

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISION DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS,**  
**CONTABLES Y AGROPECUARIAS**



**La Lombricultura como una Alternativa Sustentable y Económica  
para la Transformación y Reutilización de los Desechos Orgánicos**

**TESIS**

*Reg. 97 (i)*  
*Registro de tesis alterno 50*

**Dulce María Ruiz Ramos**

**Santa Ana, Sonora**

**Noviembre de 2002**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

**La Lombricultura como una Alternativa Sustentable y Económica para la  
Transformación y Reutilización de Desechos Orgánicos.**

**TESIS**

**Sometida a la consideración del Departamento  
de Administración Agropecuaria**

**de la**

**División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias  
de la Universidad de Sonora**

**por**

**Dulce María Ruiz Ramos**

**Como requisito parcial para obtener el Título**

**de**

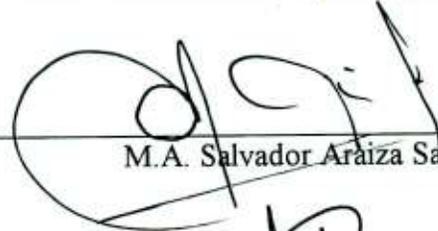
**Licenciado en Agronegocios Internacionales.**

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL COMITE TUTORIAL, APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE:

LICENCIADO EN AGRONEGOCIOS INTERNACIONALES

**COMITE TUTORIAL:**

DIRECTOR:   
M.A. Francisco Gabriel Denogean Ballesteros.

ASESOR:   
M.A. Salvador Araiza Salazar.

ASESOR:   
M.A. Salomón Moreno Medina.

## AGRADECIMIENTOS

No es fácil agradecer algo. Expresar en palabras comunes y corrientes un sentimiento tan grande y profundo como éste supone para mí un esfuerzo titánico, quizá mayor al de realizar este trabajo de tesis, porque para realizarlo tuve a mi lado a muchísimas personas que me guiaron e impulsaron a realizarlo, a llegar a esta meta, ¿cómo entonces, puedo agradecer el esfuerzo de todos ustedes, que sin conocerse y algunos sin saberlo formaron un equipo que a base de trabajo, paciencia, sacrificios y dedicación poco a poco fue construyendo los cimientos de mi futuro, de mi vida? Solo puedo decirles gracias, gracias por estas alas que entre todos tejieron para que yo volara. Sé que el cielo está muy alto, pero gracias a ustedes hoy tengo una oportunidad de alcanzarlo.

A Dios, principalmente por la familia que me dio, por el privilegio de estar aquí y por brindarme la oportunidad de realizar mis sueños.

A la Universidad de Sonora, por la oportunidad que me ha dado de culminar mis estudios y de llegar a mi meta, muy especialmente al Campus Santa Ana, gracias por haber sido mi casa estos cuatro años.

A mis padres, José Luis y Antonia, por todo el amor, el cariño, el ejemplo, el apoyo, las oportunidades y la confianza que siempre me han brindado a manos llenas. Los amo.

A mis hermanos, José, Julia y Melissa por darle alegría y luz a mi vida con sus sonrisas y sueños, y por significar día a día y paso a paso una bendición en mi vida.

A mi tía Rebeca, por el amor incondicional que siempre me ha demostrado en todo momento, y por ser una segunda mamá para mí y mis hermanos.

A mis abuelos Julia e Ignacio y Julia y José María, por permitirme conocer a través de ustedes un mundo diferente y por el amor incondicional que me dieron siempre.

A mis tíos José y Francisco, por el cariño y la paciencia que me tienen, y por regalarme cada día un poco de su tiempo.

A mi director de tesis M. A. Francisco Denogean Ballesteros, por su paciencia y su tiempo, que fueron una ayuda invaluable en la realización de esta tesis.

Al M. A. Salomón Moreno Medina por el apoyo incondicional que siempre me brindó y por su gran ayuda en la realización de esta tesis.

Al M. A. Salvador Araiza por su invaluable ayuda en la realización de esta tesis, pero sobre todo por darme la oportunidad de conocerlo a fondo y de ser mi amigo.

A todos mis maestros por transmitirme sus conocimientos y demostrarme con el ejemplo como ser una persona de bien. Además del apoyo, paciencia y amistad que me brindaron a lo largo de mi carrera y que sé que me brindarán siempre.

Al Lic. Martín Enríquez, por mostrarme el mundo maravilloso de la lombricultura.

A mi gran amiga Verónica por estar a mi lado en todos los momentos de mi vida, por ser mi cómplice en todo; mi confidente, mi consejera y a veces hasta psicóloga particular. Y por supuesto a su esposo, mi primo y mejor amigo, Francisco.

A mis amigas Reyna, Claudia y Cecy en honor a todos los momentos compartidos, son únicas chamacas, las quiero mucho.

A una persona muy especial, que sin proponérselo me motiva cada día a ser mejor y a dar lo mejor de mí. Sabes que siempre estás presente en los momentos más importantes de mi vida y, por supuesto, en mis oraciones. Te quiero mucho.

**Dios los bendiga siempre.**

## DEDICATORIAS

A mi Universo:

Dios.

A mi mayor tesoro:

Mis padres, José Luis y Antonia.

A la luz y esperanza de mi vida:

Mis hermanos, José, Julia y Melissa.

A una persona muy especial en mi vida:

Mi tía Rebeca.

A mi ángel de la guarda:

Mi abuelo Ignacio.

A Nicky.

## **IN MEMORIAM**

**Sr. Ignacio Ruiz Gracia.**

Sabiendo que jamás existirá forma alguna ni palabras suficientes para agradecer toda una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes, solo quiero decirte que el logro mío es el logro tuyo, que mi esfuerzo y tenacidad están inspirados en ti, que fuiste y siempre serás mi ejemplo a seguir, y que mi único ideal eres tú. Dios te bendiga siempre.

Con respeto y admiración.

Tu nieta Dulce.

## INDICE

	Página
INTRODUCCION. . . . .	1
REVISION DE LITERATURA. . . . .	3
La crisis ambiental. . . . .	3
La basura. . . . .	4
La solución a la contaminación orgánica. . . . .	4
Taxonomía y morfología de la lombriz roja de California. . . . .	4
La lombriz. . . . .	5
El papel de la lombricultura en la agricultura orgánica. . . . .	7
Usos y productos de la lombricultura. . . . .	8
Humus. . . . .	8
Uso alimenticio. . . . .	8
Otros usos. . . . .	9
MATERIAL Y METODOS. . . . .	10
RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	12
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .	21
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. . . . .	23
APENDICES. . . . .	24

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Basura recolectada en el Ejido Ignacio Zaragoza de octubre de 2001 a febrero de 2002 (kg).	13
Cuadro 2. Basura proporcionada como alimento para la lombriz durante el periodo de estudio (kg).	14
Cuadro 3. Producción estimada de humus en kilogramos según el parámetro de conversión alimenticia citado por Raspeño y Cuniolo (1996).	15
Cuadro 4. Producción estimada vs. Producción real de humus.	16
Cuadro 5. Ventas y costos de producción del cultivo de lombriz para este estudio (pesos mexicanos).	17
Cuadro 6. Análisis de rentabilidad de una empresa de lombricultura.	19

## RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el uso de la lombriz en la transformación y reutilización de los desechos orgánicos como una alternativa de solución al problema de la basura orgánica, y analizar la rentabilidad de la lombricultura como negocio. Se llevó a cabo en el Ejido Ignacio Zaragoza y en las ciudades de Magdalena de Kino y Santa Ana, Sonora. Inició en octubre de 2001 y concluyó en junio de 2002. Semanalmente se reunió y pesó la basura de 15 casas del Ejido, después se separó en orgánica e inorgánica, y la primera se utilizó para realizar un experimento que consistió en colocar en una jaba dos kg de basura en descomposición, cuidando que los niveles de temperatura, pH y humedad fueran los adecuados, en ella se sembraron 250 gr de lombrices y el cultivo se cubrió con ramas, después se aplicaron de 1.5 a 2 kg de basura cada semana durante dos meses, entonces se duplicó la cantidad de basura debido a que la lombriz duplicó su población; se continuó con el cultivo dos meses más y se realizó la cosecha del humus. Para hacer el análisis de rentabilidad, los costos y parámetros de producción obtenidos en el experimento se aplicaron a un lombricario a escala comercial y se compararon la producción de humus y el excedente de lombriz con sus respectivos precios en el mercado. Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que del total de basura producida en el Ejido el 51% fue orgánica y el 49% restante, inorgánica. En el estudio se encontró que la lombriz convirtió en humus 24.6 de los 42 kg que se le proporcionaron como alimento, y esta producción, aunada al excedente de lombriz arrojó una utilidad de \$98.00. De acuerdo a estos resultados se ha concluido que en el medio rural se puede reducir la contaminación por basura orgánica producida en hogares y jardines en aproximadamente un 50%. La lombriz transforma el 59% de lo que consume en humus y el

41% restante lo utiliza para realizar sus funciones vitales. Financieramente, la lombricultura genera utilidades mayores que si se invierte el dinero en cualquier instrumento bancario a la tasa de CETES actual.

## INTRODUCCION

La lombricultura es la cría y explotación de la lombriz con fines económicos y está inspirada en el proceso que estos animales han realizado durante millones de años en la naturaleza. La lombriz, un organismo biológicamente simple, está clasificada en el reino animal como un anélido terrestre de la clase de los oligoquetos. Vive en ambientes húmedos, rehuye a la luz y se nutre de restos orgánicos vegetales y animales en descomposición.

Las culturas antiguas utilizaban a la lombriz como criterio para la clasificación de los suelos. En el antiguo Egipto la lombriz era un noble al cual se trataba con honores en agradecimiento por la fertilidad y vida que daba al suelo; la Reina Cleopatra la llamó “animal sagrado” y castigaba con la muerte a quien intentara sacarla del reino. Tan importante era la lombriz en las antiguas culturas que en Grecia, en el año 500 a. C., fue nombrada por Aristóteles “el intestino de la tierra”.

En 1881, después de dedicar 40 años al estudio de la lombriz, Carlos Darwin escribió el libro “La formación de la tierra vegetal por la acción de la lombriz”; obra que dio inicio a una serie de investigaciones que hoy, 120 años después, han transformado la lombricultura en una interesante actividad zootécnica. El suizo Alberto Roth fue un precursor prácticamente desconocido de la lombricultura mundial, a pesar de que a él se le debe que la lombricultura esté hoy en día en el lugar que está. Roth dedicó su vida a enriquecer la tierra mediante la crianza de lombrices en simples cajones de frutas; se tiene conocimiento de que unos estudiantes estadounidenses, de paso por la ciudad de Misiones, Argentina, se enamoraron de su idea y la llevaron a Estados Unidos. Fue así como en los años cincuentas, en California, E.U.A., empezaron a desarrollarse las lombrices rojas de California (*Eisenia foetida*). Desde entonces, mediante la continua selección de los mejores

ejemplares, se obtuvieron varios tipos de lombrices rojas, siendo *Eisenia foetida* la que reúne las características necesarias para llevar a cabo la lombricultura.

La basura es uno de los grandes problemas que aquejan a la sociedad, ya que día con día se producen en el mundo millones de toneladas de basura que se convierten en un importante foco de contaminación debido a que es hospederio de microbios, mosquitos, ratas, perros callejeros y otros animales que transmiten graves enfermedades al ser humano. La lombricultura es una de las mejores alternativas para solucionar este problema, ya que esa gran cantidad de basura, en gran parte orgánica, es el alimento de la lombriz.

La importancia de la lombricultura radica, principalmente, en que por medio de ella se pueden transformar los desechos orgánicos para utilizarlos posteriormente, es decir, permite dar un nuevo uso a la basura. La lombriz libera de agentes patógenos a los desechos orgánicos transformándolos en productos comerciales de gran calidad, tales como el humus y la harina de lombriz, además de otras aplicaciones de la lombricultura en el mundo actual. Del mismo modo, la lombricultura transforma el gran problema de la basura en una fuente natural y rentable para obtener beneficios económicos.

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la utilización de la lombriz para la transformación y reutilización de los desechos orgánicos como una alternativa de solución al problema de la basura orgánica producida por una comunidad, y analizar la rentabilidad de la lombricultura como negocio.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **La crisis ambiental.**

En los últimos dos siglos, pero sobre todo en los últimos 50 años, el hombre ha modificado el equilibrio ecológico y ha causado la crisis ambiental a la que hoy nos enfrentamos. Mientras que en las naciones económicamente atrasadas se tiene que hacer frente a problemas tales como la explosión demográfica, el hambre, la erosión de los suelos y la desertificación, en las llamadas naciones industrializadas se tienen que enfrentar problemas de eliminación de desechos urbanos, industriales y agrícolas, contaminación de la atmósfera, del suelo y del agua, enfermedades, desempleo y migración, entre otras (Mendoza, 1994).

De acuerdo con Trejo (1997), las altas cifras de generación de residuos sólidos que se dan en todos los núcleos urbanos del mundo ponen cada vez más de manifiesto la necesidad de contar con tecnología apropiada para la disposición final de estos materiales en forma segura, eficiente, consistente y económica. Esta situación es particularmente preocupante en países, como México, que no cuentan con una infraestructura que les permita desarrollar al ritmo de su crecimiento y de sus necesidades, la tecnología necesaria para el tratamiento y manejo de los desechos.

En el medio rural, uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores es la producción y acumulación de desperdicios sólidos derivados tanto de la actividad agrícola como la ganadera, siendo esta última la que mayor contaminación produce debido al deficiente manejo, al escaso o nulo tratamiento y a la inadecuada disposición final que reciben las grandes cantidades de excreta que se generan en los sistemas de producción intensivos como son las engordas, granjas porcícolas, lecheras y avícolas. Dentro de las agroindustrias las principales fuentes de contaminación que se

tienen son los rastros, plantas pasteurizadoras, mezcladoras de alimentos, molinos, ingenios y enlatadoras, (Neri *et al*, 1999).

La basura. Aguilar y Salas (1998) consideran a la basura uno de los grandes problemas de contaminación, ya que en ella se desarrollan gran cantidad de organismos nocivos para la salud humana debido a los gases tóxicos, los humos y los malos olores que despide, además de que al filtrarse los productos de la fermentación de la basura a través del suelo contaminan las aguas subterráneas, y si la basura se deposita a cielo abierto, los microorganismos que ahí se reproducen son transportados por el viento, contaminando el aire, el agua y el suelo. La basura no solo es un problema por la contaminación que produce o por ser una fuente de enfermedades diversas, sino que también es una carga para la sociedad por el costo económico que su manejo representa; en 1982, la recolección de basura en la ciudad de México, implicó un gasto de 750 millones de pesos.

La solución a la contaminación orgánica. De acuerdo con Bollo (1999), la misma naturaleza ofrece la solución ideal para resolver el problema de la contaminación ambiental orgánica al presentar a la lombricultura como una alternativa simple, racional y económica. La lombricultura es la biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz como una herramienta de trabajo que recicla todo tipo de materia orgánica y obtiene como fruto de este trabajo dos productos fundamentales: el humus y la carne de lombriz.

### **Taxonomía y morfología de la lombriz roja de California.**

#### Taxonomía.

Reino:	Animal.
Subreino:	Metazoos.
Phylum:	Protostomia.
Grupo:	Annelida.

Orden: Aligochaeta.  
Familia: Lumbricidae.  
Género: Eisenia.  
Especie: foetida.  
Nombre científico: *Eisenia foetida* Sav.

Fue descubierta en California en 1954; es de color rosa oscuro intenso; tiene una longevidad de 16 años; es muy prolífica, llega a tener hasta 1500 lombrices por año; sus deyecciones tienen hasta dos billones de colonias de bacterias vivas por gramo de humus, y tiene una gran capacidad de conversión de alimentos, el 60% de lo que come lo transforma en humus y el 40% restante lo usa para mantenerse, (Raspeño y Cuniolo, 1996).

### **La lombriz.**

El diccionario enciclopédico Quillet (1972), define a la lombriz como uno de los elementos esenciales para la existencia de las tierras de cultivo; las galerías que excava la airean y drenan, pero sobre todo, como la lombriz se introduce profundamente en el suelo removiendo con su cuerpo y expulsando un montón de desechos orgánicos o minerales, establece un importante intercambio entre las diferentes capas del suelo, aportando a la capa húmeda superficial las reservas minerales que las plantas utilizan para su alimentación.

Las lombrices son animales prolíficos que están en condiciones de poder transformar, de una manera ecológica y natural, y en equilibrio con el hábitat local o ambiental del lugar donde se encuentran, cualquier tipo de materia orgánica, metabolizándola al paso por su tubo digestivo y enriqueciéndola con enzimas a la salida de su intestino, haciendo que sea directamente utilizable por la planta (Bellapart, 1996).

Bollo (1999) la define como un anélido terrestre de la clase de los oligoquetos. Es hermafrodita insuficiente, tiene cinco corazones y seis pares de riñones, vive alrededor de 16 años y no contrae ni transmite enfermedades. De las más de 8000 especies conocidas de lombrices, solamente 2500 han sido clasificadas, y solamente tres de ellas han podido ser domesticadas, siendo la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) la más utilizada.

Gómez (1998) señala que las lombrices utilizadas en la cría comercial son: la lombriz roja de California, el gusano de estiércol (*Helodrilus foetidus*) y *Eisenia andrei*.

La lombriz común (*Lombricus terrestris*) y la lombriz roja de California son diferentes en tres aspectos principales: su prolificidad, siendo la lombriz roja de California más prolífica que la lombriz común; esta última no admite grandes densidades de población mientras que la primera sí, y por último, su fisiología es diferente (Labrador, 1996).

Según Cruz y Sánchez (1978), las lombrices se multiplican mejor en el estiércol que en cualquier otro material, además de que éste puede ser aprovechable a bajo costo; solo que el único estiércol que puede ser aprovechado por la lombriz sin un proceso previo de fermentación es la conejaza o estiércol de conejo, además de que es el mejor en la producción de humus de lombriz.

Actualmente una gran parte de los suelos agrícolas están siendo degradados, lo que obliga a darle al asunto de la fertilidad del suelo la importancia que se merece. La lombriz juega un papel muy importante en la continuidad de la fertilización de los suelos por los grandes beneficios que le brinda al suelo agrícola, haciéndolo no solo de una manera autónoma, sino que ahora tiene a su disposición la práctica de la lombricultura (Lampkin, 1998).

## **El papel de la lombricultura en la agricultura orgánica.**

Según Neri *et al.* (1999), la agricultura orgánica se define como un sistema de producción de alimentos que evita el uso de productos químicos sintéticos como fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y otros que puedan causar contaminación de alimentos o del ecosistema, y maximiza la calidad de los productos agrícolas y de los recursos naturales renovables, así como el manejo de los procesos biológicos y ecológicos mediante una normatividad.

De acuerdo con Granados y López (1996), la mayoría de los productores dedicados a la agricultura orgánica creen que el contenido de materia orgánica del suelo tiene una elevada correlación con la productividad del mismo y que el mantener niveles adecuados de materia orgánica es importante para el control de la erosión. Así, además de la incorporación de los residuos de las cosechas, hacen frecuentes aplicaciones de abonos animales, y usan abonos vegetales y cultivos de cobertura para conservar la materia orgánica del suelo.

Gómez (1998) define a la lombricultura como una técnica propia de la agricultura orgánica, concebida como un sistema de producción que utiliza insumos naturales (desperdicios orgánicos), a fin de obtener productos libres de residuos tóxicos, como lo es el humus de lombriz. La importancia de la lombricultura en México radica en la producción de abono natural, en el uso de las lombrices como fuente de alimentación para el ganado, en la reducción de los problemas de contaminación al utilizar residuos orgánicos, sean éstos agrícolas, industriales ó domésticos, y además contribuye a la autosuficiencia de los productores y significa una fuente alternativa de ingresos.

Bellapart (1996), dice que las deyecciones o excrementos de la lombriz roja de California son el mejor fertilizante natural existente, rico en nitratos, fosfatos y carbonato

potásico; además, le quitan la acidez a los desperdicios que consumen y transforman en humus.

### **Usos y productos de la lombricultura.**

El humus. De acuerdo con Bollo (1999), el humus es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición; tiene una actividad residual de hasta cinco años en el suelo, y una alta carga microbiana que le da mayor permeabilidad al mismo.

El humus produce grandes beneficios en las plantas, brindándoles nutrientes que les permiten crecer vigorosas y saludables, las raíces crecen más y mejor, aumenta la porosidad del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y reduce la necesidad de riego frecuente, ayuda a prevenir la erosión y disminuye la incidencia de enfermedades en las plantas, entre muchos otros beneficios (Bellapart, 1996; Aguilar y Salas, 1998).

Según Raspeño y Cuniolo (1996), el humus de lombriz favorece la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas, patógenos y a las heladas. Además, la acción microbiana emergente del humus hace asimilables para las plantas materiales inertes como el fósforo, calcio, potasio, magnesio, microelementos y oligoelementos, fijando también, de los microorganismos simbióticos, el nitrógeno atmosférico.

De acuerdo con Martínez (1999) la característica más importante del humus de lombriz es su alta carga microbiana, que lo hace ubicarse como el mejor regenerador de suelos, con un pH prácticamente neutro, cuyos valores oscilan entre 6.8 y 7.2, lo cual permite que sea aplicado en contacto directo con las semillas.

Uso alimenticio. La lombriz no solo sirve para producir humus, sino que tiene otros usos, uno de los cuales, de acuerdo con Bollo (1999), es el uso como alimento, ya sea animal o

humano, debido a que la carne de lombriz tiene un alto valor proteico (70-75%). Esto hace que la lombriz aparezca como una de las grandes soluciones a los problemas nutricionales que tiene la humanidad.

En algunos países, Filipinas por ejemplo, producen harina de lombriz para consumo humano. De acuerdo con las condiciones actuales de desarrollo de la humanidad, su tasa de crecimiento y el déficit alimentario, no será lejano el día en que se generalice el uso de la harina de lombriz, ya que además de su alto valor proteico, la ausencia de olor y sabor y su bajo costo la hacen competitiva en relación a las demás harinas existentes en el mercado (Raspeño y Cuniolo, 1996).

Otros usos. Debido a que la lombriz es una gran productora de colágeno, la lombricultura también tiene aplicaciones en la cosmetología; además, es de gran importancia dentro de las ciencias de la salud, ya que a partir del líquido celomático, que se extrae del celoma, se han producido antibióticos de uso humano para combatir enfermedades como el tifus (Bollo, 1999).

## MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Ejido Ignacio Zaragoza, municipio de Cananea, Sonora, y en las ciudades de Magdalena de Kino y Santa Ana, Sonora. Inició en octubre de 2001 y finalizó en junio de 2002.

Para conocer la cantidad de basura orgánica que es producida en los hogares y jardines del Ejido Ignacio Zaragoza, durante cuatro meses se reunió y pesó la basura de 15 casas del ejido cada semana (el ejido cuenta con 70 casas), después se separó la basura orgánica de la inorgánica y se usó la primera para realizar un experimento práctico de lombricultura, el cual aunado a la investigación documental y a las consultas realizadas vía internet a páginas web y a personas que se dedican a esta actividad, sirvió de base para realizar un análisis acerca de la rentabilidad de la lombricultura como negocio.

El material necesario para llevar a cabo la fase experimental del trabajo fue el siguiente:

Una jaba de plástico (0.48 x 0.33 x 0.28m).

250 gr de lombrices rojas de California (*Eisenia foetida*)

Papel tornasol para medir el pH

Termómetro

Balanza

Basura orgánica

Bolsas para la basura

El procedimiento para la realización del experimento fue el siguiente:

En una jaba con 2 kg de basura fermentada por lo menos durante 15 días, y humedecida alrededor del 80%, se sembraron 250 gr de lombrices; este cultivo se cubrió con ramas para impedir el paso de la luz. Posteriormente se aplicaron de 1.5 a 2 kg de

basura cada siete días durante dos meses, y a partir de ahí se duplicó la cantidad de basura, ya que en ese tiempo la lombriz duplicó su población; se siguió con el cultivo durante dos meses más y entonces se cosechó el humus. Para la cosecha del humus se dejó de dar basura a la lombriz durante dos días, después se colocó sobre la jaba un saco perforado que contenía basura, el cual sirvió de cebo para la lombriz; se esperaron dos días para que las lombrices subieran a la capa recién incorporada y se retiraron de la jaba. Se esperaron 21 días más para que los capullos que quedaban eclosionaran y se pudieran retirar las lombrices del mismo modo que las anteriores, exceptuando los primeros dos días. Entonces se retiró el humus de la jaba.

El cultivo de lombriz debe tener las condiciones de temperatura, pH y humedad adecuadas, por lo que durante el tiempo que duró el cultivo se evaluaron y registraron semanalmente estos aspectos. La temperatura debe estar en un rango de 15 a 26 °C, y se midió con un termómetro. El nivel de acidez o alcalinidad (pH) se midió con papel tornasol. El pH óptimo es siete, aunque puede oscilar entre 4.2 (ácido) y 8 (alcalino) sin dañar a la lombriz. La humedad del cultivo debe ser de 80 a 82%, y se estimó mediante una técnica de campo, la cual consiste en agarrar con las manos un puño de material, apretarlo fuertemente y que salgan de él aproximadamente seis gotas de agua (Gómez, 1998).

Para hacer el análisis de rentabilidad de la lombricultura se tomaron en cuenta los costos de la basura, de la lombriz, de los implementos necesarios para la siembra y de la mano de obra utilizada durante el experimento, y éstos se compararon con la producción de humus y su precio de venta por kilogramo en el mercado. Todos estos datos sirvieron de base para realizar el análisis de rentabilidad de la lombricultura bajo las condiciones de este estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante cuatro meses, anteriores al inicio del cultivo de lombriz, se recolectaron en el Ejido 1135.4 kg de basura de la cual 573.6 kg (50.52%) fue orgánica y el resto, 561.8 kg (49.48%), inorgánica (Cuadro 1).

Durante los primeros dos meses del cultivo de lombriz se proporcionaron de 1.5 a 2.0 kg de alimento semanal y a partir de entonces la cantidad se duplicó (Cuadro 2). La cantidad de alimento se basó en la cantidad de lombriz y en el parámetro de reproducción que señalan Raspeño y Cuniolo (1996) y Bollo (1999), quienes señalan que una lombriz consume su propio peso diario en alimento, es decir, un gramo diario.

De acuerdo con el parámetro de conversión alimenticia citado por Raspeño y Cuniolo (1996), la producción de humus estimada durante los primeros dos meses debió ser de 1.05 kg semanales y posteriormente incrementarse a 2.10 kg (Cuadro 3), de modo que la producción total de humus en los cuatro meses que dura el ciclo productivo fuera 25.2 kg. Sin embargo, la producción real fue de 24.6 kg, es decir, hubo una merma de 0.6 kg.

Cuadro 1. Basura recolectada en el Ejido Ignacio Zaragoza de octubre de 2001 a febrero de 2002 (kg).

Fecha	Basura	Orgánica	Inorgánica
07/oct/01	61.9	33.2	28.7
14/oct/01	62.3	32.0	30.3
20/oct/01	60.8	31.7	29.1
28/oct/01	61.7	30.5	32.1
04/nov/01	58.1	29.1	29.0
11/nov/01	64.2	34.3	29.9
18/nov/01	61.5	32.6	28.9
25/nov/01	63.6	31.2	32.4
02/dic/01	57.0	28.0	29.0
09/dic/01	59.5	29.8	29.7
16/dic/01	65.4	33.9	31.5
23/dic/01	67.1	35.6	31.5
30/dic/01	71.3	34.2	37.1
06/ene/02	73.5	36.0	37.5
13/ene/02	66.1	31.8	34.3
20/ene/02	60.2	32.1	28.1
27/ene/02	61.5	30.6	30.9
03/feb/02	59.7	27.0	32.7
<b>TOTAL</b>	<b>1135.4</b>	<b>573.6</b>	<b>561.8</b>

Cuadro 2. Basura proporcionada como alimento para la lombriz durante el período de estudio (kg).

Semana	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	2.0	2.0	4.0	4.0
2	1.5	1.5	3.0	3.0
3	2.0	2.0	4.0	4.0
4	1.5	1.5	3.0	3.0
<b>Total</b>	<b>7.0</b>	<b>7.0</b>	<b>14.0</b>	<b>14.0</b>

Cuadro 3. Producción estimada de humus en kilogramos según el parámetro de conversión alimenticia citado por Raspeño y Cuniolo (1996).

Semana	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	1.05	1.05	2.10	2.10
2	1.05	1.05	2.10	2.10
3	1.05	1.05	2.10	2.10
4	1.05	1.05	2.10	2.10
<b>Total</b>	<b>4.20</b>	<b>4.20</b>	<b>8.40</b>	<b>8.40</b>

El Cuadro 4 muestra la diferencia entre la producción estimada y la producción real, la cual pudo deberse principalmente a dos razones: la primera es que no se registraron los pesos exactos cada semana sino que se redondearon a dos decimales, y la segunda es que debido al incremento de las temperaturas durante la última semana de mayo y las dos primeras de junio pudo haber pérdidas de humedad en el humus cosechado.

Cuadro 4. Producción estimada vs. Producción real de humus.

Producción	kg	%
Estimada	25.2	100.00
Real	24.6	97.62
Diferencia	0.6	2.38

El análisis del Cuadro 1 y de los resultados del presente estudio muestran que de 42 kg de basura que se utilizaron como alimento para 250 gr de lombriz (al inicio), 24.6 kg los convirtieron en humus, y los 17.4 kg restantes los utilizaron para realizar sus funciones vitales, que porcentualmente son datos muy similares a los reportados por Raspeño y Cuniolo (1996), Gómez (1998), y Bollo (1999).

La utilidad que se obtuvo del experimento práctico realizado para llevar a cabo este estudio se muestra en el Cuadro 5, así como los conceptos de ingresos y egresos y las cantidades correspondientes a cada uno de ellos.

Cuadro 5. Ventas y costos de producción del cultivo de lombriz para este estudio (pesos mexicanos).

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<b>Ventas</b>				
Humus	—	—	—	73.8
Lombrices	—	—	—	525.0
<b>Total de ventas</b>	—	—	—	<b>598.8</b>
<b>Costos</b>				
Lombrices	200.0	—	—	—
Basura (gasolina)	12.5	12.5	12.5	12.5
Basura (bolsas)	50.0	—	—	—
Papel tornasol	60.0	—	—	—
Termómetro	45.0	—	—	—
Balanza	95.0	—	—	—
<b>Total de costos</b>	<b>462.5</b>	<b>12.5</b>	<b>12.5</b>	<b>12.5</b>
Saldo	-462.5	-12.5	-12.5	586.3
<b>Saldo acumulado</b>	<b>-462.5</b>	<b>-475.0</b>	<b>-487.5</b>	<b>98.8</b>

\* Memoria de cálculo en apéndice.

Aparentemente los números que muestra el Cuadro 5 reflejan una utilidad muy baja, sin embargo, hay que considerar que este estudio solo abarcó cuatro meses y se utilizó una cantidad de lombrices muy pequeña, y que se cargó el total de los costos fijos a esos meses,

cuando realmente son una inversión que se hace por primera y única vez al iniciar un negocio de lombricultura.

En un lombricario a gran escala varios de los implementos utilizados en este estudio pueden ser sustituidos por otros de mayor duración con lo cual se hace más rentable la actividad.

El Cuadro 6 muestra la proyección financiera de una empresa de lombricultura que inicia con 200 kg de lombriz y va incrementando la cantidad hasta llegar a 900 kg, a partir de lo cual se estabiliza y vende el excedente. Cabe mencionar que los parámetros de producción que se tomaron en cuenta para hacer esta proyección son los que arrojó el experimento práctico.



En una empresa con las características de la que se estudió se ven resultados favorables hasta el octavo mes, esto se debe a que la lombricultura es un negocio de lenta maduración en su etapa inicial, ya que la mayor parte de la inversión se hace al inicio del mismo. Sin embargo, hay que considerar que entre mayor cantidad se tenga de lombrices más rápida será la recuperación de la inversión.

El Cuadro 6 muestra que al término del primer ciclo productivo (al concluir el cuarto mes), no ha habido utilidad debido a que se está amortizando la inversión fija inicial y se está cumpliendo con los compromisos económicos mensuales propios de la empresa, tales como el pago de energía eléctrica, agua, papelería y sueldos y salarios de los empleados. En el octavo mes (cuando concluye el segundo ciclo productivo), ya se ha recuperado la inversión inicial y hay una utilidad de \$590,238.70. Al finalizar el tercer ciclo productivo la utilidad es de \$1,655,729.40.

El análisis del Cuadro 6 da como resultado que en un año se recupera la inversión inicial y se obtiene el 260% de utilidad, es decir, se tiene 2.6 veces más dinero del que se invirtió.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio en el medio rural puede reducirse la contaminación por basura en aproximadamente un 50%, debido a que este porcentaje es basura orgánica, la cual puede transformarse y reutilizarse.

Del total del alimento consumido por la lombriz, ésta transforma el 59% en humus y el 41% restante lo utiliza para realizar sus funciones vitales.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la proyección financiera la lombricultura es un negocio viable que genera utilidades mayores a las que se generan al invertir el dinero en algún instrumento bancario al momento de concluir este estudio.

La lombricultura es un negocio de maduración lenta en sus etapas iniciales, sin embargo, la rapidez con que se recupere la inversión y el porcentaje de utilidades obtenidas están en función de la cantidad inicial de lombrices.

La capacidad reproductiva de la lombriz es determinante para hacer de la lombricultura un negocio rentable, ya que cada dos meses se tiene un aumento en el capital si se deja la lombriz como pie de cría, o bien, se tienen más ingresos si se decide vender el excedente.

El uso de *Eisenia foetida* en el tratamiento de desechos orgánicos es un método eficiente, ecológico y rentable que permite transformar, a bajo costo, un problema de contaminación en una fuente de recursos económicos.

La comercialización de los principales productos de la lombricultura es incierta en nuestra región, pero tienen gran demanda en el extranjero, por lo cual se recomienda abundar en aspectos de mercado antes de iniciar un negocio de este tipo.

Para complementar el presente trabajo de tesis se recomienda la realización de otro trabajo similar que comprenda los aspectos de mercado y comercialización de los productos generados por la explotación de la lombriz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, M. y H. Salas. 1998. La basura. Manual para el reciclamiento urbano. Ed. Trillas. México, D. F. Pag. 16, 17, 27, 30, 37, 40.
- Bellapart, C. 1996. Nueva agricultura biológica. Ed. Mundi-Prensa. España. Pag. 155-167.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura. Una alternativa de reciclaje. Ecuador.
- Cruz, M.S. y J.R. Sánchez. 1978. Procesamiento de estiércol de conejo por medio de la lombriz *Eisenia foetida* para su uso agrícola. XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Conservación del Suelo. Villahermosa, Tab., México.
- Diccionario Enciclopédico Quillet. 1972. Vol. V. Ed. Grolier. Argentina. Pag. 514.
- Gómez, L. 1998. Manual de lombricultura. INCA-RURAL-SAGAR-Alianza para el Campo-Agricultura Sustentable. México, D. F. Pag. 5-7, 10, 13, 14, 17-22.
- Granados, D. y G.F. López. 1996. Agroecología. Universidad Autónoma de Chapingo. México, D. F. Pag. 295, 296.
- Labrador, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ed. Mundi-Prensa/Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. Pag. 107-110.
- Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica. Ed. Mundi-Prensa. España. Pag. 13, 17, 23-26.
- Martínez, C. 1999. Potencial de lombricultura. En: A. Luévano y N. E. Velázquez. 2001. Ejemplo singular de los agronegocios. Estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Rev. Mex. de agronegocios. Año V. Volumen 9. Torreón, Coah. México. Pag. 306-318.
- Mendoza, E. 1994. Agrobiotecnología. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. Pag. 61, 62.
- Neri, O.; R. Burciaga y J.C. León. 1999. Agronegocios sostenibles. Alternativa para el desarrollo del sector rural y pesquero. Bol. Informativo Núm. 311. Volumen XXXII. FIRA- Banco de México. México, D. F. 4-7, 14-18.
- Rapeño N. y M. Cuniolo. 1996. Lombricultura. Revista Procampo No. 27. SAGAR. México, D. F.
- Trejo, R. 1997. Procesamiento de la basura urbana. Ed. Trillas. México, D. F. Pag. 7, 8, 186-213.

## **APENDICES**

**TABLA DE REPRODUCCION DE LA LOMBRIZ**

MES	Lombriz existente (kg)	Lombriz que se queda (kg)	Lombriz para venta (kg)
0	200		
1			
2	400	400	
3			
4	800	800	
5			
6	1600	900	700
7			
8	1800	900	900
9			
10	1800	900	900
11			
12	1800	900	900

Nota: la reproducción de la lombriz está basada en lo citado por Rapeño y Cuniolo (1996) y Bollo (1999).

## MEMORIA DE CALCULO DE CUADRO 5

### VENTAS.

**Humus.** Se considera la venta de 24.6 kg de humus de acuerdo al Cuadro 4 a razón de \$3.00 por kilogramo.

**Lombrices.** Se considera por concepto de venta de 800 gr excedentes a razón de \$700.00 el kilogramo.

### COSTOS.

**Lombrices.** Se considera la adquisición de un núcleo de 250 gr con un costo de \$200.00.

**Basura (gasolina).** Se considera un consumo total por concepto de alimentación para el núcleo de 42 kg de basura en todo el ciclo, equivalente a un día de recolección del mismo.

**Basura (bolsas).** Se considera por adquisición de un paquete de bolsas de plástico para recolectarla a razón de \$50.00.

**Papel tornasol.** Se considera la compra de un rollo de cinta a \$60.00.

**Termómetro.** Se considera la adquisición de una unidad a razón de \$45.00.

**Balanza.** Se considera por adquisición de una unidad a razón de \$95.00.

**Saldo.** Es igual al total de las ventas menos el total de los costos.

**Saldo acumulado.** Es igual al saldo del mes correspondiente más el saldo acumulado del mes anterior.

## MEMORIA DE CALCULO DEL CUADRO 6

**Venta de humus.** Se multiplica la cantidad inicial de lombrices por 30 días del mes por dos meses (tiempo en que la lombriz duplica su población). Se le suma la nueva cantidad de lombrices por 30 días por dos. A esta suma se le saca el 59% y a esa cantidad se le resta el 35%. En el mes 6 se estabiliza en 900 kg de lombriz y en base a esta cantidad que se saca el total del alimento, al cual se le saca el 59% y a esa cantidad se le resta el 35%.

**Venta de lombrices.** Debido al comportamiento reproductivo de *Eisenia foetida* se considera la venta de 700 kg de lombriz en el mes 6 y de 900 kg en los meses 8, 10 y 12 a razón de \$700.00/kg.

**Adquisición de núcleos.** Se considera la compra de 200 kg de lombriz a razón de \$700.00/kg.

**Costos de alimentación.** La cantidad de alimento diaria es igual a la cantidad de lombriz que se tenga, es decir, por cada kilo de lombriz se considera un kilo de alimento a razón de \$300.00 la tonelada.

**Sueldos y salarios.** Se considera el pago de cuatro trabajadores permanentes con un salario semanal de \$1000.00 cada uno, el de un supervisor a \$1500.00 y el sueldo de un administrador a \$2500.00, además de tres empleados temporales por una semana cada fin de ciclo con un salario de \$1000.00.

**Agua.** Se considera una cuota fija mensual de \$60.00 (es considerada para un terreno ejidal).

**Energía eléctrica.** Se considera un costo de \$1000.00 mensuales.

**Equipo de computo.** Se considera la adquisición de un equipo de computo a razón de \$20,000.00.

**Papelería y oficina.** Se consideran \$1,500.00 de teléfono, \$300.00 de internet y \$500.00 de papelería; además, el primer mes se suman \$7,700.00 por compra de muebles y archiveros.

**Terreno.** Se considera la compra de 1000 m<sup>2</sup> en terreno ejidal.

**Edificios.** Se considera la construcción de un almacén con capacidad de 50 m<sup>3</sup> para almacenar 100 toneladas de humus (su densidad es de 0.5 Ton por m<sup>3</sup>), a razón de \$17,588.00 y la construcción de una oficina a razón de \$9,875.00.

**Fosas.** Se considera la construcción de cuatro fosas de 2.5 x 2.5 x 3 m a razón de \$200.00 la hora, y el tiempo que toma hacer cada una es de 1:30 hr.

**Malla.** Se consideran 30 m<sup>2</sup> por ciclo a razón de \$52.00 el metro (para construcción de lechos o camas).

**Estructura de camas.** Se considera la compra de polines y lámina para el techado del lugar donde se establecieron las camas. Esto es para proteger del sol al núcleo productivo. Además de la adquisición de hule grueso que se utilizará como cortina de protección contra lluvias.

**Equipo de trabajo.** Se considera la compra de lo siguiente:

5 mangueras de 18 m a razón de \$200.00 cada una,

5 carretillas a razón de \$520.00 cada una,

10 palas a razón de \$67.60 cada una,

10 rastrillo a razón de \$109.70 cada uno,

2 básculas (125 kg) a razón de \$1,845.00 cada una,

3 termómetros a razón de \$45.00 cada uno y

1 potenciómetro (mide el pH) a razón de \$5,000.00.

**Costos de comercialización.** Se considera el 10% del subtotal de ingresos.

**Costo financiero.** Se considera la tasa de CETES a la fecha del estudio (7.34) aplicada al subtotal de egresos en forma mensual.

**Saldo.** Es igual al subtotal de ingresos menos el subtotal de egresos.

**Saldo acumulado.** Es igual al saldo del mes correspondiente más el saldo acumulado del mes anterior.