración de origen antropogénico, asociada a las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen principalmente por la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo. Cifras proporcionadas por el Banco Mundial estiman que aproximadamente 23 mil millones de toneladas de bióxido de carbono (principal gas de efecto invernadero) se emanaron a la atmósfera en 1995, cantidad tres veces mayor al valor estimado para 1950 y algunos cálculos revelan que el 50% de bióxido de carbono y 20% de metano es emitido por los RSM (Rojas, et al. 2001).

Estequiométricamente se estima que una tonelada de RSM genera 107 m³ de metano y 120 m³ de bióxido de carbono, sin embargo, es pertinente señalar que a la misma proporción, el metano es 25 veces más dañino en la atmósfera que el bióxido de carbono.

Por otro lado, el gas metano es inflamable a concentraciones de 5 a 15% en aire, resultando muy alta la probabilidad de incendios prolongados ocasionados por la lenta combustión de los residuos, con los peligros que estos conllevan, también se produce cantidades importantes bióxido de carbono.

La gran cantidad de residuos provocan la proliferación de fauna nociva que son vectores de enfermedades y que repercuten en la salud humana, en ellos encuentran un ambiente idóneo para su reproducción ya que les ofrece humedad, temperatura, abrigo y alimento. Por otro lado, la fermentación de los residuos orgánicos que al ser dispuestos de manera inadecuada generan olores desagradables.

El problema ambiental y de salud que ocasionan los RSM es consecuencia principalmente de su manejo y disposición inadecuados. En nuestro país este problema sigue vigente y se acentúa porque la generación de estos residuos se asemeja a la de los países desarrollados, pero la gestión continua sin tomar en cuenta criterios para disminuir los efectos nocivos sobre el ambiente, la salud y la conservación de los recursos. Respecto a la materia orgánica contenida en estos residuos, no ha sido valorada de acuerdo al grado de importancia que tienen. Por un lado representan un factor importante como fuente de contaminación al ambiente y por el otro, un potencial económico que pueden representar si estos son aprovechados de manera óptima.

El presente trabajo tomó en consideración el problema que representan en nuestro país los RSM sobretodo en las comunidades rurales en donde se hace evidente la falta de gestión. Al igual que en la mayor parte de nuestro territorio, el municipio de Texcoco Estado de México, presenta graves problemas en la gestión de sus RSM. Ante esta situación, surgió la inquietud por parte de algunos ciudadanos del barrio de Santiaguito de este municipio, en donde se involucran algunas autoridades de la comunidad y a la Dirección de Desarrollo Rural del Municipio de Texcoco, coordinados por el Doctor Anibal Quispe Limaylla Profesor Investigador Titular del Colegio de Posgraduados para encontrar alternativas a este problema. Por lo anterior decidieron utilizar la lombricultura para aprovechar los RSO, tomando en cuenta que estos representan el 60% del contenido total de los RSM, con la finalidad, de disminuir los problemas que representan los residuos en este municipio y además obtener los beneficios que conlleva practicar la lombricultura en la producción de abono orgánico para utilizarlo en la producción de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales, tomando en cuenta que este municipio se considera rural, además de que se cuenta con la participación comunitaria para el manejo y aprovechamiento de RSO que ellos generan.

CAPITULO 1

1.1. Antecedentes

En la naturaleza se ha encontrado la respuesta a muchos problemas de contaminación orgánica. La lombricultura ha mostrado ser una solución simple, racional y económica para el tratamiento de RSO generados por las diversas actividades humanas.

La lombricultura se desarrolló en el Siglo XIX con Charles Darwin quién dedicó 40 años de su vida al estudio de la lombriz, en 1881 publicó el libro llamado "La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices", debido a ello a Darwin se le considera como el Padre de la Lombricultura (Martínez, 1999).

El potencial de esta biotecnología para el manejo de los RSO fue demostrado por Fostage y Babb (1972), quienes utilizaron como sustrato alimenticio estiércol animal, obteniendo un kilo de peso fresco de lombrices por cada dos kilos de peso seco de estiércol.

Sabine (1983), resumió el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de RSO de la siguiente manera:

- Reducen las características nocivas de los RSO, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre.
- Las especies domesticadas alcanzan en poco tiempo altas densidades y tienen un fácil manejo en camas.
- Se obtienen útiles y negociables subproductos como fertilizantes orgánicos y lombricomposta.
- Producción de harina de lombriz con altos contenidos de proteína para alimentación animal y humana .

El Centro para el Desarrollo Rural y Biotecnología Apropiada del Instituto de Biotecnología de la India, utilizó esta biotecnología para el reciclamiento de residuos orgánicos, además vió la necesidad de intensificarla para aprovechar las bondades que ofrece, entre ellas la producción de fertilizante orgánico y sobre todo para que los RSO dejaran tener un problema de sanidad (Madan, *et al.* 1988).

En Argentina se cuenta ya con una verdadera industria de la lombriz, la empresa Wormsargentina oferta a través de internet la crianza de la lombriz, además de vender los productos obtenidos de esta práctica, también cuentan con un programa donde se establece una relación comercial recíproca entre el cliente que adquiere la lombriz y la empresa, ya que ésta le ofrece la asesoría y le compra los productos cuando estos se comienzan a producir (www.wormsargentina.com,2000).

En México la lombricultura se inició hace 15 años con la introducción de un proyecto de mediana escala en el Estado de México para zonas rurales, casi al mismo tiempo se desarrollaron proyectos en Veracruz en el Instituto de Ecología de Jalapa (www.sagar.gob.mx,2001).

En 1990 la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGAR) y la empresa Lombricultura Técnica Mexicana se encargaron de organizar un Curso Internacional de Lombricultura, esta empresa es la pionera en desarrollar proyectos de pequeña escala en comunidades rurales.

Se estima que existen alrededor de 10 hectáreas en todo el país dedicadas a la lombricultura, de estas se calcula que sólo de 3 a 4 hectáreas se destinan exclusivamente a la reproducción de lombrices, el resto se destina a la producción de composta, cuyo volumen de producción actual oscila en las 5,000 toneladas métricas anuales. Del 100% de los productores, un 4% poseen unidades de producción comercial, es decir, mayores a los 1000 m², un 6% son medianos con superficies de 200 a 1000 m² y el resto son pequeños con superficies de 1 a 100 m² (www.sagar.gob.mx,2001).

La implementación de la lombricultura en ciudades ha sido tomada en cuenta con gran interés para aprovechar los RSO que generan éstas; en la India se llevaron a cabo dos grandes proyectos en el municipio de Hyderabad que es la sexta ciudad más grande de este país, los beneficios obtenidos fueron satisfactorios en varios aspectos, por un lado, evitaron los problemas de contaminación que generan este tipo de residuos cuando no son dispuestos de manera correcta, se dio empleo a casi 20,000 personas que se encargaban de recolectar los residuos, la producción de lombricomposta por año era de 300,000 toneladas métricas, de las cuales obtienen ingresos al vender este producto entre los mismos residentes y a las granjas locales (Snel, 1999).

La lombricultura ha sido implementada en los Estados Unidos de Norteamérica para aprovechar los RSO que se generan en escuelas primarias, restaurantes y hasta en centros penitenciarios. El empleo de la lombricultura en este país ha sido adoptada por empresarios que ven en esta biotecnología un gran potencial económico llegando a penetrar en el mercado internacional, principalmente Japón (Riggle, 1997; Van y Nielsen, 1999; Recycling, 1999).

En América Latina los principales países productores son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador, los cuales cuentan con grandes explotaciones industriales de *E. foetida* (www.infoagro.com.2001).

Dados los beneficios que acarrea esta biotecnología algunos productores tienen la inquietud para establecer la normatividad de esta biotecnología, lo anterior da por hecho que la lombricultura y los productos obtenidos están siendo tomados en cuenta a nivel mundial. No se olvide que un producto con normas que se rigen a nivel mundial, deben cumplir con características especiales que garantizan una alta calidad (Rogers, 2000).

Así pues, entre los beneficios que ofrece la lombricultura se subrayan los siguientes:

a) al ambiente, ya que reduce los problemas de contaminación generados durante la degradación de los RSO. Es bien sabido que un manejo inadecuado de estos residuos genera malos olores y puede producir microorganismos patógenos, larvas e insectos que pueden ser vectores de enfermedades. Por otro lado al degradarse producen: 1) una mezcla de gases conocida como biogas compuesta en su mayoría por metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2), ambos gases efecto invernadero y 2) un líquido contaminante que se forma por reacción, arrastre o precolación, siendo el resultado del paso de un disolvente, generalmente agua, a través de un estrato de residuos sólidos y que contienen en disolución y/o suspensión, sustancias contenidas en los mismos llamado lixiviado.

b) a la agricultura, la capacidad de la lombriz para transformar grandes cantidades de RSO permite obtener en corto tiempo altos volúmenes de abono orgánico, que puede ser aplicado directamente en el suelo, sin ocasionar daños a las semillas como sucede con el fertilizante químico, además de que estimula la función enzimática en el suelo, gracias a la alta carga microbiana presente en la excreta de la lombriz.

c) la ganadería, la alta tasa reproductiva de la lombriz permite obtener en un periodo corto excedentes de carne de lombriz que se pueden utilizar en la alimentación de animales como ranas, peces, conejos y aves.

d) en la salud y nutrición humana, dado que la lombriz es una fuente importante de vitamina B, ésta se utiliza en la producción de antibióticos. Por otro lado su alto contenido de proteína y aminoácidos esenciales podrían ser de gran valor en la alimentación humana (Sabine, 1983).

1.2. Justificación

Se sabe que en las ciudades y municipios de nuestro país, existen dificultades para implantar programas de aprovechamiento de RSO, dada la heterogeneidad de la población existente y sobre todo, a la diferencia de intereses que se da en los sectores sociales y entre las mismas autoridades políticas, donde el mejor ejemplo es la ciudad de México, donde se han querido implantar programas para el manejo de RSM, sin resultados satisfactorios, reflejándose incluso la obstaculización a tales programas y la falta total de apoyo.

Sin embargo, dadas las bondades que ofrece la lombricultura para aprovechar cualquier residuo orgánico como materia prima y donde se obtienen productos con un potencial altamente aprovechable, las comunidades rurales podrían verse beneficiadas con la implantación de la lombricultura, con la cual las familias podrían obtener beneficios económicos a la vez estarían contribuyendo a minimizar los efectos nocivos al ambiente de su comunidad. Por lo que esta alternativa va encaminada a implantarse en comunidades rurales pequeñas donde sea viable su instrumentación, es decir donde sea posible una organización de los diferentes sectores (educativo, social y de gobierno). Por supuesto que estas pequeñas comunidades podrían servir de ejemplo para poder implementar un programa de este tipo en las grandes ciudades.

Es importante hacer mención que existe un marco legal que justifica la búsqueda de alternativas para disminuir el problema que trae consigo la generación de RSM, tal y como está planteado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (1996) que cuenta con un capítulo (IV) referente a la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo dentro del artículo 138 que a la letra dice: "La Secretaría promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para:

- I. La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, **tratamiento**, y disposición final de residuos sólidos municipales; y
- II. La **identificación de alternativas de reutilización** y disposición final de residuos sólidos municipales, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y sus fuentes generadoras".

1.3. Planteamiento del problema

El caso de la contaminación por RSM constituye hoy en día uno de los problemas que menor atención ha tenido por parte de las autoridades de México, sin embargo al paso del tiempo la problemática que estos generan se ha visto incrementada, sin que hasta la fecha se vislumbren alternativas reales para afrontar esta situación. Al mismo tiempo las áreas dónde ubicar nuevos lugares para la disposición final de los residuos son cada vez más escasas, teniendo que ubicarlos cada vez más alejados de las zonas urbanas, lo que acarrea que se incrementen los costos de manejo.

El municipio de Texcoco en el Estado de México, no es la excepción y uno de los principales problemas ambientales que tiene este municipio en la actualidad es el manejo de los RSM que genera su población, el sitio que utilizan para disponer de éstos es el relleno sanitario Bordo Poniente, único sitio activo del Distrito Federal, al cual se le pronostica solamente 3 años de vida útil (Tecnología Ambiental, 2000, www.semarnat.comunicaciónsocial.gob.mx.2002).

Ante esta situación este municipio tendrá que disponer de sus residuos dentro de su territorio, para esto han considerado aprovechar los RSO e implementar el reciclaje de subproductos que puedan ser aprovechables, como una alternativa para disminuir la cantidad de RSM.

Texcoco produce aproximadamente 140 toneladas al día de RSM (www.edomex.gob.mx.2001) de los cuales el 60% corresponden a RSO, debido a esto, la comunidad del barrio de Santiaguito del municipio de Texcoco, ha considerado a la lombricultura como una alternativa para aprovechar los RSO. Para esto se cuenta con un proyecto piloto en este barrio. Se pretende a partir del trabajo en este barrio extender la lombricultura a las principales comunidades de este municipio.

Por otro lado, las pruebas que se realizaron en laboratorio tuvieron como fin, encontrar parámetros adecuados que sirvan de apoyo en la técnica de la lombricultura para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

En tal perspectiva en el presente trabajo se planteó explorar la utilización de la lombricultura en una comunidad rural como una alternativa en el tratamiento de los RSO mostrándole a la comunidad los beneficios económicos y ambientales que de ella podrían obtenerse, como un componente en la gestión y manejo de los residuos sólidos municipales, ante la problemática que actualmente representan estos en nuestro país.

1.4. Aportación del trabajo

Proporcionar herramientas biotecnológicas simples que se adecuen a las necesidades de la ciudadanía para realizar el manejo de los RSO utilizando a la lombricultura como la ecotecnia principal para darle tratamiento y aprovechar este tipo de residuos, es por esto que se planteó la parte técnica, que aporte elementos de análisis que ayuden a mejorar el manejo de este tipo de residuos y poder ofrecer al Barrio de Santiaguito para una mejor optimización de esta práctica, ya que esta se lleva a cabo sin tener conocimientos técnicos de lombricultura.

Esta investigación aportó el conocimiento de los beneficios económicos que pudiera obtener el Barrio de Santiaguito, al aprovechar los RSO que genera su población y la elaboración de material de apoyo para la difusión de esta práctica.

Hipótesis de trabajo

La lombricultura es una biotecnología adecuada para implantarla como una alternativa viable para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en las comunidades rurales.

Objetivo general

Aplicar a la lombricultura como método de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en comunidades rurales.

Objetivos particulares

- Conocer el potencial de la lombricultura utilizando Residuos Sólidos Orgánicos como fuente principal de alimento de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*.
- Desarrollar nuevas técnicas para el manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos a nivel de colonia con la participación de la comunidad.
- Elaborar un estudio de mercado para conocer los beneficios económicos que se obtienen al llevar a cabo la lombricultura.

CAPITULO 2

2.1 Importancia de las lombrices en la naturaleza

Las lombrices de tierra viven permanentemente en el suelo o en acumulaciones orgánicas, representan del 60 al 80% de la masa animal del suelo, la masa de las lombrices puede alcanzar de una a tres toneladas por hectárea en los prados de las regiones templadas, son particularmente abundantes en los suelos húmedos, de alta productividad y pH neutro (Motalib, *et al.* 1990).

Se ha constatado que las galerías subterráneas de las lombrices tienen un diámetro del orden de cuatro milímetros y alcanzan longitudes que varían de cien a más de ochocientos metros, con esto favorecen la penetración del agua, del aire y de las raíces, estas galerías aseguran, entre otras funciones importantes, el drenaje y la ventilación del suelo, existe una relación muy estrecha entre la biomasa de lombrices y el volumen del agua infiltrada. De esta manera una biomasa media de lombrices anécicas (1 ton/ha) asegura una circulación de 280 milímetros de agua por hora, con lo cual se hace posible la filtración del agua hacia capas profundas, las lombrices limitan la escorrentía y la erosión del suelo.

La actividad mecánica de las lombrices también se traduce en el transporte y la mezcla de los componentes del suelo, así como en la formación de grumos de un gran interés agronómico. Al excavar sus galerías ingieren un volumen importante del suelo que transportan y luego vierten en el mismo suelo o en la superficie. La masa de residuos de las lombrices se ha evaluado en 300 ton/ha/año en zonas templadas, con una variabilidad según la especie, la estación y el tipo de suelo. En las zonas tropicales, donde la elevada temperatura aumenta la actividad de las lombrices, esta masa de residuos se estima entre 850 y 1,150 ton/ha/año, de las que 25 toneladas son depositadas en la superficie.

En los ecosistemas forestales, las lombrices también desempeñan un papel esencial, por ejemplo, una biomasa de lombrices de 10 g/m² puede consumir anualmente 600 kilogramos de hojas acumuladas en un bosque templado, lo que corresponde al 20% de la cantidad total de hojas que caen en la superficie.

Independientemente de su acción sobre el suelo, las lombrices ocupan un lugar importante en los ecosistemas, como fuente de alimento de numerosos animales fundamentalmente vertebrados, y también algunos invertebrados (Motalib, *et al.* 1990).

2.2 La lombricultura

La lombricultura es una biotecnología, la cual utiliza lombrices de tierra como herramienta de trabajo para la transformación de los RSO en productos orgánicos aprovechables. Los productos que se obtienen fundamentalmente son la lombricomposta y la carne de lombriz (Martínez, 1999).

I. Lombricomposta.

Este producto es la excreta de la lombriz, también se le conoce como lombricomposta o humus de lombriz. La característica más importante de la lombricomposta es su alta carga microbiana, que la hace un excelente material regenerador de suelos, se calcula la presencia de 2 billones de bacterias por gramo de este producto (De Sanzo y Ravera, 2000) además de:

- Ser un material de color oscuro, con un agradable olor a tierra húmeda.
- Es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción.
- 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 los suelos.
- Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas. La lombricomposta aumenta notablemente el porte de árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad. Durante el trasplante previene enfermedades y evita el estrés por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. Se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos.
- Favorece la formación de micorrizas.
- Aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- 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.

- Debido a su pH neutro y otras cualidades favorables aporta y contribuye al mantenimiento y al desarrollo y diversificación de la microflora y microfauna del suelo.
- Favorece la absorción radicular.
- Transmite directamente del terreno a la planta hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadoras.
- Protege al suelo de la erosión.
- Aporta e incrementa la disponibilidad de algunos elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio (tabla 1).
- Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compresión natural o artificial.
- Mejora las características estructurales del terreno, desligando los suelos arcillosos y agregando los arenosos.
- Aumenta la porosidad de los suelos aumentando la aireación.
- Su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica.
- Neutraliza efectos nocivos de herbicidas y plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Facilita y aumenta la eficacia del trabajo mecánico del terreno.
- Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos mejora las características químicas del suelo.
- Aumenta la permeabilidad y la retención hídrica de los suelos (4-27%) 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 (De Sanzo y Ravera, 2000).

Tabla 1. Aporte total de elementos por tonelada de lombricomposta por hectárea.

Elemento	Nutrientes (Kg) /ton/ha
Nitrógeno	16-38
Fósforo	13-20
Potasio	10-13
Calcio	42-46
Magnesio	3.65
Manganeso	0.5
Carbono	0.17
Zinc	0.16

Fuente: Lombricultura Técnica Mexicana, 1999.

La tabla 1 muestra los principales elementos que se aportan por cada tonelada de lombricomposta, destacando el Calcio, Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

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 Giberelina, 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.

Valores nutritivos:

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

II.-Carne y harina de lombriz.

La alta tasa de reproducción de la lombriz y un rápido desarrollo, permiten obtener altos volúmenes de ésta por área en tiempos cortos, ya que, en un periodo de dos meses la lombriz duplica su población (www.wormsargentina.com.2001). La lombriz contiene de 60 a 70% de proteína, de 7 a 10% de grasa, de 8 a 20% de carbohidratos, de 2 a 3% de minerales. La harina de lombriz tiene además un alto contenido de aminoácidos esenciales, es rica en vitaminas, particularmente niacina y riboflavina (Velázquez e Ibáñez, 1986).

Consumo de la carne de lombriz

La alimentación es un importante factor de desarrollo económico, político y social de los países. Durante miles de años distintos pueblos de África y China encontraron en la carne de lombriz un complemento nutricional que ayudó a sostener su población y cultura a pesar de las condiciones más adversas.

Una propuesta para mejorar la alimentación en países en vías de desarrollo podría incluir la producción de proteína de lombriz a partir de materiales que no implican costo como restos de comida, desechos de la huerta, cáscaras, hojas, pasto, papel y estiércoles de rumiantes.

Por cada tonelada de estiércol fresco se produce 500 kilos de humus y 100 kilos de carne de lombriz. Cuando se hace la cosecha de la lombriz, una parte de las lombrices puede ser destinada a la continuidad del criadero y la otra a la elaboración de harina.

El proyecto podría ser viable en pequeñas comunidades donde se practique la agricultura y la ganadería. Así se evitarían gastos de transporte ya que la materia prima (estiércol y desechos vegetales) y los productos de elaboración (humus y carne de lombriz) se producirían y consumirían en el mismo lugar.

Cuando se introduce un nuevo alimento hay que tener en cuenta las costumbres locales. Los intentos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) por ayudar a pueblos acosados por el hambre debido a la pobreza endémica o a algún desastre, fracasan porque no se consideraron sus hábitos de alimentación.

En este sentido, la proteína de lombriz tiene una ventaja: se puede incorporar en pequeñas cantidades, de manera imperceptible, enriqueciendo los alimentos de consumo habitual bajo la forma de harina. Su nivel proteico y la totalidad de los aminoácidos esenciales, superan a la harina de pescado y la soya.

Pero lo más importante, es que la lombriz de tierra no padece ni transmite ninguna enfermedad conocida. La harina de lombriz, elaborada en forma industrial, se usa principalmente para la preparación de alimentos balanceados para la explotación intensiva de gallinas y pollos lográndose una mejor conversión alimenticia que con los alimentos balanceados comerciales reduciéndose los costos de producción de un 20-40%, como alimento vivo se emplea en la cría de ranas, pesca deportiva y piscicultura (De Sanzo y Ravera, 2000).

2.3 *Eisenia foetida*

Para llevar a cabo la lombricultura se utiliza generalmente la lombriz *Eisenia foetida* mejor conocida como lombriz roja californiana, ya que esta biotecnología se comenzó a desarrollar en California a partir de los años 50's, donde fue necesario modificar el hábito migratorio de *E. foetida* que permitiera mantenerla en cautiverio (www.wormsargentina.com.2000). Actualmente se utiliza en el 80 % de los criaderos de lombrices a nivel mundial. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Animal
Phylum: Anélida
Familia: Lumbricidae
Género: *Eisenia*
Especie: *foetida*

E. foetida puede vivir sólo en sustratos con alto contenido de materia orgánica la lombriz come de 4 a 7 veces, consumiendo hasta el 90% de su peso corporal al día; esta característica la ubica como una especie con gran capacidad de trabajo, la cual le permite transformar los RSO en un tiempo relativamente corto. Tiene además una alta capacidad reproductiva, siendo común encontrar una densidad poblacional de entre 40,000 y 50,000 individuos por m². Madura sexualmente entre las 10 y 12 semanas de vida, esta lombriz es hermafrodita insuficiente (necesita aparearse para reproducirse), deposita cada 7 a 10 días una cápsula o huevo, cada cápsula da origen de 3 a 12 lombrices (figura 1).

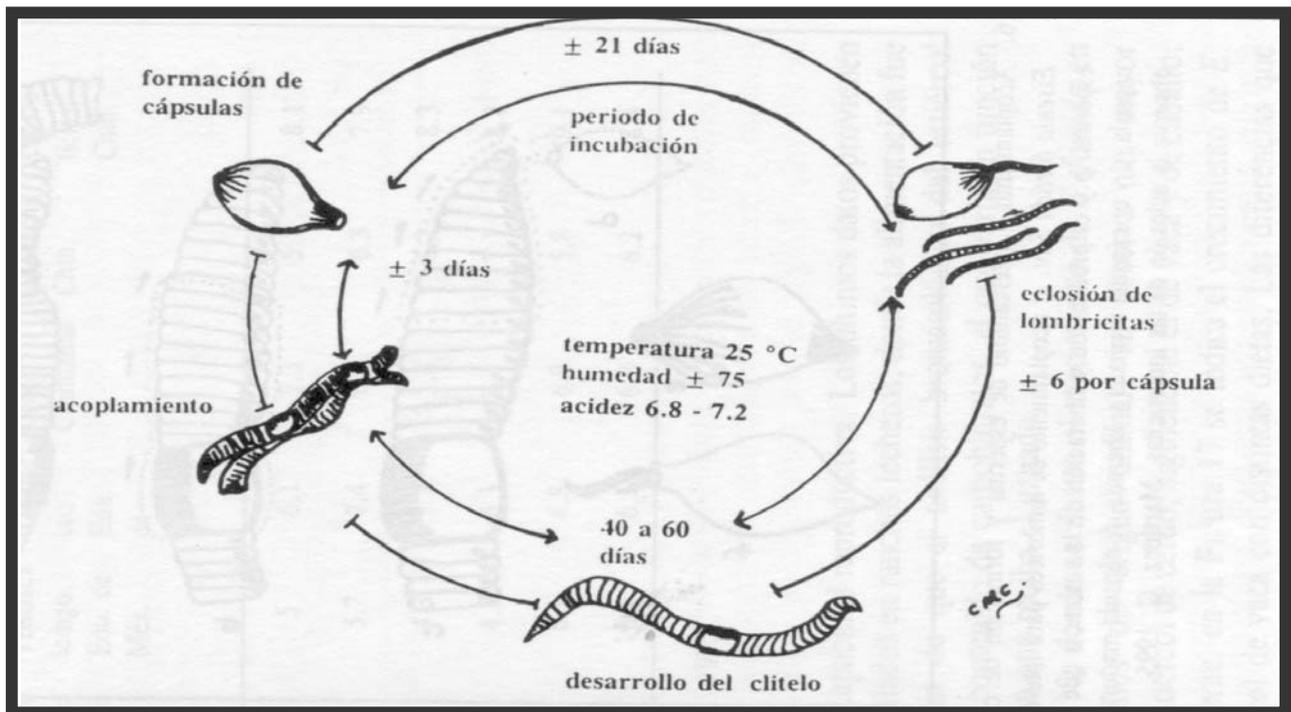


Figura 1. Ciclo de vida de *E. foetida* (Martínez, 1999).

Los principales parámetros que se deben cuidar en la lombricultura según Martínez, (1999) son los siguientes:

- Humedad, es uno de los factores más importantes para las lombrices, ya que estas no cuentan con un mecanismo de conservación de agua adecuado, por lo que requieren humedad en la pared corporal para realizar su respiración; la humedad es también importante en su sistema locomotor, la falta de humedad reduce el movimiento de la lombriz, lo que afecta directamente la búsqueda de alimento y repercute en una disminución en la población, puesto que se afecta su reproducción. Se considera una humedad óptima para *E. foetida* del 70-80%.
- Temperatura, la lombriz se adapta en rangos de 0-35 °C, pero la temperatura óptima es de 25 °C.
- Aireación, la lombriz puede satisfacer sus necesidades de oxígeno a partir del aire o del agua, se ha demostrado que las lombrices prefieren suelos saturados con agua que con aire.
- Luz, las lombrices necesitan de oscuridad, ya que la presencia de luz las afecta directamente, la exposición por tiempos cortos a los rayos ultravioleta las deseca y las mata.
- pH, la lombriz se adapta a valores de pH que van de 5.5 a 8, siendo el ideal entre 6.8 a 7.2.

2.4 Alternativas utilizadas en el control de los RSM en México

En nuestro país no se han planteado soluciones concretas para el manejo de los RSM, las medidas de control que se han utilizado no han resuelto el problema en su totalidad, entre las alternativas que se han considerado están las siguientes:

Relleno sanitario (RS)

En la actualidad es el método mas utilizado para la disposición final de los RSM, ya que el RS cuenta con sistemas de captación de biogas y lixiviados que

permite albergar durante su vida útil cientos de miles de toneladas de RSM, de forma segura y económica.

En México la falta de normas que regularicen la proliferación de sitios de disposición final catalogados como RS sin realmente serlo, así como los escasos estudios que al respecto se llevan a cabo para determinar de forma responsable la ubicación de nuevos sitios hacen que en el futuro esta forma de tratamiento para los RSM siga practicándose de manera irresponsable.

Reciclaje

El reciclaje es otra forma de tratamiento, el cual consiste en un procesamiento de los RSM y se sustenta en la recuperación de materiales que tienen un valor comercial en el mercado. Un requisito previo indispensable para considerar como alternativa de solución la recuperación de materiales, es conocer, mediante un control continuo, la composición de los RSM, los hábitos de la comunidad y los mercados potenciales para los materiales recuperados.

El reciclamiento es una buena alternativa de aprovechamiento de materiales contenidos en los RSM, dentro de sus principales objetivos de esta técnica es el de reducir la cantidad de residuos y disminuir el consumo de materias primas vírgenes y de energía.

En la actualidad en la Ciudad de México existen dos plantas de tratamiento en operación, que rescatan para los industriales cinco subproductos principales: vidrio, lata, cartón, papel y plástico; recuperándose más el vidrio, lata, papel y menos plástico, debido a la amplia gama existente (Tena, 1995).

En el resto del país la recuperación de subproductos se da por vía informal, es decir, la separación se da sobre la ruta de los vehículos recolectores y por otro lado, en los sitios de disposición final donde existen pepenadores.

Composteo por digestión bacteriana

El composteo es un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica contenida en los RSM en condiciones controladas. Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50 y 70 °C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.

Desafortunadamente en nuestro país esta práctica no ha tenido el éxito que se pudiera esperar, debido principalmente a que la composta producida a partir de la materia orgánica de los RSM ha sido de pésima calidad (Dávila, 1990).

En el Distrito Federal en 1974 se instaló una planta de compostaje en la delegación Gustavo A. Madero, la cual fue desmantelada en 1993, el fracaso se puede atribuir a los siguientes motivos:

- Debido a las impurezas que contenía como plástico y vidrio, ésta no podía ser comercializada.
- La escasez de recursos de la delegación para la operación y mantenimiento, provocaban una baja productividad de la planta (Kokusai, 1999).

Las ventajas que tiene llevar a cabo el lombricomposteo de los RSO sobre este tipo de composteo radica en que *E. foetida* sólo crece en materia orgánica, para esto se tiene que llevar a cabo una separación en la fuente y una recolección separada para no cometer los mismos errores. Pero además se obtiene un abono orgánico de mejor calidad, y biomasa de lombriz.

CAPITULO 3

AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO PILOTO

3.1 Localización

A continuación se detallan algunos aspectos del municipio de Texcoco, dado que es donde se cuentan con datos oficiales y por ser la cabecera municipal del barrio de Santiaguito.

El municipio de Texcoco cuenta con una superficie total de 418.69 km². Las coordenadas geográficas del municipio son las siguientes: latitud máxima 19°33'44", latitud mínima 19°23'43"; y, longitud máxima 99°01'45" y longitud mínima 98°39'27", a una altitud media de 2,250 metros sobre el nivel del mar en la zona urbana.

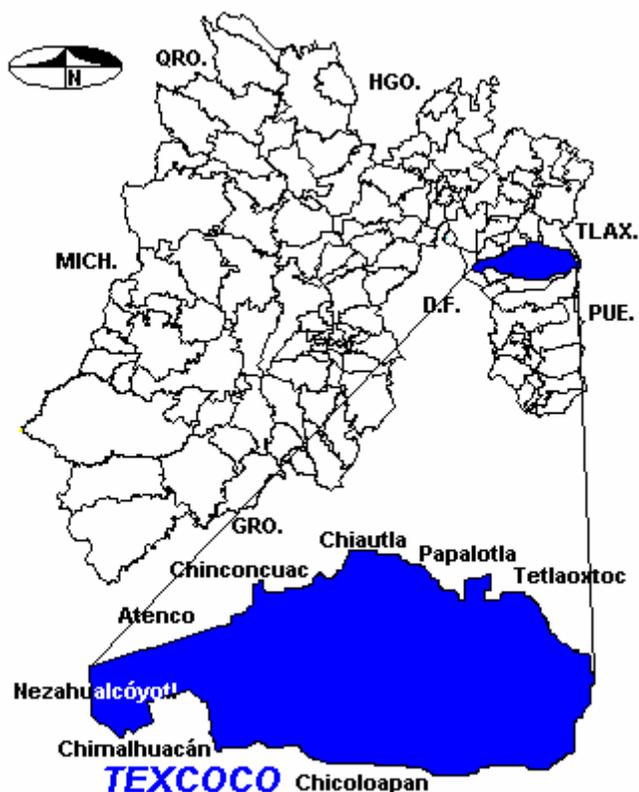


Figura 2. Municipio de Texcoco

El territorio de Texcoco, colinda al norte con los municipios de Tepetlaoxtoc, Papalotla, Chiautla, Chiconcuac, Atenco y Ecatepec; al oeste y suroeste con

Nezahualc6yotl; al sur con Chimalhuac6n, Chicoloapan e Ixtapaluca; al este con el estado de Puebla (fig 2), su poblaci6n al 14 de febrero del 2000 era de 203,681 personas (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario estadístico, 2000).

3.2 Residuos s6lidos

En este municipio se producen cerca de 200 toneladas diarias de residuos s6lidos seg6n el jefe del Departamento de limpia del municipio (La voz de Texcoco, 2002), se disponen en el relleno sanitario de Bordo Poniente, el cual se ubica en terrenos del Lago de Texcoco, involucra la actividad de 10 veh6culos oficiales cuyas capacidades varían entre las 3.5 y 7 toneladas.

La Secretarí a de Ecología ha realizado estudios para determinar la ubicaci6n de sitios adecuados para ser utilizados como rellenos sanitarios regionales, cumpliendo las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM-083-ECOL-1996. Para Texcoco, los sitios seleccionados m6s cercanos son Tequexquahuac, y Coatlinch6n, ambos en el mismo municipio.

En la figura 3 se aprecia la generaci6n de residuos en Texcoco (www.edomex.gob.mx.2001), estimada hasta el ańo 2017.

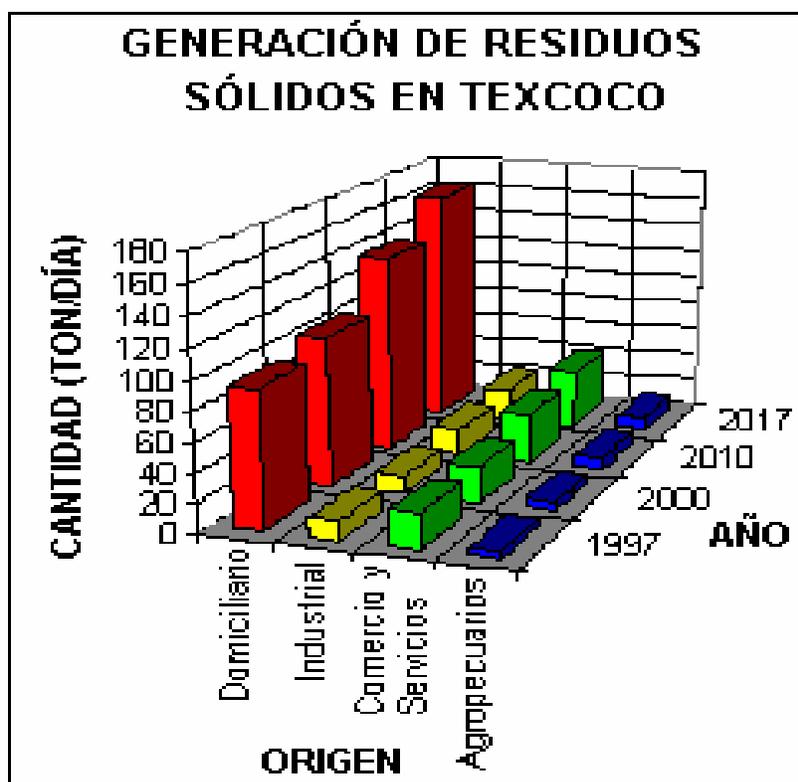


Figura 3. Residuos generados en Texcoco

3.3 Barrio de Santiaguito

El barrio de Santiaguito, esta ubicado en la parte sureste del municipio de Texcoco, limita al norte con la carretera federal México-Veracruz, por el sur y oeste con los terrenos ejidales de la comunidad de Chiconcuac y por el este con los ejidos de la comunidad La Resurrección, la ubicación del terreno donde se está llevando el proyecto piloto para la práctica de la lombricultura, su acomodo probable, así como sus dimensiones es la siguiente (fig. 4):

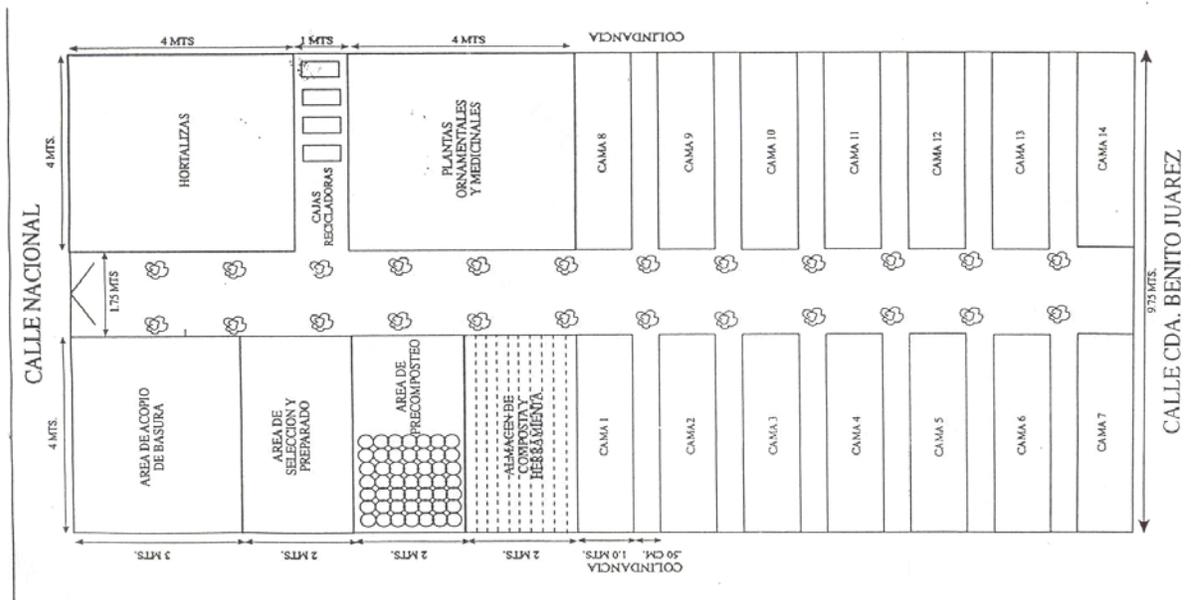


Figura 4. Acomodo para proyecto piloto de lombricultura.

3.4 Sociedad

En Santiaguito habitan cerca de 200 familias con aproximadamente 1,200 habitantes. La ocupación de los jefes de familia es diversa, en su mayoría son pequeños comerciantes, obreros, empleados, jubilados, chóferes y trabajadores de variadas actividades, como plomeros, albañiles, jardineros, entre otros.

En el barrio aún es notorio algunos rasgos de trabajo comunitario y colaboración para la fiesta patronal. La comunidad tiene una forma de organización, de acuerdo a las leyes del municipio; delegados y comités de participación ciudadana, cuyos integrantes son elegidos en asamblea popular con voto directo y universal (Quispe, 2000).

3.5 Origen e incursión al proyecto

El proyecto tuvo su origen en un proyecto familiar, para la separación de los residuos orgánicos, su compostización con o sin lombrices y uso de la composta en la producción de hortalizas y plantas ornamentales en invernadero. Después de haber logrado resultados satisfactorios, se decidió compartir dichas experiencias con los vecinos, quienes sugirieron llevarlo a cabo a nivel de la colonia. En atención a dicha sugerencia, se procedió a explicar y proponer en asambleas de barrio a los habitantes del lugar, la importancia de manejar y aprovechar los residuos orgánicos generados en los hogares. Al inicio hubo poco interés sobre esta propuesta, sin embargo al paso del tiempo la participación fue aumentando, incluidas las autoridades de la comunidad. Ante esto se decidió emprender acciones mediante un proyecto debidamente planeado y diseñado, involucrando a algunas autoridades de la comunidad, a personal del Colegio de Postgraduados y a técnicos de la Dirección de Desarrollo Rural del Ayuntamiento de Texcoco.

Una vez puesto en marcha el proyecto, se plantearon algunas necesidades que se requerían para complementar dicho proyecto entre las que se encuentran i) el montaje de una fase experimental con el objeto de medir algunos parámetros, que permitieran proporcionar algunos elementos de análisis para adecuar esta practica a las condiciones de esa comunidad, ii) el proyecto requería también de material de difusión por lo que se planteo elaborar este material de apoyo como un aporte más, sugiriendo para esto material que fuera asimilable para cualquier persona ajena a esta práctica, tales como un tríptico, un poster, una presentación en Power Point y un pequeño manual de lombricultura contenidos en el anexo, iii) por otro lado también existía la inquietud de conocer los beneficios económicos que pudiera obtener esta comunidad al llevar a cabo la lombricultura, por lo que se realizó un estudio de mercado y poderlo mostrar a la población de este barrio.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Para adecuar la práctica de la lombricultura a las condiciones de la comunidad, de Santiaguito se diseñó una fase experimental, que consistió en estudiar algunos parámetros que permitieran proporcionar elementos de análisis técnicos de apoyo a las personas que llevan a cabo la lombricultura, y que de forma sencilla se les proporcionara conocimientos técnicos que inciden directamente en esta práctica.

4.1 Inicio de actividades

Las actividades fueron divididas de la siguiente manera: a) desarrollo técnico, realizando dos fases experimentales, b) investigación de los beneficios económicos que trae consigo la lombricultura al barrio de Santiaguito y c) elaboración de material de apoyo solicitado por la coordinación del proyecto para la difusión comunitaria, tales como; carteles, diapositivas y materiales escritos como trípticos y folletos.

4.2. Desarrollo Técnico

Se llevaron a cabo dos tratamientos y un testigo, para la primera fase se hizo una sola corrida utilizando la cantidad de 0.25 m^3 de residuos sólidos orgánicos dividido en tres partes iguales los cuales se colocaron a la intemperie sin ningún tipo de control sobre el clima durante todo el proceso, la adición de humedad se logró mediante riegos continuos con un aspersor manual, cuidando de que los residuos durante todo el tratamiento se conservaran húmedos, la construcción de la cama durante el lombricomposteo mantuvo una altura que no excedía los 45 cm ya que alturas mayores generan temperaturas elevadas que repercuten en el éxito del tratamiento.

Para la segunda fase se siguió el mismo procedimiento de la fase uno, esto para dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos por triplicado, ya no se hizo el lote testigo por los resultados obtenidos. A continuación se describen los parámetros de este estudio:

Volumen de los RSO

Este punto se consideró para conocer la variación que pudiera existir en el volumen y de los RSO durante las etapas de precomposteo y lombricomposteo. Santa María (1996), reporta una disminución en volumen del 50%, mientras que Oropeza *et al.*, (2000) y Hernández (1996) reportan una disminución en volumen del 90%.

Este parámetro se midió 3 veces durante el tratamiento de la manera siguiente:

- Al inicio, es decir, cuando los residuos están en forma original, justo antes de ser fragmentados.
- Después de ser fragmentados.
- Al final de tratamiento.

Fragmentación de los RSO

La decisión para utilizar la fragmentación de los residuos en el presente trabajo fue precisamente porque en la bibliografía consultada este parámetro no es tomado en cuenta en ningún caso, sin embargo, se sabe que *E. foetida* se alimenta exclusivamente de residuos orgánicos previamente descompuestos. Es por eso que para tener un buen proceso de composteo la fragmentación de los residuos es de suma importancia, ya que ésta incrementa el área superficial aprovechable para el desarrollo de los microorganismos, de esta manera se promueve eficazmente la descomposición de los residuos orgánicos (Rojas, et al. 2001), En esta fragmentación se recomiendan medidas que oscilan entre 5 y 15 mm de diámetro según la Asociación Nacional de Distribuidores de Fertilizantes e Insumos Agropecuarios del Sector Social, (ANDFIASS, 1998).

En el presente trabajo se manejaron dos tipos de fragmentación de los RSO de la siguiente manera:

Fragmentación fina (lote 1)

La talla de estas partículas se consiguió haciendo una fragmentación de los residuos con la ayuda de un extractor de jugos de frutas, considerando que las partículas generadas con este aparato son de una textura fina y que corresponden a las recomendadas (ANDFIASS, 1998).

Fragmentación gruesa (lote 2)

La talla de estas partículas se consiguió haciendo una fragmentación de los residuos en forma manual (con cuchillo), considerando una talla de 1 a 3 cm² aproximadamente.

Talla original (lote testigo)

Este consistió en RSO sin fragmentar, es decir, estos residuos fueron tal y como se recogieron de las fuentes generadoras.

Precomposteo de los RSO

Es durante la etapa de precomposteo donde se da una etapa termofílica donde se alcanzan temperaturas de hasta 65 °C, y son precisamente estas temperaturas las que inhiben el desarrollo la lombriz. La importancia de conocer el tiempo de precomposteo, estriba en que a partir de este momento se puede realizar la siembra de la lombriz a este sustrato ya que se puede garantizar la sobrevivencia de la misma, es decir, existen las condiciones fisicoquímicas en las cuales la lombriz no morirá, además de contar con su fuente de alimento.

Es el tiempo de precomposteo donde se observan las mayores discrepancias en cuanto resultados obtenidos en diferentes reportes consultados, Aguilar, (1997) reporta un periodo de precomposteo de 10-20 días según el sustrato utilizado, Farrell, (1998) refiere sólo 10 días, Oropeza, (2000) reporta un periodo de dos semanas al igual que Santa María, (1996), mientras que Hernández, (1996) reporta un periodo de 80 días.

Con base en lo anterior se observa que no se cuenta con un registro exacto del tiempo de precomposteo, en el presente trabajo se estableció dicho periodo mediante la medición de la temperatura desde el inicio del precomposteo, al momento de llegar a una estabilización de la temperatura, se considera que la etapa termofílica ha concluido y por lo tanto la adecuada para la incorporación de la lombriz. Según, Santa María, (1996) valores inferiores a 25°C son las adecuadas.

Lombricomposteo

Esta etapa comprende el periodo en el cual la materia orgánica es utilizada como fuente de alimento por la lombriz dando origen a la lombricomposta

después de ser digerida, es durante este periodo donde se lleva a cabo el ciclo de vida de este organismo.

Biomasa de lombrices

Este parámetro se llevó a cabo con la finalidad de observar la ganancia o aumento de la población de lombrices durante este periodo y se llevó del siguiente modo:

- Al inicio de tratamiento, para la primera fase se agregaron 100 lombrices en estado adulto en cada lote y en la segunda fase 8 lombrices, también en estado adulto para cada lote, el estado adulto se considera cuando la lombriz presenta clitelio.
- Al final del tratamiento, se llevó un conteo de lombrices en estado de madurez sexual y en etapa juvenil, así como del número de huevos o capullos.

4.3 Materiales

- Termómetro convencional con capacidad de 0-100 °C
- Extractor de jugos marca turmix
- Caja de cartón con capacidad de 0.25 m³
- Báscula con capacidad de medición de 100 gr a 25 Kg
- Recipientes de plástico
- Regadera manual
- Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)
- Aspersor de agua manual

4.4 Participación comunitaria del barrio de Santiaguito

Mediante la participación comunitaria del barrio de Santiaguito de este municipio decidieron implementar y promover el proyecto entre los habitantes del barrio de Santiaguito, para el manejo y aprovechamiento de sus RSO.

Captación de los RSO

Las familias participantes se encargan de depositar sus residuos en un recipiente metálico de 200 litros de capacidad, donde se lleva a cabo el precomposteo de los residuos.

Uso de la lombricomposta

Se pretende utilizar la lombricomposta como abono orgánico para la siembra de hortalizas, esto con el objeto de que la gente involucrada en este proyecto aprecie los beneficios que trae consigo esta práctica.

4.5 Metodología de la primera fase experimental

Obtención de lombrices

Estas se consiguieron en la empresa *Lombricultura Técnica Mexicana* en la colonia San Diego en Texcoco, Estado de México, esta empresa se dedica a la comercialización de lombricomposta y lombriz, garantizando que la especie que se adquiere es la requerida en este trabajo.

El sustrato utilizado para la cría de lombrices en esta empresa, es estiércol de ganado vacuno, que lo hace ser un excelente medio para el desarrollo de esta especie de lombriz.

Obtención de RSO.

Los RSO se obtuvieron en el mercado local de la colonia San Felipe de Jesús de la Delegación Gustavo A. Madero. Los desechos consistieron básicamente en desperdicios de una gran variedad de frutas y verduras tales como naranjas, cáscara de melón, cáscara de piña, pepino, manzanas, plátanos, mangos, papayas, hojas de elote, cilantro, apio, epazote, hojas de lechuga, ejotes, chícharos, etc. Cabe aclarar que estos residuos son representativos del barrio de Santiaguito, los cuales básicamente son los que se producen en cualquier hogar de México, es preciso mencionar que por experiencia de los colonos que los residuos de todo tipo de carne (res, pescado, pollo, etc.) no se utilizan, debido a que resultan atractivos para los roedores, principalmente ratas y ratones, los cuales se convierten en un problema difícil de erradicar.

Sitio del tratamiento y fecha de inicio.

Esta primer fase se llevó a cabo en la casa del autor de este proyecto por la disponibilidad de un espacio y con la ventaja de tener acceso a las mediciones que se realizaron durante el tratamiento. La fecha de inicio de los trabajos de este proyecto fue el día 15 de marzo del 2001, abarcando las actividades medición de volumen de los RSO, molienda e inicio del precomposteo.

Volumen de los RSO

El volumen total de RSO utilizados en esta fase fue de 0.25 m^3 , la medición de este se llevó a cabo con una caja de cartón con esta misma capacidad (figura 5).



Figura 5. Volumen de los RSO

El peso de los RSO en este volumen fue de 22 kg que fue repartido en tres partes iguales (7.330 kg), una para cada lote experimental.

Fragmentación de los RSO

Se obtuvieron dos tallas de los RSO a las que llamamos:

- Textura fina para el lote 1, que comprendía una talla aproximada de 10 mm mediante la molienda con un extractor de jugos marca Turmix y
- Textura gruesa para el lote 2, que comprendía una talla aproximada de 1-3 cm², la fragmentación de estos RSO se logró con un cuchillo casero (figura 6).

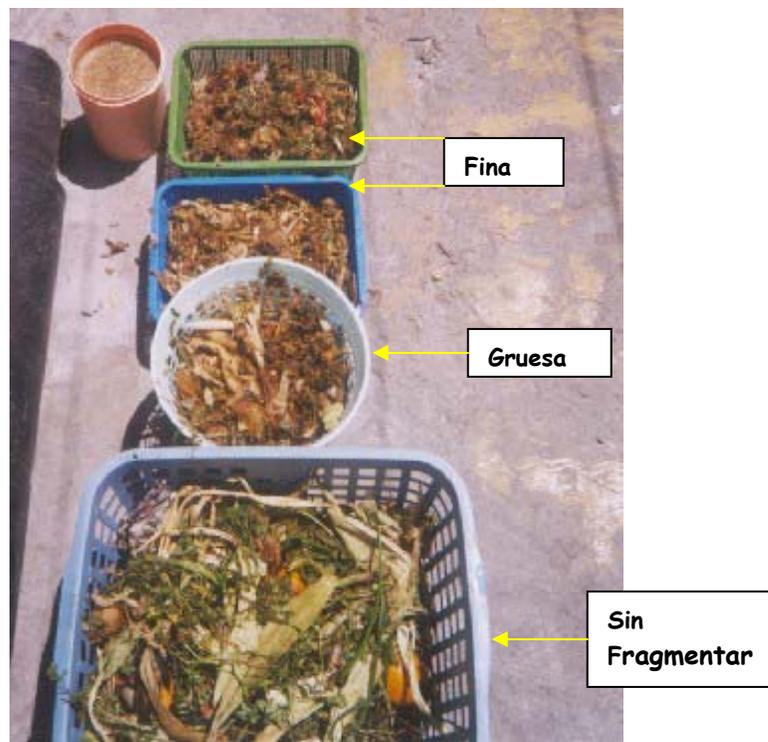


Figura 6. Fragmentación de los RSO

Precomposteo

Para esta actividad se decidió utilizar recipientes de plástico para lograr que los residuos no se esparcieran y de algún modo tener un mejor control sobre ellos, estos recipientes totalmente ranurados (figura 7) tienen las características de no interferir en el proceso del precomposteo, ya que la aireación, el contacto con agua de lluvia y la incidencia solar no obstaculicen el proceso.



Figura 7. Medición de la temperatura

Humedad

La humedad de los residuos se controló en forma cualitativa durante todo el proyecto, es decir los RSO se mantuvieron húmedos mediante riegos con agua, tratando de que estos no se llegaran a secar.

Temperatura

La medición de la temperatura se llevó a cabo cada tercer día en un horario de 8:00 a 8:30 horas antes que la radiación solar influyera en la temperatura de cada lote, pues las mediciones no hubieran sido confiables (figura 7).

4.6 Resultados de la primera fase experimental

4.6.1 Desarrollo técnico

Volumen

El volumen disminuyó un 20% en los lotes 1 y 2 al efectuarse la molienda de los RSO. Al final del tratamiento el volumen disminuyó el 50%, (figura 8).

Comportamiento del volumen de los RSO durante el tratamiento

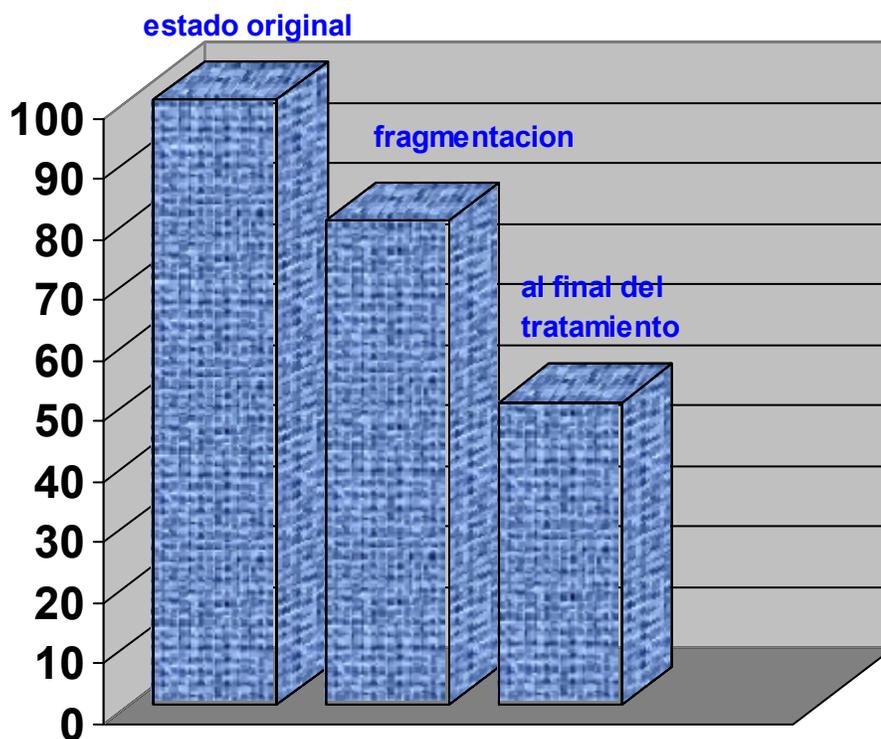


Figura 8. Reducción del volumen de los RSO durante el tratamiento

Esta figura 8 nos muestra el comportamiento del volumen de los RSO, se aprecia una disminución del 50% al final del tratamiento.

Temperatura

Se tomaron los promedios semanales de las lecturas durante el precomposteo para el lote 1 y 2 respectivamente (figuras 9 y 10).

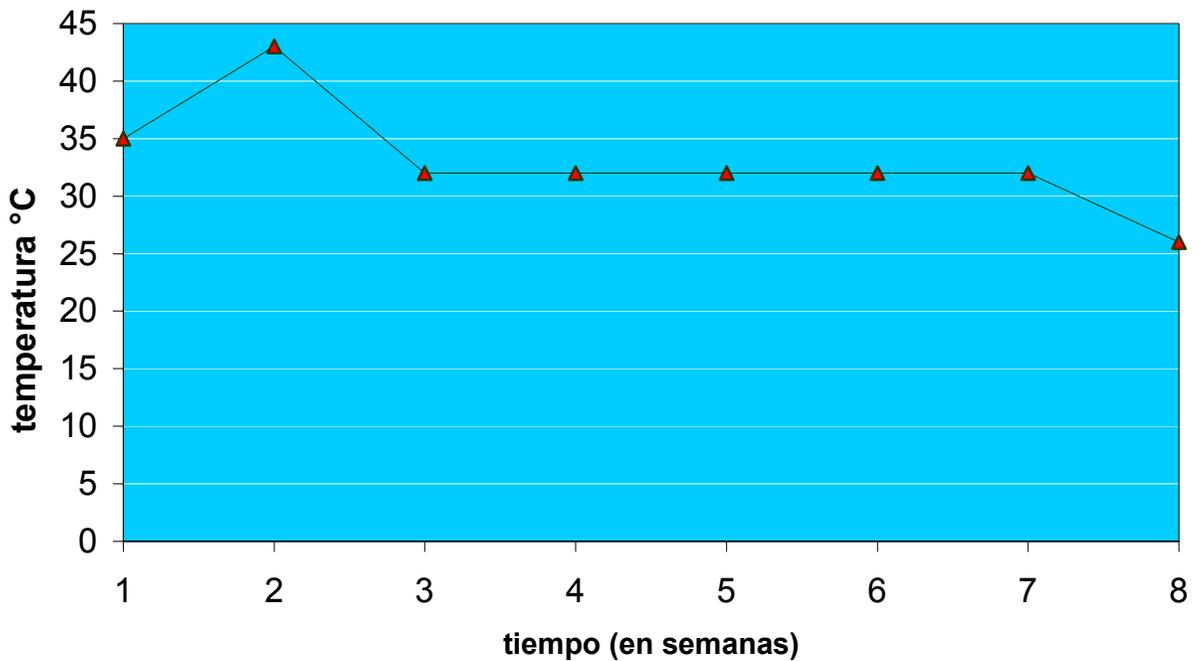


Figura 9. Evolución de la temperatura durante el proceso con fragmentación fina.

En esta figura 9 se observa una ligera elevación de la temperatura durante la primer semana de precomposteo, las temperaturas máximas que se registraron fueron durante la segunda semana, como se puede constatar en este periodo es donde se alcanza la mayor actividad bacteriana, posteriormente a partir de la tercera semana la temperatura desciende a 32°C manteniéndose constante prácticamente durante cuatro semanas. En la octava semana se vuelve a observar nuevamente un descenso en la temperatura que alcanza 26°C aproximadamente, es justo en este periodo donde se realizó la siembra de las lombrices considerando que esta temperatura es la ideal para su desarrollo.

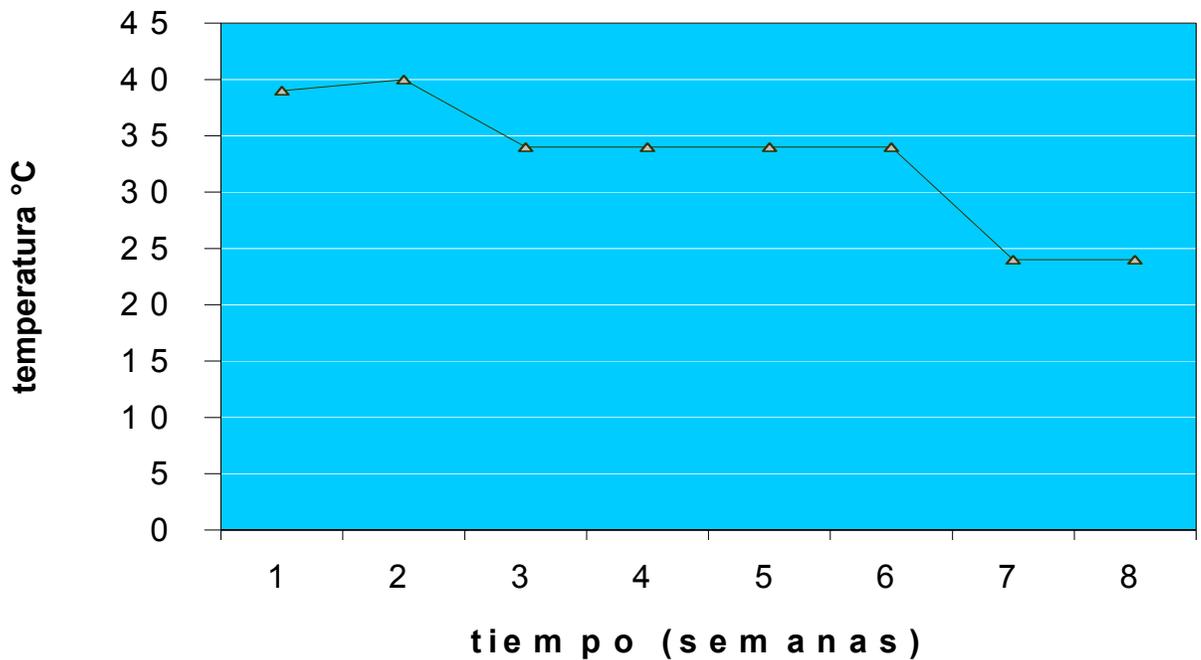


Figura 10. Evolución de la temperatura durante el proceso de precomposteo con fragmentación gruesa.

En esta figura 10 se observa una elevación de la temperatura durante la primera semana de precomposteo, el registro de la temperatura máxima de 40 °C se da durante la segunda semana donde se alcanza la mayor actividad bacteriana, a partir de la tercera semana la temperatura desciende a 34 °C manteniéndose constante durante tres semanas. Posteriormente en la séptima semana se observa nuevamente una disminución de la temperatura que alcanza 24 °C, manteniéndose estable hasta la octava semana, es justo en este periodo donde se realizó la siembra de las lombrices considerando que esta temperatura es la ideal para su desarrollo.

Lote 3 o testigo

No existió variación en la temperatura desde el inicio del tratamiento, esta se mantuvo constante, pudo deberse a que la degradación de estos RSO se dio de forma muy lenta, o que ésta no se llevó a cabo, ya que al final los RSO presentaban una apariencia física sin modificaciones apreciables.

Siembra de las lombrices

La siembra de lombrices se llevó a cabo a la semana número 9 (16 de mayo del 2001), sembrando 100 lombrices en cada lote. Respecto al lote 3 no sobrevivieron las lombrices, al final del proceso no se encontró una sola lombriz, deduciendo que estos residuos no se descompusieron en su totalidad, lo que se observa en la apariencia física, una gran cantidad de estos residuos aún presentaban su forma casi original, percibiéndose esto en residuos con alto contenido en fibras vegetales.

Cabe hacer mención que la consistencia de los RSO de los lotes 1 y 2 al final del precomposteo presentaron una consistencia parecida a una pasta, sin que se apreciaran diferencias entre ellos. Ante esto se puede decir que la fragmentación de los RSO juega un papel importante pues favorece la descomposición de los residuos y que la diferencia en las tallas durante su fragmentación no fue determinante.

Ganancia en el número de individuos al final del proceso de lombricomposteo. Después de 60 días de la fecha de siembra se llevó a cabo el conteo de las lombrices en sus diferentes etapas, además del número de huevos o capullos (tabla 2).

Tabla 2. Obtención de lombrices al final del tratamiento

TRATAMIENTOS	SIEMBRA INICIAL DE LOMBRICES	NUMERO FINAL DE LOMBRICES ADULTAS	NUMERO FINAL DE LOMBRICES JUVENILES	NUMERO FINAL DE CAPULLOS	TOTAL DE LOMBRICES
LOTE 1 FRAGMENTACIÓN FINA	100	140	84	62	224
LOTE 2 FRAGMENTACION GRUESA	100	165	101	54	266
LOTE 3 SIN FRAGMENTAR	100	0	0	0	0

Fuente: trabajo experimental

Esta tabla nos muestra la eficacia del tratamiento tanto en el lote 1, como en el lote 2 comparadas con el lote testigo, la población total de las lombrices se vio incrementada a más del doble en los dos casos, obteniendo ligeramente mejores resultados en el lote 2, en cuanto al número de capullos se observa una alta producción de estos en ambos lotes, queriendo decir con esto que existieron las condiciones adecuadas para que las lombrices pudieran seguir proliferando ver figuras 11, 12, 13 y 14.

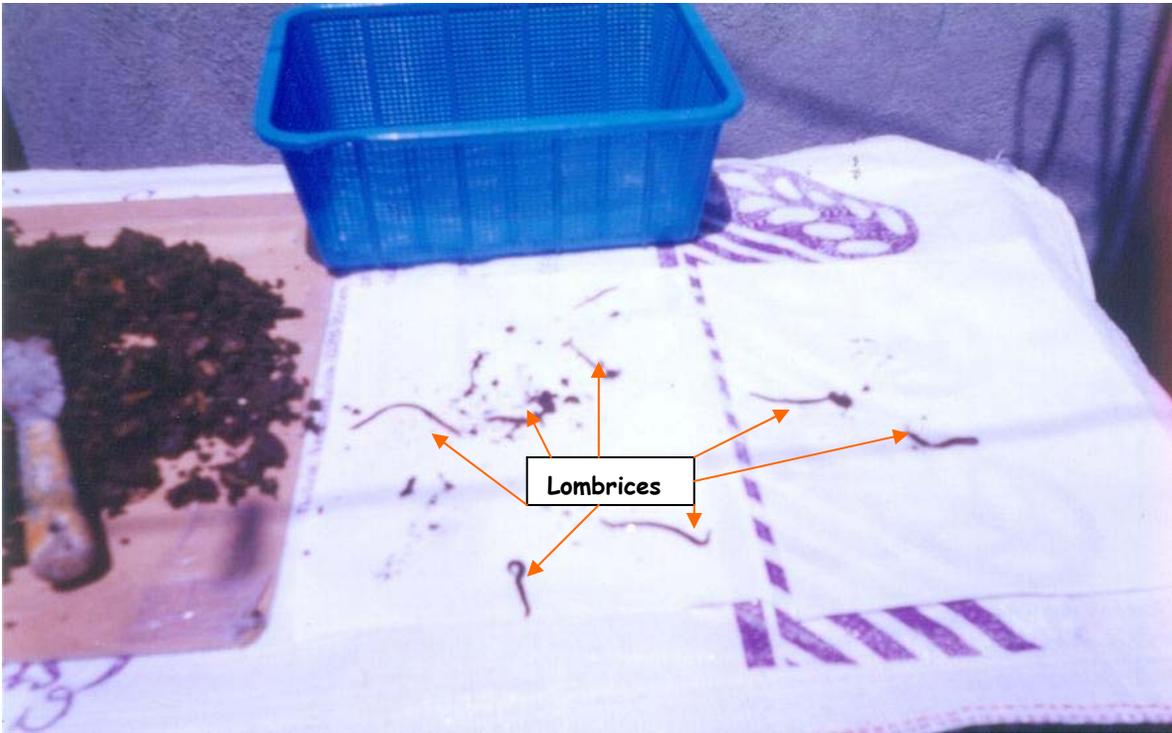


Figura 11. Inicio del conteo de lombrices



Figura 12. Final del conteo de lombrices



Figura 13. Aspecto de forma y tamaño de una lombriz juvenil

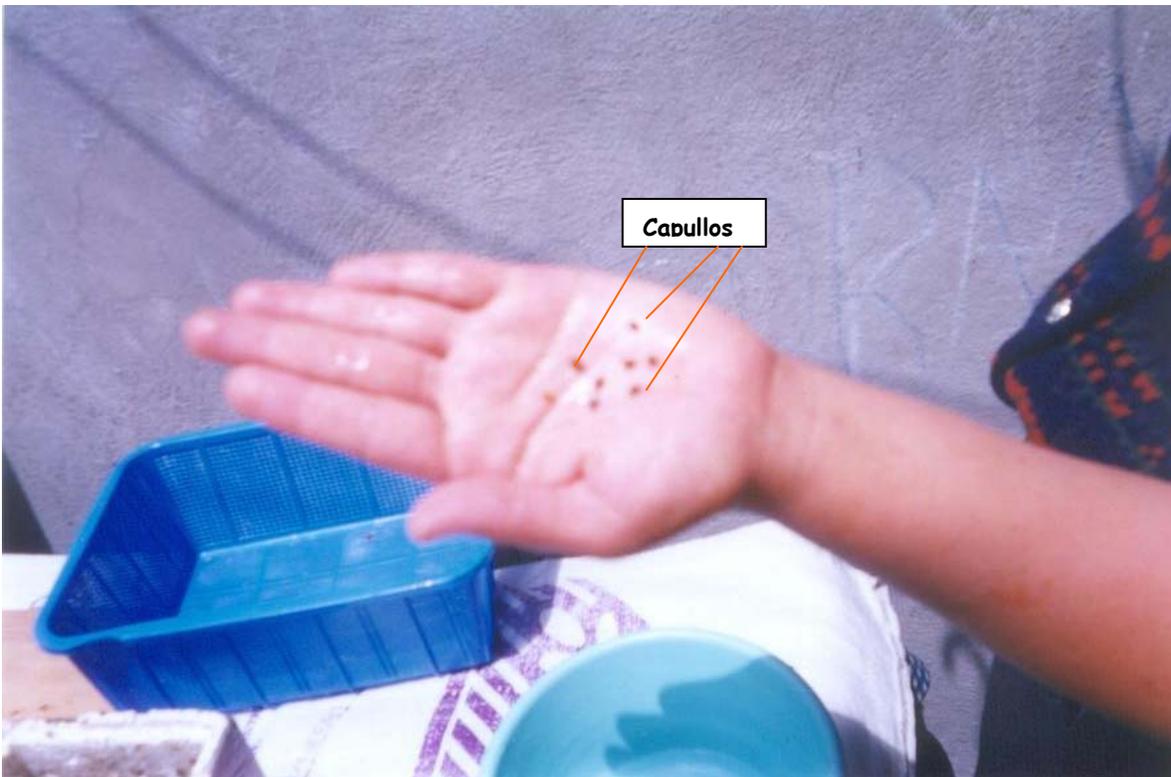


Figura 14. Conteo de huevos o capullos de *E. foetida*

4.7 Segunda fase experimental

Con el propósito de dar mayor rigor científico a los resultados de laboratorio y aumentar el grado de confiabilidad de estos, se realizaron nuevas pruebas por triplicado para confirmar los parámetros que las lombrices necesitan para su adecuado desarrollo utilizando RSO. Es importante mencionar que en esta fase ya no se contó con un lote testigo (residuos en su forma original), dados los resultados obtenidos en la primer fase.

El inicio de esta fase se llevó a cabo el 28 de febrero del 2002, la fragmentación de los RSO, el precomposteo, el control de la humedad y temperatura se llevaron a cabo de la misma manera que en la primer fase experimental.

Una vez obtenido el sustrato para alimentar a las lombrices se determinó la ganancia de biomasa de lombriz, mediante el conteo de individuos, tal y como se hizo en la primer fase experimental.

Para conocer la ganancia que se obtiene en biomasa de lombriz, se sembraron ocho lombrices en etapa adulta en 300 gramos de sustrato, esta cantidad se considera suficiente para mantener a las lombrices durante dos meses, considerando este tiempo el óptimo para observar el grado de multiplicación de las lombrices, no olvidando que es este periodo para que una lombriz alcance su madurez sexual desde que eclosiona.

El sitio para llevar a cabo estas actividades fue el laboratorio de Monitoreo Ambiental y Análisis del CIIEMAD.

4.8 Resultados de la segunda fase experimental

Temperatura

Se tomaron los promedios semanales por cada tipo de fragmentación obteniendo los resultados presentados en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Lecturas promedios de la temperatura durante el precomposteo

Fragmentación fina			
SEMANAS	Lote A (°C)	Lote B (°C)	Lote C (°C)
1	37	36	35
2	44	42	43
3	30	34	31
4	33	34	32
5	33	34	32
6	33	34	32
7	30	28	26
8	26	23	27

Fuente: Trabajo experimental

Como lo muestra la tabla 3, la temperatura tuvo un comportamiento similar para las tres repeticiones, observándose en la segunda semana los valores más altos de la temperatura, sugiriendo que la etapa termofílica de este proceso se da durante este periodo, a partir de la tercer semana la temperatura descendió en un rango de 30 a 34 °C manteniéndose casi constante durante 4 semanas, es a partir de la semana 7 que la temperatura desciende logrando la temperatura más baja a partir de la semana 8, ver figura 15.

Es justo a partir de esta semana donde se considera pertinente realizar la siembra de la lombriz.

La textura de los RSO al final del precomposteo al igual que en la primera fase, fue en forma de pasta para los dos tipos de fragmentación sin que se apreciaran diferencias entre estos.

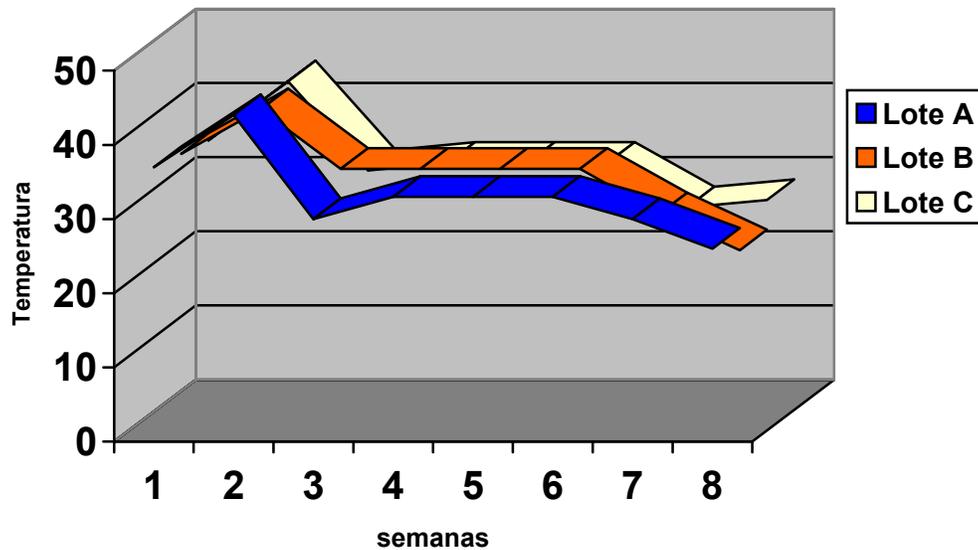


Figura 15. Evolución de la temperatura durante el proceso de precomposteo, con fragmentación fina

Tabla 4. Lecturas promedio de la temperatura durante el precomposteo

Fragmentación gruesa			
SEMANAS	Lote A (°C)	Lote B (°C)	Lote C (°C)
1	35	35	38
2	41	42	43
3	33	32	33
4	31	32	32
5	31	32	32
6	31	32	32
7	30	30	28
8	26	25	24

Fuente: Trabajo experimental

Como lo muestra la tabla 4, el comportamiento de la temperatura siguió con el mismo patrón que se tuvo con la fragmentación fina de los RSO, es decir las temperaturas máximas se presentaron durante las primeras dos semanas, se

considera el mismo comportamiento que se da en la descomposición de la materia orgánica por digestión bacteriana, a partir de la semana 3 la temperatura tuvo un descenso con valores de 28 a 33 °C , mientras que las temperaturas más bajas se dieron a partir de la octava semana, ver figura 16.

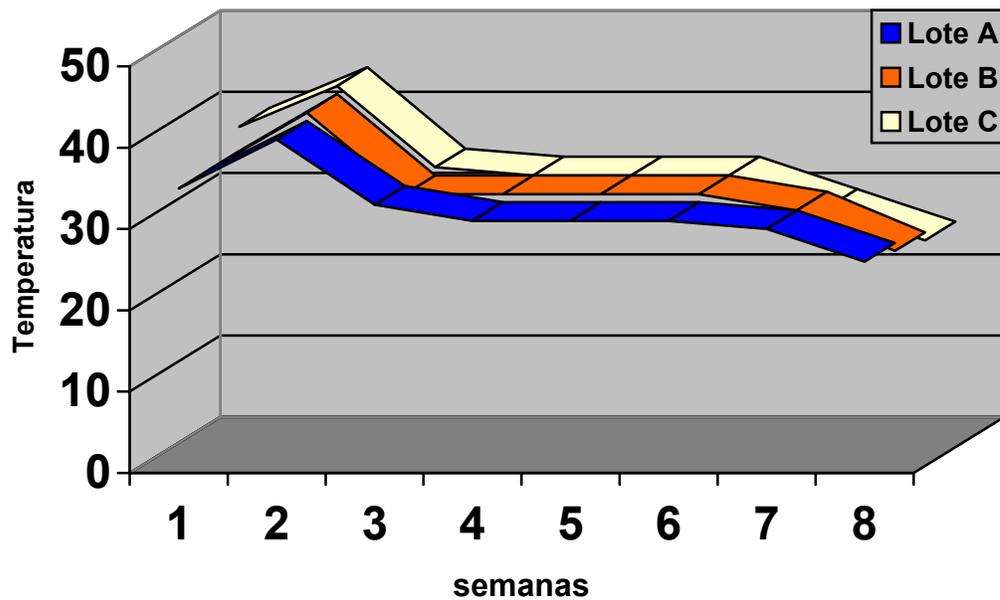


Figura 16. Evolución de la temperatura durante el proceso de precomposteo, con fragmentación gruesa

Es importante mencionar que la temperatura se comportó de manera similar en las dos fases experimentales, por lo que se sugiere que la materia orgánica que entra en descomposición sigue el mismo proceso para todos los casos, siempre y cuando se den las condiciones adecuadas para que se lleve a cabo.

En los dos casos la fragmentación de los residuos es un factor importante para que se den las condiciones en la descomposición de los RSO, el tamaño de fragmentación no significó que se dieran diferencias en este proceso.

Siembra de lombrices

Este proceso se inició justo después del proceso de precomposteo el día 29 de abril del 2002 obteniendo los siguientes resultados que son mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Obtención de biomasa de lombrices al final del tratamiento

TRATAMIENTOS	SIEMBRA INICIAL # DE LOMBRICES			# FINAL DE LOMBRICES ADULTAS			# FINAL DE LOMBRICES JUVENILES			# FINAL DE CAPULLOS		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Lotes												
Fragmentación fina	8	8	8	13	11	15	20	17	15	12	11	8
	PROMEDIO 8			PROMEDIO 13			PROMEDIO 17			PROMEDIO 10		
Fragmentación gruesa	8	8	8	12	13	13	16	24	18	7	10	9
	PROMEDIO 8			PROMEDIO 13			PROMEDIO 19			PROMEDIO 8		

Fuente: Trabajo experimental

Esta tabla 5 nos muestra una alta tasa de natalidad de la lombriz, se obtuvo un incremento casi del 60% en promedio para los dos tipos de fragmentación, en cuanto al conteo de lombriz en etapa juvenil se encontró un incremento mayor del 200%, el número de capullos también se aprecia un número elevado de estos también para ambos tipos de fragmentación, por lo que se considera que el tratamiento se mantuvo de manera óptima. A continuación los valores se representan en la figura 17 para los RSO con fragmentación fina y la figura 18 para los RSO con fragmentación gruesa.

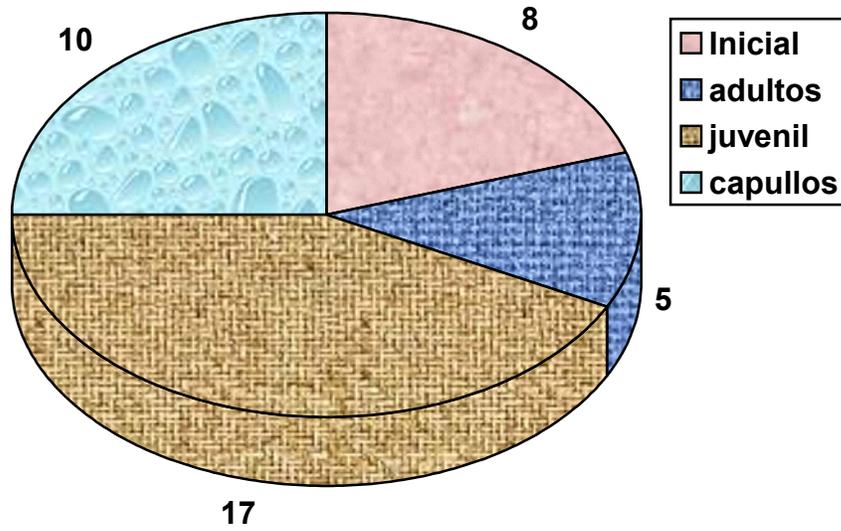


Figura 17.-Conteo de lombrices al final del tratamiento con fragmentación fina

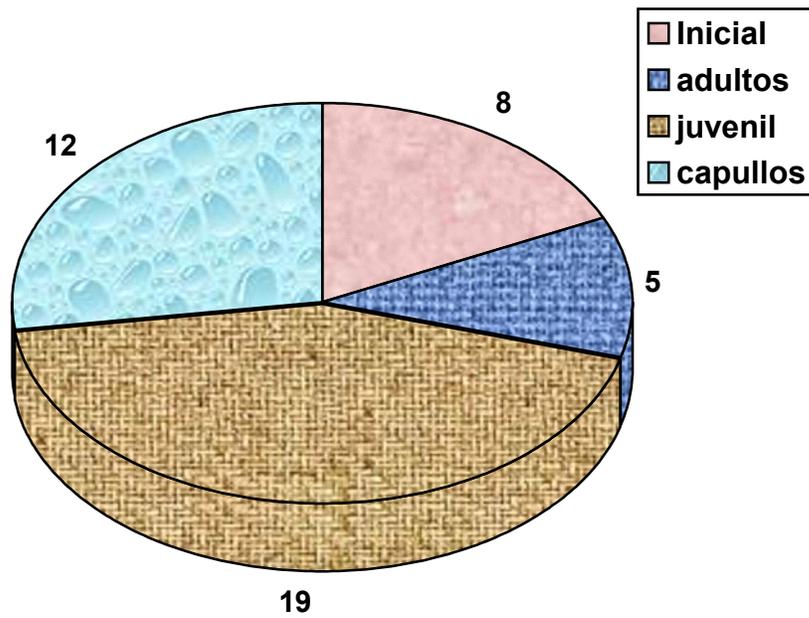


Figura 18. Conteo de lombrices al final del tratamiento con fragmentación gruesa

CAPITULO 5

5.1 Beneficios económicos de la lombricultura en Santiaguito

Entre las finalidades del proyecto, está el de generar ingresos por la venta de subproductos que se deriven de la lombricultura para el beneficio de la comunidad para cubrir algunas necesidades para sus habitantes, tales como un local para un jardín infantil, áreas deportivas, cementerio local, entre otras (Quispe, 2000).

Para llevar a cabo el análisis económico se hizo el contacto con algunos lombricultores del país donde se cotizaron precios de la lombriz así como de la lombricomposta ver tabla 6.

Tabla 6. Lista de lombricultores

LOMBRICULTOR	ESTADO	TELEFONO	PRECIO LOMBRICOMPOSTA EN MONEDA NACIONAL	PRECIO LOMBRIZ EN MONEDA NACIONAL
Ana Lilia Escamilla Franco	Yucatán	986-09-72	No vende	300
Salvador Delgado Rodríguez	Chihuahua	13-20-62	1,500	400
Miguel Bernard	Distrito Federal	56-61-88-70	1,700	500
Daniel Romero Parisi	Veracruz	12-65-75	1,200	300
Claudia Martínez Cerdas	Edo. Mexico	595-45-195	1,500	500
Rodrigo Palma Guarneros	Puebla	22-48-34-26	No vende	500
Lombricultura mexicana	Edo. Mexico	52-59-12-98	1,600	No vende

De acuerdo a la tabla anterior el precio promedio de lombriz es de 400 pesos por kg, mientras que el precio de lombricomposta es de 1,500 pesos por tonelada.

Para realizar la proyección de los beneficios económicos que se pudieran generar en esta localidad se tomaron en cuenta los siguientes aspectos; generación per cápita de residuos (producción de residuos promedio por

habitante/día), producción de lombricomposta y lombriz por Kg de RSO y precios de los subproductos.

Generación per cápita

De acuerdo al Gobierno del Estado de México (www.edomex.gob.mx.2001) la generación per cápita en el estado es de 0.700Kg, de los cuales el 60% son residuos orgánicos, ver figura 19.

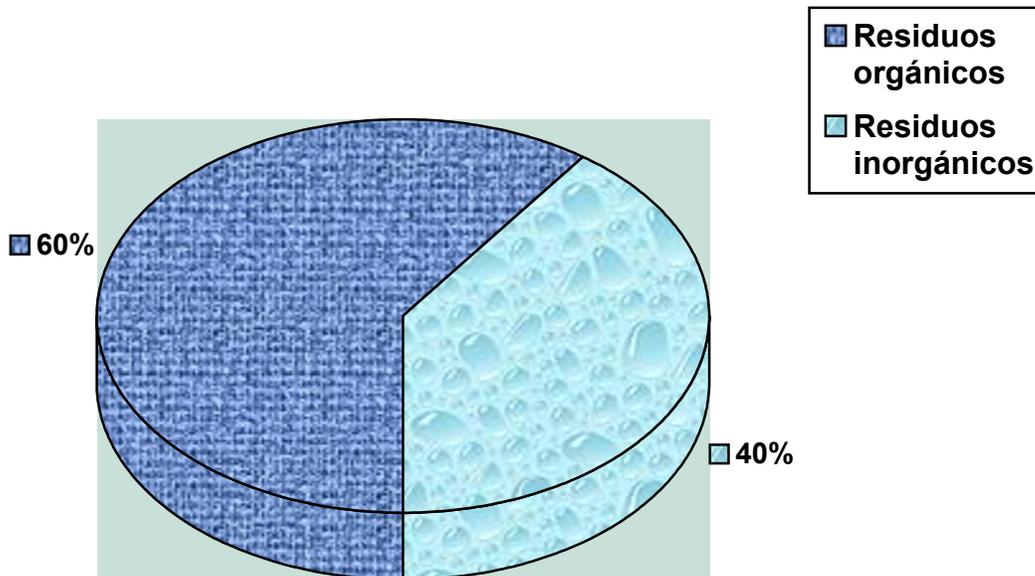


Figura 19. Tipo de residuos

Según Quispe (2000), en el Barrio de Santiaguito habitan aproximadamente 1,200 personas, considerando lo anterior tenemos una producción diaria de 840 Kg de RSM, de los cuales se pueden obtener 504 Kg de RSO.

Por otro lado si se considera que por cada Kg de RSO se obtiene el 50% aproximadamente de lombricomposta, 10% de biomasa de lombriz y el 40% restante se utiliza durante el metabolismo de la lombriz y se pierde también por evaporación (De Sanzo, 1999), tal y como se ilustra en la figura 20.

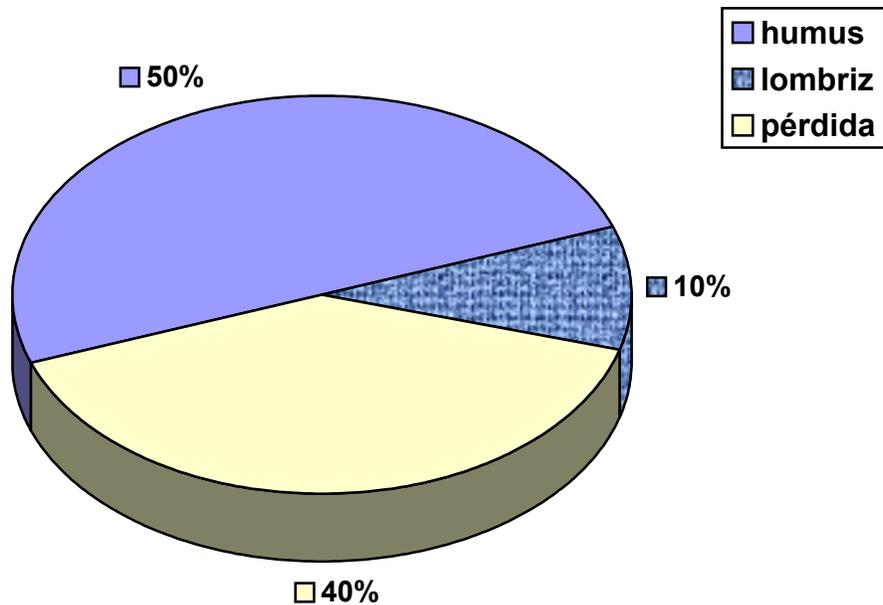


Figura 20. Obtención de subproductos por cada Kg de RSO

Por lo anterior se obtiene la siguiente producción en caso de que se diera la participación de todos los habitantes de la comunidad reportados por Quispe (2000):

Tabla 7 Producción al día de subproductos

PRODUCCIÓN EN Kg AL DIA EN LA COMUNIDAD				
HABITANTES	RSM	RSO	LOMBRICOMPOSTA	LOMBRIZ
1200	840	504	252	50.4

La tabla 7 muestra que aprovechando los residuos orgánicos que generan los habitantes de la comunidad llevando a la práctica la lombricultura, se pueden llegar a producir 252 Kg de lombricomposta al día, pudiéndose generar 378 pesos diarios, tomando en cuenta el valor que tiene este subproducto en el mercado, cabe hacer mención que en el municipio de Texcoco, la lombricomposta tiene una demanda aceptable entre los floricultores, por lo que

este producto puede llegar a incorporarse al mercado sin dificultad. En cuanto a la producción de lombriz, ésta sería de 50 Kg al día, el problema consiste en que la lombriz actualmente no cuenta con una demanda que pueda garantizar su venta. La alternativa pudiera ser tal vez, su aprovechamiento para la elaboración de alimentos balanceados para la cría de animales.

En caso de que no participara toda la comunidad, se hace el cálculo de producción de subproductos por persona al día, tabla 8.

Tabla 8 Producción al día de subproductos por habitante

PRODUCCIÓN DIARIA POR HABITANTE			
RSM	RSO	LOMBRICOMPOSTA	LOMBRIZ
0.700	0.420	0.210	0.042

Esta tabla 8 muestra la producción por cada habitante de la comunidad, por lo tanto, la obtención de recursos en el caso de que no todos los habitantes de la comunidad participen, va a estar ligada directamente al número de habitantes participantes.

Observando los resultados anteriores podemos afirmar que los residuos sólidos manejados adecuadamente dejarían de ser el grave problema ambiental que actualmente representan, por otro lado, utilizando la lombricultura como una alternativa para aprovechar los RSO podría ser una buena opción para que esta comunidad genere recursos económicos, los cuales podrían ser canalizados entre sus habitantes como una aportación extra a sus entradas económicas o realizar mejoras en su comunidad.

Es más, a partir de estos datos obtenidos se puede señalar que la lombricultura es una actividad altamente productiva en términos económicos, además de ser una inmejorable opción para amortiguar el impacto ambiental que generan los residuos como tales.

5.2 Discusión

Como se mencionó anteriormente, una de las partes importantes del presente trabajo fue el planteamiento de una parte técnica que diera elementos de análisis críticos para proporcionar herramientas útiles en el manejo de los RSO utilizando la lombricultura. Para lo anterior, se tomaron en cuenta algunos

parámetros que los especialistas consideran de los más importantes llevar a cabo la lombricultura de una manera correcta; tal es el caso del precomposteo de los RSO, y humedad, por otro lado, se consideraron algunos parámetros como la fragmentación y la temperatura durante el precomposteo, ya que estos no se mencionan en ningún caso en la bibliografía consultada. Los resultados se dieron de la siguiente manera:

El volumen de los residuos durante todo el proceso tuvo un comportamiento interesante, ya que este disminuyó un 50% de su volumen inicial, obteniendo resultados similares a los reportados por Santa María (1996), el volumen se tomó en cuenta para proyectar áreas que sean requeridas cuando se vaya a implementar la lombricultura a cualquier escala, es importante mencionar que para llevar a cabo esta práctica es necesario contar con tres áreas principales, en este caso sería: a) un área dónde depositar los residuos orgánicos provenientes de su fuente generadora, b) un área para llevar a cabo el precomposteo y c) área para el lombricomposteo.

La fragmentación de los residuos durante este proyecto fue fundamental, ya que los residuos tuvieron un comportamiento similar en su descomposición sin variaciones importantes, tal y como lo sugiere la ANDFIASS (1998) la fragmentación de los residuos incrementa el área de contacto para el desarrollo de los microorganismos promoviendo una descomposición eficaz de éstos, esto se reflejó en el comportamiento de la temperatura en las dos fases experimentales, sugiriendo por lo tanto que la materia orgánica que entra en proceso de descomposición tiene un mismo patrón de comportamiento, siempre y cuando se den las condiciones adecuadas, esto también se vio reflejado en el tiempo requerido para el precomposteo que fue similar en todos los casos. Cabe hacer mención que la talla de fragmentación no fue determinante, ya que no se observaron diferencias significativas en los resultados, en cuanto a la textura al final del precomposteo de estos residuos fue la misma, es decir, no se diferenciaba una de otra, la consistencia adquirida de los dos tipos de fragmentación fue en forma de pasta.

La medición de la biomasa de las lombrices o conteo, corroboró la eficacia de estos organismos para aprovechar este tipo de residuos como fuente alimenticia, los resultados reflejan que los RSO previamente descompuestos cumplen con los requerimientos básicos para que *E. foetida* se desarrolle de buena manera.

En cuanto a los beneficios económicos que se pudieran obtener en el barrio de Santiaguito llevando a cabo la lombricultura utilizando los RSO que generan los habitantes de esta comunidad, refleja una posibilidad de generar recursos, principalmente por la producción de composta y su posible venta; es necesario mencionar que el municipio de Texcoco es en gran porcentaje agrícola y un potencial demandante de este producto, por lo que la introducción al mercado de este producto no significaría algún obstáculo, sin embargo, la generación de recursos por la venta de la lombriz puede representar todavía un problema, ya que aún no se cuenta con un mercado para este producto u organismo, dada la alta producción de lombriz que se pudiera generar en la comunidad y su posible comercialización, sería sin duda mediante la búsqueda de alternativas viables para su introducción al mercado, tal vez una vía posible fuera la elaboración de alimentos balanceados para la cría de animales, esto gracias a la calidad nutritiva que tiene la carne de lombriz.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

La fragmentación de los residuos sólidos orgánicos en el desarrollo de la lombricultura durante la fase experimental jugó un papel importante ya que de acuerdo a los resultados obtenidos, permitió proporcionar elementos técnicos para un mejor aprovechamiento de esta práctica. Dado lo anterior las pequeñas comunidades rurales o urbanas tendrán la posibilidad de contar con elementos críticos para llevar a cabo la lombricultura asimilando la experiencia llevada a cabo en este trabajo de investigación.

Conocer los principios básicos para llevar a cabo una descomposición de la materia orgánica fue importante ya que los residuos orgánicos tienen el mismo patrón de comportamiento durante su descomposición, siempre y cuando también se le den las condiciones necesarias para que esta se desarrolle de una manera adecuada, esto se vio reflejado en el comportamiento que tuvo la temperatura durante la fase de precomposteo, la cual fue similar en todos los casos, en este caso la fragmentación es el parámetro más importante que provee las condiciones a los residuos orgánicos para que estos cumplan con los requerimientos básicos que necesita un sustrato para que este pueda ser empleado en la cría de la lombriz, coincidiendo además con la recomendación que da la Asociación Nacional de Distribuidores de Fertilizantes e Insumos Agropecuarios del Sector Social (ANDFIASS, 1998) que para que se lleve a cabo un buen proceso de composteo la fragmentación es fundamental, ya que ésta incrementa el área superficial aprovechable para el desarrollo de los microorganismos, de esta manera se promueve eficazmente la descomposición.

La medición de volumen, permitió conocer el comportamiento que tienen los residuos orgánicos durante todo el proceso de la lombricultura en áreas a utilizar, es decir, nos provee de herramientas para conocer los espacios necesarios que se necesitan para llevar a cabo un proyecto de lombricultura a cualquier escala, estableciendo que para llevar a cabo esta práctica es necesario contar con tres áreas: a) área donde depositar los residuos orgánicos que provienen de la fuente generadora, b) área para depositar los residuos después de ser fragmentados y llevar a cabo el precomposteo de estos y c) área para la elaboración de camas y llevar a cabo la lombricultura.

La obtención de recursos económicos que se pudieran generar en el barrio de Santiaguito llevando a cabo la lombricultura al utilizar los residuos sólidos orgánicos que sus habitantes producen puede ser viable, ya que actualmente existe la demanda de lombricomposta por parte de muchos floricultores en el municipio. La venta de lombriz puede resultar más difícil ya que aún no se cuenta con una demanda para este producto, una vía posible es la elaboración de alimentos balanceados para la cría de animales, entonces su posible comercialización con un valor agregado. Es posible que la generación de recursos económicos que se pudieran obtener al llevar a cabo la lombricultura no satisfaga los requerimientos básicos que necesita una familia para su sustento, pero si que los recursos que se obtengan puedan ser utilizados para algunas obras complementarias en beneficio de la comunidad.

Es preciso mencionar que la lombricultura no requiere de grandes esfuerzos ni de equipo sofisticado para llevarse a cabo, la lombricultura se puede simplificar cuidando las necesidades básicas que requiere *Eisenia foetida* para su adecuado desarrollo, es decir que se le aporten las condiciones necesarias.

Por lo anterior también se puede decir que la lombricultura funciona como una práctica sustentable para esta población o bien para quien la quiera llevar a cabo, observando que se pueden generar recursos y el cuidado del medio ambiente, sobre todo al preservar los recursos naturales mediante la reincorporación de los productos que se obtienen al llevar a cabo esta práctica sin que se utilice materia prima para su elaboración. Es importante considerar a la lombricultura como una alternativa viable para aprovechar los residuos sólidos orgánicos y sobre todo para que esta pueda ser tomada en cuenta como una parte importante en la actual gestión de los residuos sólidos municipales

En cuanto al material de difusión que se elaboró en el presente trabajo fue diseñado con el objeto de ampliar la información de manera sencilla acerca de la lombricultura, ya que el destinatario común es la gente que desconoce la parte técnica de esta práctica, principalmente amas de casa, niños y jóvenes en etapa escolar.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede aseverar que los beneficios que puede ofrecer la lombricultura son amplios tanto en zonas urbanas y rurales, resaltando: a) los ambientales, por todos los problemas ya ampliamente

comentados que estos generan, b) al campo mexicano, por la alta producción de residuos orgánicos que se generan de la cría de animales y los restos no aprovechables de los cultivos, estos se pueden convertir en productos aprovechables con un beneficio directo hacia ellos, ya que se ahorra en gastos en la compra de fertilizantes químicos sustituyéndolos por lombricomposta y también para la alimentación de animales, dados los valores nutritivos que contiene la lombriz, y c) a la salud, ya que aprovechando la lombriz se puede incorporar como una fuente alterna de proteínas para la alimentación humana, dadas las condiciones en las que se encuentran algunos de nuestros campesinos y clases marginadas del país.

La lombricultura es una práctica que se puede llevar a cabo de manera masiva en cualquier comunidad, siempre y cuando existan los medios y disposición necesarios para que esta pueda prosperar. En nuestro país la lombricultura puede ayudar a disminuir problemas en comunidades rurales donde generalmente existen problemas de pobreza extrema, produciendo, por que no, una fuente alterna de proteínas por el consumo de la lombriz o en forma de harina para su consumo, para esto es necesario dejar a un lado prejuicios que tienen la mayoría de autoridades para implementar un programa de este tipo, cabe recordar que en muchas comunidades de nuestro país existe gente que aún muere por enfermedades relacionadas directamente con la mala nutrición, por otro lado se pueden elaborar alimentos balanceados para la cría de animales domésticos que generalmente tiene la gente de estas comunidades. Puede contribuir también para aumentar la productividad de sus cosechas, en este caso utilizando el abono orgánico que genera la lombricultura.

Siempre y cuando se tenga un programa adecuado y que este tenga los recursos necesarios, la lombricultura puede ser viable en las grandes ciudades para aprovechar los residuos orgánicos.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede recomendar ampliamente la lombricultura como una práctica ecológica sustentable tomando en cuenta que ayuda a minimizar el problema que ocasionan los residuos sólidos orgánicos cuando estos no son manejados de manera adecuada, además de la reincorporación de nuevos productos al ciclo natural sin que represente el

gasto de materias primas, pudiendo generar recursos financieros a partir de materia de desecho.

Que la lombricultura al ser vista como una práctica sustentable, las zonas rurales marginadas puedan ser tomadas en cuenta para verificar los beneficios directos que puedan adquirir estas comunidades y poder valorar la importancia e impacto de esta práctica.

Bibliografía.

Aguilar, B. G. 1997. *Uso Potencial de la Lombriz de tierra en la transformación de Residuos sólidos orgánicos en Chapingo, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp 171.

Asociación Nacional de Distribuidores de Fertilizantes e Insumos Agropecuarios del Sector Social. 1998. *Como elaborar una composta*. ANDFIASS. México. pp 9.

Dávila, Villarreal A. 1990. *Crónica de los residuos sólidos y peligrosos*. Memorias del simposio Los residuos sólidos y peligrosos, presente y futuro de un problema nacional. México. Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos. PP 13.

De Sanzo C. A. y Ravera A. R. 1999. *Como criar lombrices rojas californianas*. Manual del Programa de autosuficiencia regional. Argentina. Pp. 9-12.

Farrell, M. 1998. *Lombricompostaing food residual in two steps*. Biocycle. 39: 76-79. USA.

Fostage, O. Y Babb, M. 1972 *Biodegradation of animal wastes by Lombricus terrestris*. Dairy Sciences 67: 41-44. USA.

Hernández, V. J. 1996. *Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp 97.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2000. *Anuario Estadístico del Estado de México*. México.

Kokusai Kogyo Co. LTD. 1999. *Estudio sobre el manejo de Residuos Sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos*. Agencia de Cooperación Internacional del Japón. México. pp 119.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 1996. Comisión de Ecología y Medio Ambiente. H. Congreso de la Unión. México. pp 215

Madan, M y Ragini, B. 1988. *Recycling of organic wastes through lombricomposting and mushroom cultivation*. Indian Institute of Technology. India. pp 72.

Martínez, C. C. 1999. *Potencial de la lombricultura, elementos básicos para su desarrollo*. Lombricultura técnica Mexicana.. México. pp. 140.

Motalib A. y Rida A. 1990. *Los gusanos de tierra y el medio ambiente*. Mundo Científico. 14: 408-415. España.

Oropeza, M. R., et al 2000. *Tratamiento de residuos biodegradables para producir lombricomposta*. pp 54-61. IPN. México.

Quispe, L. A. 2000. *Proyecto ecológico con participación ciudadana*. Propuesta. pp 1-11. Colegio de Posgraduados. México.

Recycling. 1999. *Regional roundup*. Biocycle. 40: 18-23. USA.

Riggle, D. 1997. *Lombricomposting in the Carolinas*. Biocycle. 38: 71-74. USA.

Rogers, D. 2000. *Lackof standards for lombricomposta products*. Biocycle. 41: 18-21. USA.

Rojas, V. M., Sheinbaum, P. C. Y Orta, L. T. 2001. *Gases de invernadero generados de residuos sólidos*. Ciencia y Desarrollo. México.

Sabine, J. 1983. *Eartworms as source of food and drugs*. Earthworms ecology. pp. 285-296. London.

Santa María, R. S.. 1996. *Aspectos biotecnológicos del proceso lombricomposteo y su aplicación agronómica*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp 125.

Secretaría de Desarrollo Social. 1996. *Manual para la operación de rellenos sanitarios*. pp A 1-14.

Snel, M. 1999. *Community based lombricompostaing in developing countries*. Biocycle. 40: 75-79. India.

Tecno Fórmula Ambiental, 2000. *Manejo de los residuos sólidos en el Distrito Federal*. 4: 20-21. México.

Tena, G. 1995. *La basura, recurso desperdiciado*. Ciencia y Desarrollo. México.

Van, E. and Nilsen, R. 1999. *Worms eat our garbage classroom avtivities for a better environment*. Biocycle. 96: 31-35. USA.

Velázquez, L. E., Ibáñez, I. 1986. *Harina de lombriz I parte: obtención, composición química, valor nutricional y calidad biotecnológica*. Alimentos. 11: 15-21. México.

Consultas en internet

www.wormsargentina.com.2000

www.sagar.gob.mx.2001

www.infoagro.com.2001

www.edomex.gob.mx.2001

ANEXOS