



ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES  
Y CONSERVACION BIOLOGICA

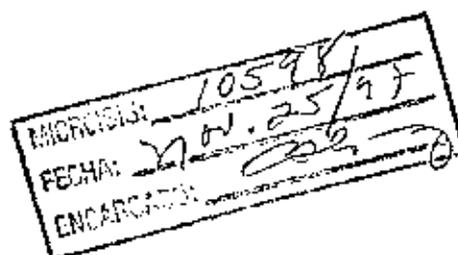
USO DE LOMBRICES Y COMPOSTAJE PARA LA  
REUTILIZACION  
DE LOS DESECHOS ORGANICOS PRODUCIDOS POR LA  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Tesis presentada como requisito parcial para optar al  
título de Ingeniera Agrónoma en el grado  
académico de licenciatura

por

Mónica Amanda Bohórquez Ugarte

Honduras, 4 de Junio de 1996.



El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



---

Mónica Amanda Behórquez Ugarte

Zamorano, Honduras, 4 de Junio de 1996

## DEDICATORIA

Este trabajo te lo dedico en especial a ti papá; se que no estoy en tus recuerdos pero sí en tu corazón y eso es lo mas importante, aunque no puedas disfrutar conmigo este momento, se que estarias orgulloso de mi. A ti mamá por ser mi ejemplo de felicidad y fortaleza. A Dolly por ser el apoyo incondicional y por el amor grande que siempre me brindaste, a mis hermanos por apoyarme siempre, este trabajo es para ustedes.

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS todo poderoso y a la Virgen Maria por haber guiado mis pasos para la culminación de una etapa mas de mi vida.

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional, en especial el financiamiento de mis estudios, GRACIAS.

A mis asesores Michael Lee, Raúl Santillan y Silvia Chalukian.

A Carlos Alberto Francisco Escobedo G. por su apoyo incondicional en los momentos que mas lo necesite.

A Maria Isabel, Maria Emilia, Sara por compartir esas noches de desvelos, los cuales fortalecieron nuestra amistad, las quiero mucho.

A la familia Flores por todo el cariño que me brindaron y el calor de hogar que siempre encuentre.

A Raquel, Galo, Alejandro P., Alejandro R., Teresa, David y todos mis compañeros del PIA por haber compartido con ellos una gran amistad.

Al Dr. Isidro Matamoros por brindarme su amistad y consejos.

## CONTENIDO

Título.....	i
Derechos de autor.....	ii
Hoja de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Tabla de contenidos.....	vi
Indice de Cuadros.....	ix
Indice de Figuras.....	x
Indice de anexos.....	xi
Resumen.....	xii
I INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	7
1.1.1 Objetivo principal.....	7
1.1.2 Objetivos específicos.....	7
II REVISION DE LITERATURA.....	8
2.1 GENERALIDADES.....	8
2.2 BENEFICIOS DEL USO DE LOMBRICES Y COMPOSTAJE.....	10
2.3 PRODUCCION DE DESECHOS ORGANICOS EN LA EAP.....	12
2.4 CARACTERISTICAS DE LA LOMBRIZ COMO DESCOMPOREDORA DE MATERIA ORGANICA.....	12
2.5 EL COMPOSTEO.....	14
III MATERIALES Y METODOS.....	16
3.1 LOCALIZACION.....	16
3.2 ESPECIE UTILIZADA.....	16
3.3 FUENTE DE DESECHOS ORGANICOS DE LA EAP.....	16

3.3.1 Desechos domésticos.....	17
3.3.2 Desechos de postcosacha.....	18
3.3.3 Desechos de jardines.....	19
3.3.4 Estiércol.....	19
3.4 CONSTRUCCION DE LAS LOMBRICERAS.....	19
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	20
3.5.1 Análisis de laboratorio.....	24
3.5.2 Protocolo de muestreo.....	24
3.5.3 Muestreo de lombrices a la cuarta semana de haber inoculado cada tratamiento.....	26
3.5.4 Datos de campo.....	27
3.5.4.1 Control de humedad.....	27
3.5.4.2 Volumen inicial-Volumen final.....	27
3.5.4.3 Medición de pH.....	28
3.5.4.4 Temperatura.....	28
3.6 ANALISIS DE DATOS.....	28
3.6.1 Análisis estadístico (cuantitativo).....	29
3.6.2 Análisis cualitativo.....	29
IV RESULTADOS.....	30
5.1 ANALISIS ESTADISTICO.....	30
5.1.1 Comparación de los resultados finales del laboratorio de suelos.....	30
5.1.2 Diferencia entre los datos de inicio de los análisis , del final, inicio-final Y tratamientos.....	34
5.1.3 Diferencia en la producción de lombrices a la cuarta semana de haber sido inoculado cada tratamiento.....	36
3.5.2. ANALISIS CUALITATIVO.....	37

5.2.1 Comportamiento de la lombriz con respecto a la temperatura durante el estudio.....	37
5.2.2 Comportamiento de la lombriz con relación al pH Y disponibilidad de nutrimentos.....	38
5.2.3 Comportamiento de la lombriz con respecto a la humedad de las lombriceras.....	40
5.2.4 Comportamiento de las lombrices con respecto a la calidad de la materia orgánica.....	41
5.2.5 Resultados de los volúmenes finales obtenidos de los procesos de humificación Y compostaje.....	42
V DISCUSION.....	44
VI CONCLUSIONES.....	48
VII RECOMENDACIONES.....	50
VII BIBLIOGRAFIA.....	52

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Zonas de producción de desechos orgánicos en la EAP.....	4
Cuadro 2. Relación carbono - nitrógeno de los materiales usados en el estudio.....	17
Cuadro 3. Lista de desechos originados en una semana en el comedor estudiantil.....	18
Cuadro 4. Relación en porcentaje de las fuentes que participaron en la preparación del medio.....	20
Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en las lombriceras.....	22
Cuadro 6. Cantidad y peso de las lombrices inoculadas en el tratamiento 1.....	22
Cuadro 7. Cantidad y peso de las lombrices inoculadas en el tratamiento 2.....	23
Cuadro 8. Cantidad y peso de las lombrices inoculadas en el tratamiento 3.....	23
Cuadro 9. Niveles ideales contra los obtenidos en el estudio.....	30
Cuadro 10. Andeva para la variable nitrógeno.....	31
Cuadro 10. SNK para las medias de nitrógeno.....	31
Cuadro 11. Andeva para la variable fósforo.....	32
Cuadro 12. SNK para las medias de fósforo.....	32
Cuadro 13. Andeva para la variable potasio.....	33
Cuadro 14. SNK para las medias de potasio.....	33
Cuadro 15. Andeva para la variable nitrógeno.....	34
Cuadro 16. Andeva para la variable fósforo.....	35
Cuadro 17. Andeva para la variable potasio.....	35
Cuadro 18. NSK para las medias de potasio.....	36
Cuadro 19. Andeva para la variable lombriz.....	36
Cuadro 21. NSK para las medias de lombrices.....	37
Cuadro 20. Número promedio de lombrices por tratamiento y los índices de reproductividad.....	41
Cuadro 23. Pérdida promedio de la materia orgánica por compostaje y la actividad de las lombrices.....	42

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo vital de la mosca y su importancia en la transmisión de enfermedades.....	2
Figura 2. Ciclo de la materia orgánica.....	8
Figura 3. Composición media de los Residuos Sólidos Urbanos de España.....	9
Figura 4. Lombriz roja de California y sus partes.....	14
Figura 5. Cronograma de aplicación de tratamientos.....	21
Figura 6. Posición de las muestras en la lombricerías.....	25
Figura 7. Diseño de un barreno preparado manualmente con una lata de conserva.....	26
Figura 8. Cronograma de muestreos de lombrices por tratamientos.....	27
Figura 9. Cambios de pH en los tratamientos durante todo el estudio.....	39
Figura 10. Rangos de disponibilidad de nutrientes con relación al pH.....	40

## ANEXOS

Anexo 1.	Mapa de las zonas generadoras de desechos orgánicos en la EAP.....	55
Anexo 2.	Formato de la encuesta para la recopilación de información sobre la producción de desechos orgánicos en la EAP.....	56
Anexo 3.	Formato del registro semanal de toma de datos de campo.....	57
Anexo 4.	Datos climáticos en la EAP durante el estudio.....	58

## RESUMEN

La Escuela Agrícola Panamericana (EAP) es considerada una pequeña comunidad y como tal enfrenta problemas en el manejo de sus desechos. El siguiente estudio enfocó en cuatro alternativas de aprovechamientos de los desechos orgánicos generados de las actividades productivas y de consumo en la EAP por medio del uso de lombrices (*Eisenia foetida*) y el compostaje, utilizando sistemas de pequeñas composteras o lombriceras con las que se pueda tener un sistema de producción de humus continuo. En estos sistemas se evaluó la eficiencia en la transformación y disponibilidad de nutrientes. Los resultados demostraron que no existe diferencia en lo referente a la disponibilidad de nutrimentos entre el humus y compost, pero sí en la obtención de productos como sólo compost o lombrices y humus. Para obtener éxito en estos sistemas de reciclaje es importante el manejo de las condiciones que afectan al desempeño de los mismos; como es la temperatura, pH y humedad, en especial en los sistemas en que se utiliza lombrices. Al adoptar cualquier sistema de reciclaje se está colaborando con el manejo sostenible de los recursos, reduciendo energía en la elaboración de otros productos, devolviendo al sistema una parte de lo mucho que extraemos de él y por último reduciendo los desechos que van al basurero, y de esta manera alargando la vida útil de éste.

## I. INTRODUCCION

Los residuos sólidos urbanos constituyen actualmente uno de los más serios problemas ambientales derivados de las actividades productivas y de consumo. Varios factores han contribuido al agravamiento de este problema durante las últimas décadas. Estos factores son:

- 1- El crecimiento de la población, concentrada principalmente en las grandes áreas urbanas, que ha provocado un aumento indiscriminado de los residuos, muy por encima de las soluciones que se han puesto en práctica para su eliminación o recuperación.
- 2- Un aumento en la utilización de productos de un solo uso.
- 3- Incremento en el sobreempaquetado de los productos, lo que provoca un aumento en el volumen de los desechos y un despilfarro de recursos no renovables que contribuyen con pérdidas de energía en el ecosistema (Amigos de la Tierra, 1993).

La conciencia y educación ciudadana sobre los problemas ambientales que responsabilice e incite a la población a tomar parte activa en la solución de esta problemática es aún mínima. Por esto es urgente la necesidad de modificar las actitudes de nuestros conciudadanos y de las futuras generaciones, fomentando comportamientos responsables con el medio ambiente a través de programas educativos y de concientización.

Existen otros problemas con la recogida de los desechos y su eliminación o recuperación, los cuales tienen sus efectos en la contaminación del ambiente, ya que estos desechos son un medio favorable para la reproducción de insectos y animales no deseables que a su vez perjudican en la producción y contaminan los alimentos. También representan un foco de infección para la salud humana, en especial en los barrios pobres. Existen dos tipos de riesgos que afectan la salud humana:

\* Riesgos directos, como el contagio directo por excrementos humanos y animales. No existe protección de ningún tipo si el basurero es abierto.

\* Riesgos indirectos, como la proliferación de vectores sanitarios (moscas, mosquitos, ratas, cucarachas). También la basura es utilizada en la alimentación de animales como los cerdos que posteriormente son consumidos por el hombre (Jaramillo, 1991).

En la Figura 1 podemos observar el ciclo de los desechos orgánicos y lugares potenciales para el desarrollo de organismos no deseables en la transmisión de enfermedades si no se tratan adecuadamente, es ahí donde se debe contrarrestar con sistemas adecuados de manejo de los desechos urbanos.

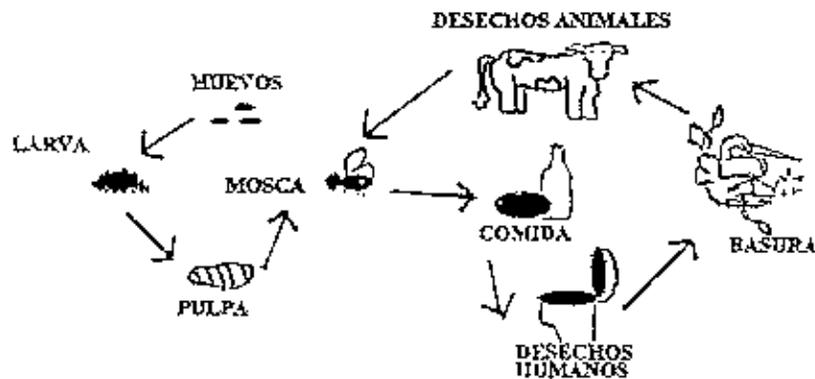


Figura 1. Ciclo vital de la mosca y su importancia en la transmisión de enfermedades  
Fuente: Jaramillo, J. 1991.

En la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) se produce una gran cantidad y variedad de desechos orgánicos, que en gran parte no cuentan con un manejo apropiado desde el punto de vista medio ambiental y no están lejos de producir problemas de contaminación y peligros para la salud de los que viven en la EAP y los alrededores.

Los sistemas de eliminación más tradicionales son la quema y el enterramiento, tomando en cuenta la cantidad de basura que se debe eliminar hoy en día, resultan perjudiciales desde el

punto de vista ecológico. La quema de basura es causa de contaminación atmosférica y el enterramiento tiende a contaminar las aguas subterráneas (Chacón et al., 1990). En el caso de la EAP el nivel freático se encuentra a 12 m de la superficie<sup>1</sup> en la época lluviosa en la zona perteneciente a la finca Díaz ubicada a 800 m del basurero, este resulta el pozo mas cercano al basurero, por lo cual representa un lugar potencial para esta clase de contaminación si no se realiza alguna actividad de prevención.

En lo concerniente a las actividades de manejo de la basura producida y recolectada por la EAP, ésta es conducida al vertedero a cielo abierto que se ubica en la zona que se conoce con el nombre de Carbonal. Estos desechos no tienen ningún proceso de clasificación, ni se realiza separación de los elementos benignos de los tóxicos.

De los tipos de desecho que se producen y son llevados al basurero, los desechos orgánicos son los más problemáticos ya que son materiales de rápida descomposición, lo cual ocasiona malos olores, atraen animales, insectos e incluso se puede observar personas, denominados rebuscadores, quienes seleccionan alimentos u objetos para su uso o de sus animales. Todos estos aspectos aumentan la probabilidad de ocurrencia de los riesgos anteriormente mencionados.

Los desechos orgánicos que van al basurero son aproximadamente 2.2 TM diarias que representa un volumen de 10.8 m<sup>3</sup>, donde aproximadamente un 47% es materia orgánica del total de los desechos producidos, los cuales proceden de los dormitorios, residencias, jardines y principalmente el comedor estudiantil. La razón de la diferencia es que el comedor estudiantil atiende aproximadamente a 770 estudiantes más el personal administrativo, mientras que en las residencias sólo existen aproximadamente 410 personas (Zelada, 1996).

La producción por día en promedio de la EAP, en los lugares donde se tienen problemas en el manejo de los desechos que es la zona urbana varía entre 90 y 330 grs/día/persona, sin embargo varía según el sitio de origen del desecho, siendo mayor en las residencias, esto se puede deber al estatus económico que poseen (Zelada, 1996).

La EAP se asemeja a una pequeña comunidad (Anexo 1) donde el área urbana está representada por las residencias,

---

<sup>1</sup> Barlett, T. 1995. Medición de caudales. Zamorano, Honduras.

dormitorios, aulas, administración, puesto de venta, centro y hotel Kellogg, y la zona que se encuentra alrededor representa al área rural donde se encuentran los diferentes campos de producción; la cantidad de los desechos generados por estas áreas aumentará o disminuirá dependiendo de la época del año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Zonas de producción de desechos orgánicos en la EAP

ORIGEN	CLASE	CANTIDAD	DESTINO FINAL
HORTICULTURA Hortalizas Postcosecha Cosecha Ornamentales Frutales Proc. de verdu- ras y frutas Jardines	Residuos: de cosecha, verdu- ras, frutas, ramas, hojas, flores, tierra.	En verano se de- secha una canti- dad de 1,5 m <sup>3</sup> por día, en la época de invierno se desecha 6,5 m <sup>3</sup> .	Composteras que se encuentran al nivel de las plan- taciones de bane- no (zona 1). Al- gunas veces es llevado al basu- rero y lo que queda en el campo es incorporado al suelo.
AGRONOMIA Cultivos Semillas Lab. de suelos	Residuos: Elotes, hojas, suelo de muestras, dese- chos vegetales, desechos de oficina.	Entre los meses de octubre - novi- embre que corres- ponde a la época alta de cosecha se alcanza a más de 80 TM de dese- cho. Limpieza y jardín alcanza a 1 - 1,5 m <sup>3</sup> en la época de invierno	Los desechos de cosecha se incor- poran al suelo, los de semilla se va gran parte a ganado de carne y otros comprado- res, los demás desechos son lle- vados al basurero de la EAP.
DPV Laboratorios	Residuos: Medios de cultivo, basu- ra de limpieza y jardín.	Los desechos de los laboratorios alcanzan aproxima- damente 0,2 - 0,3 m <sup>3</sup> . La basura de jardín y limpieza es variable 0,8 - 1 m <sup>3</sup> .	Todos lo que genera DPV como basura es llevado al basurero.

<p>ZOOTECNIA Ganado lechero Ganado de carne Cabras y ovejas Cerdos Aves Concentrados Proc. Lácteos Proc. Cárnicos Lab. Bromatología.</p>	<p>Residuos: Estiércol, gallinaza, vísceras, desechos lácteos, desechos cárnicos, materia verde picada, pasto, hojas de limpieza de jardines, desechos de oficina.</p>	<p>Vísceras alrededor de 1 - 2 m<sup>3</sup> por matanza que se realiza de 1 a 2 veces por semana. Estiércol 150 - 200 m<sup>3</sup> en la época de verano, en invierno se pierde una parte por las lluvias. Entre cárnicos y lácteos se produce de 1,5 - 2 m<sup>3</sup> de basura en general en la semana.</p>	<p>Estiércol va a los potreros para ser incorporados, agricultura orgánica para ser usado en composteras. Vísceras al basurero y agricultura orgánica. Gallinaza a incorporarse a suelos agrícolas en especial de horticultura y basura en general al basurero.</p>
<p>ADMINISTRACION Edif. principal y otras secciones. Comedor Puesto de venta CEDA Centro Kellogg</p>	<p>Residuos: basura en general, residuos de comida, productos vencidos del puesto de venta.</p>	<p>Basura en general alrededor de 4 - 5 m<sup>3</sup> por día. Puesto de venta por semana se desechan aproximadamente 0,8 - 1,5 m<sup>3</sup> basura mezclada.</p>	<p>Basura del puesto de venta, CEDA, Centro Kellogg y las secciones de administración son llevados al basurero mas una parte de los desechos del comedor que es alrededor de 2 - 3 m<sup>3</sup> por día y la otra parte 2 m<sup>3</sup> son destinados a la alimentación de cerdos.</p>
<p>JARDINES Todas las áreas verdes de la EAP.</p>	<p>Residuos: Hojas en general, ramas, pasto o grama.</p>	<p>Aproximadamente 1 - 2 m<sup>3</sup> por día en la época de invierno.</p>	<p>Todo es conducido al basurero.</p>
<p>VIVIENDAS Campus alto Pantanal Campus estudiantil. Campus Profesores.</p>	<p>Residuos: Desechos domésticos en general.</p>	<p>Campus alto alrededor de 2 - 3 m<sup>3</sup> de basura. Pantanal es mínimo como campus estudiantil no se tiene datos. Campus profesores produce aproximadamente 3,5 - 4 m<sup>3</sup> cada dos días.</p>	<p>Estos desechos son conducidos al basurero.</p>

Fuente: Conversaciones personales y encuestas (Anexo 2) con los encargados de las diferentes secciones de producción y encargados de limpieza.

De estos desechos no todos están disponibles para implementarlos en un sistema de reciclaje, ya que los desechos del área urbana están bastante mezclados y así como se encuentran son llevados al basurero. Toda esa basura de cierto modo resulta contaminada directa o indirectamente por sustancias tóxicas o proliferación de microorganismos lo cual trae malos olores, un aspecto no deseable y que afecta la imagen estética de la EAP. Los desechos del área rural en su mayoría son incorporados de nuevo al suelo con el fin de disminuir la pérdida de la calidad de los suelos causada por las actividades agrícolas.

Los diversos departamentos de la EAP producen una cierta cantidad de desechos orgánicos que varían en volumen y variedad dependiendo de la época de producción por lo cual es difícil medir con exactitud las cantidades que se generan. En el cuadro 1 sólo se presenta un estimado de la cantidad producida; como se mencionó anteriormente la mayoría de los desechos de producción son incorporados al suelo en otros casos esos desechos son vendidos o intercambiados entre departamentos. Es difícil cuantificar en un corto plazo la cantidad de desechos que se generan en la EAP, por la variabilidad y eliminación de éstos, es necesario datos a largo plazo para realizar un cálculo más exacto de la generación de desechos orgánicos.

Existe un gran potencial de producción de desechos orgánicos, los que se podrían aprovechar de una forma más sostenible. En la actualidad ya existe un sistema de reciclaje de papel<sup>2</sup> y tratamiento de aguas negras por medio de lagunas de oxidación. Esto representa un paso en el camino de la implementación de un sistema sostenible y conciente de eliminación de los desechos en general. El presente estudio colabora con las posibles soluciones de reutilizar, recuperar y reducir los desechos orgánicos. Para ello se utilizó la lombriz roja debido a sus cualidades de excelente descomponedora de la materia orgánica y la obtención de un producto de mayor calidad contra el simple composteo o la combinación de las dos. Estas son alternativas que tienen potencial no sólo ecológicas, sino también lucrativas.

Se decidió utilizar este tipo de sistemas debido a que la EAP de alguna manera tiene experiencia con ellos, como el departamento de Horticultura que composta sus desechos de la

---

<sup>2</sup> Lee, M. 1995. Miniproyecto de reciclaje de papel en el Zamorano, Zamorano, Honduras.

sección de postcosecha, la sección de agricultura orgánica combina ambos sistemas (compostaje y lombrices), pero nunca se realizó ningún estudio donde se evalúe si existe diferencia en ambos sistemas o la combinación de ambos. Por esta razón se planteó la siguiente hipótesis nula el cual nos dice que no existe diferencia significativa en la utilización de compostaje y el uso de lombrices para reciclar los desechos orgánicos y obtener un producto útil y con las mismas características para el uso en el campo de la agricultura.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo principal

Mejorar el aprovechamiento de los desechos orgánicos producidos por la EAP, mediante su transformación, empleando el compostaje y las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*). Utilizando un sistema de pequeñas composteras o lombricerías en que pueda tener un sistema de producción de humus o compost continuo.

### 1.1.2 Objetivos específicos

\* Evaluar el manejo más eficiente de los desechos orgánicos en lo referente a transformación y disponibilidad de nutrientes del material resultante de los cuatro manejos de desechos orgánicos.

\* Entre los sistemas de reciclaje de los desechos orgánicos donde se utilizó lombrices, determinar entre ellos el más eficiente en la producción de lombrices como segundo producto.

\* Determinar el comportamiento de adaptación de las lombrices en los diferentes sistemas de reciclaje de los desechos orgánicos, donde los medios se encuentran en diferentes etapas de descomposición y poder elegir el más adecuado.

\* Con las alternativas anteriores de reutilización colaborar con el proyecto del nuevo basurero en la reducción de desechos que vayan a terminar en el basurero y crear un sistema de producción continua de compost o humus.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES

La definición más aceptada en los países industrializados de los residuos sólidos se refiere a los materiales originados en los procesos de producción y consumo, y que no alcanzan en el medio en el cual son producidos y son considerados como basura y no tienen ningún valor económico, por lo cual su poseedor decide deshacerse de ellas (Amigos de la Tierra, 1993). Mucha de esa basura sigue varias rutas, en el caso de los desechos orgánicos el destino final son los basureros administrados por el gobierno, cosa que ocurre en la mayoría de los países latinoamericanos donde todavía no existen sistemas de reciclaje. El destino ideal de los desechos orgánicos se muestra en la Figura 2, donde todos los desechos orgánicos son reutilizados, recuperados y reducidos a compuestos útiles y que poseen otros beneficios de importancia para el campo agronómico, o se podría decir que regresan al lugar de donde provinieron en una forma positiva.

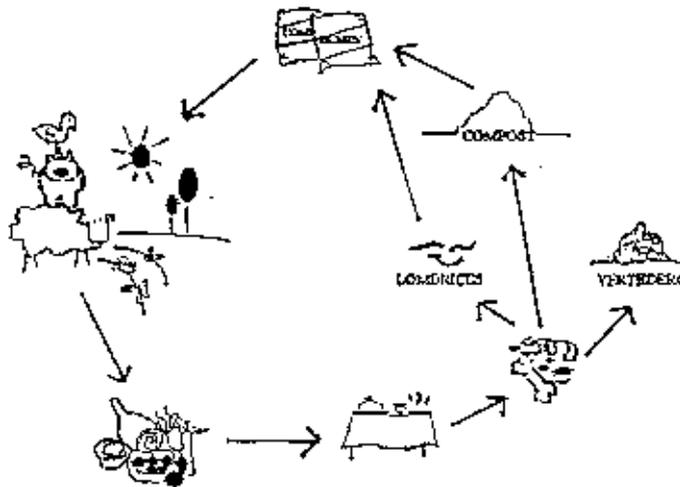


Figura 2. Ciclo de la materia orgánica  
Fuente: Amigos de la Tierra, 1993

En relación a los residuos domésticos, que son los que se producen habitualmente en los hogares y/o lugares de trabajo (oficinas, centros educativos, etc.), debemos partir del conocimiento de la composición de estos residuos, ya que resulta de enorme importancia para elegir los sistemas de tratamiento. Según dónde se originan los residuos sólidos urbanos, pueden presentar diferentes características agrupándose de la siguiente forma: residuos domésticos, residuos comerciales, residuos sanitarios, residuos de construcción y demolición, y por último los residuos industriales (Amigos de la Tierra, 1993). ( Figura 3)

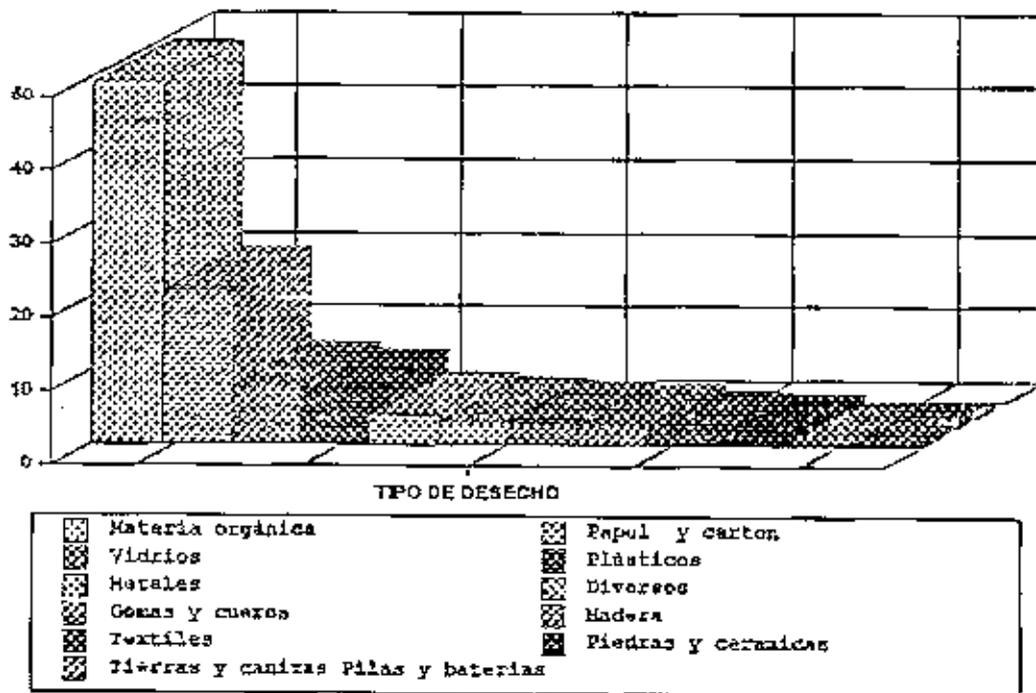


FIGURA 1. COMPOSICION MEDIA DE  
LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

FUENTE: Amigos de la Tierra, 1993.

Amigos de la Tierra (1993) calcula que en España, por ejemplo, el 50% de la basura está compuesta por materia orgánica, que es fermentable. La materia orgánica está compuesta por los restos de comida (animal o vegetal), producción agrícola, mantenimiento de jardines, fábricas procesadoras de alimento,

hasta los desechos de los procesos biológicos del organismo del hombre y animales (OACA, 1992). Podemos concluir que de todos los desechos, los orgánicos son los más heterogéneos.

Los desechos urbanos tienen varios efectos en el ambiente, uno de los más obvios es el deterioro de la estética de las ciudades y paisajes naturales. Debido a este deterioro existe una desvalorización tanto del terreno como de las áreas vecinas a los vertederos, por el abandono y acumulación de los desechos sólidos a cielo abierto, otro aspecto es la formación de los malos olores y la materia orgánica en descomposición (Jaramillo, 1991).

Uno de los indicadores que a primera vista refleja la salud y la calidad de vida de una población, es el estado de limpieza y belleza del lugar (Jaramillo, 1991). La EAP proyecta una imagen, es considerado como un ente que valora, conserva y protege los recursos, por ello es importante la preocupación de realizar un manejo adecuado de sus desechos que aminoren los efectos que pueden producir sobre el medio ambiente. Actualmente se realiza la clasificación de papel el cual es vendido a la industria papeleza y también se está realizando una proyección del nuevo basurero donde al final se construirá un parque. Se requiere que todo el material que vaya ser depositado al basurero sea porque no se encontró alguna alternativa de reciclaje. Con esto lo que se quiere es aumentar la capacidad y vida útil del basurero, para ello se han planteado varias alternativas de reuso, como ser la venta de botellas o reutilizarlas en los productos producidos por la EAP, venta de plástico, reciclaje del mayor porcentaje de la materia orgánica y separación desechos tóxicos de los no tóxicos.

Es necesario la implementación de un sistema de clasificación para lograr un reciclaje eficiente de los desechos, se necesita de la colaboración de toda la comunidad de la EAP para el éxito del manejo de los desechos sólidos y así aprovechar al máximo toda clase de desecho.

## **2.2 BENEFICIOS DEL USO DE LOMBRICES Y COMPOSTAJE**

En la naturaleza, los seres vivos mueren y su muerte permite el resurgimiento de una nueva vida. Los animales y plantas que mueren en los bosques y praderas son compostados por la acción del tiempo, el agua, los microorganismos, el sol y el aire; mejorando así la estructura del suelo y su contenido de nutrientes (Jeavons, 1991). Esta actividad realizada por la naturaleza puede llevar mucho tiempo. Una alternativa para

acelerar el proceso natural consiste en degradar la materia orgánica mediante la actividad de las lombrices y por medio del compostaje. Los cultivos intensivos agotan las reservas nutritivas de los suelos, la utilización de maquinaria pesada destruye la estructura de los mismos y la erosión causa pérdidas importantes de tierras fértiles. Frente a estos problemas, el compostaje y el uso de lombrices, pueden representar una solución eficaz, económica y saludable para el medio ambiente, a fin de devolver al suelo los nutrimentos extraídos por los cultivos (Motalib y Rida, 1987).

Para el productor, ésto significaría una reducción de sus costos debido a una menor utilización de fertilizantes y con el tiempo un aumento en la producción. Según afirman Chacón et al. (1990), la presencia de un número mayor de lombrices significa una menor utilización de fertilizantes, por esta razón se propone un mayor uso de la agricultura biológica. Los agricultores de los países industrializados están preocupados por aumentar sus rentabilidades, por esta razón han adoptado el uso de lombrices y la utilización de compost para mejorar la calidad de sus tierras; por ejemplo en los EEUU, más de 90000 granjeros se dedican a la cría y venta de lombrices (Chacon et al., 1990). En algunos de estos casos la materia prima para la alimentación y camas de las lombrices es originada de los mismos procesos productivos de esta manera se disminuye la cantidad de desecho orgánico.

La acción de las lombrices en el suelo se conoce desde hace mucho tiempo. Estos invertebrados se citan en 1758 en la décima edición del *Systema Naturae* de Linneo, pero como especie única (*Lumbricus terrestris*), mientras que en la actualidad se sabe que existen más de dieciocho mil especies de lombrices (Motalib y Rida, 1987).

A las lombrices se les llaman últimamente "las barrenderas del mundo". Estos animalitos prolíficos están en condiciones de transformar grandes cantidades de residuos orgánicos de una manera sostenible y en equilibrio con el hábitat donde se encuentran (Bellapart, 1988). Igualmente, la acción del compostaje, por medio del medio ambiente y los microorganismos, juegan un papel parecido.

Algunas administraciones provinciales italianas han utilizado a las lombrices para resolver sus problemas de eliminación de desechos. En Berna (Suiza), en San Francisco (EEUU) y el Japón se han construido importantes instalaciones donde se realiza

una transformación diaria de 150 toneladas aproximadamente de desechos de la industria maderera y de otros residuos orgánicos (Ferruzzi, 1994).

### 2.3 PRODUCCION DE DESECHOS ORGANICOS EN LA EAP

Los desechos orgánicos que se producen diariamente en la zona urbana de la EAP representan aproximadamente un 47% de un total de 10.78 m<sup>3</sup> (Zelada, 1995). Los datos obtenidos por Zelada (1995) demuestran que entre los desechos orgánicos que se generan en la EAP, el mayor porcentaje (52-85%) provienen de las residencias y el comedor, lo cual nos indica que es un material que en su totalidad se puede usar en sistemas de reciclaje, ya que actualmente el destino final de estos subproductos es el vertedero a cielo abierto existente en la EAP.

La población oscila alrededor de 1660 habitantes, esto representa el alumnado, las familias que viven dentro de la EAP y el personal de administración. También se generan desechos orgánicos por las actividades de producción en los diferentes departamentos, cosechas agrícolas y el consumo de productos empaquetados que son generados en su mayoría en la zona urbana. Es verdad que no todos los desechos son aptos o disponibles para realizar una recolección y procesarlos en los sistemas de reciclaje, como aquellos desechos que en el lugar de origen son depositados en un mismo recipiente, lo cual puede ocasionar una contaminación de los desechos orgánicos con otros que son tóxicos o que no son biodegradables o que se degradan lentamente. Muchos de estos desechos son incorporados en el mismo sitio donde se los produjo, otros son vendidos, otros son transferidos con un costo adicional entre los departamentos de la misma EAP. Los lugares potenciales que son aptos para el sistema de reciclaje que se propone son originados en: viviendas en general, puesto de venta, jardines, comedor, centro y hotel Kellogg y oficinas de departamentos en general (Cuadro 1), debido a que todos estos desechos son llevados directamente al basurero sin saber que muchos de ellos se podrían reciclar.

### 2.4 CARACTERISTICAS DE LA LOMBRIZ COMO DESCOMPOREDORA DE MATERIA ORGANICA

*Eisenia foetida* es un organismo biológicamente simple, el agua es el principal componente (80 a 90%) de su peso total, tiene diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos, esta variación es por la presencia

de pigmentos. La pigmentación protege la superficie de la lombriz contra la radiación de la luz ultravioleta.

La taxonomía de la lombriz *Eisenia foetida* es la siguiente:

Reino : Animal  
Tipo : Anelida (cuerpo anillado)  
Clase : Oligoqueta (anillos con pocas cerdas)  
Familia: Lumbricidae  
Género : *Eisenia*  
Especie: *foetida*

El género *Eisenia*, es común dentro de ciertos biotipos creados por el hombre. De acuerdo a los recursos alimenticios que explotan y las condiciones ambientales en las que habitan pueden clasificarse en detritívoras, aquellas que comen principalmente el mantillo vegetal o estiércol animal en los horizontes superficiales de suelos ricos en materia orgánica; y en geófagas, las cuales se encuentran ubicadas en horizontes más profundos del suelo y consumen grandes cantidades de suelo junto con las pequeñas cantidades de materia orgánica existente en éste (Tineo, 1994).

La lombriz *Eisenia foetida* (Figura 4) vive un promedio de 16 años y se aparea cada 7 días, alcanza su madurez sexual a los 90 días y su talla adulta a cabo de los 9 meses es de 8 a 10 cm, tiene 5 corazones, 6 riñones y 182 elementos excretores, tiene un rango de adaptación a sustratos con un pH de 6 a 8, temperatura de 12 a 28 °C y una humedad de 70 a 80%. Las lombrices son hermafroditas lo que favorece para obtener una mayor reproducción y conseguir mayor número de lombrices que transformen mayor cantidad de desechos orgánicos.

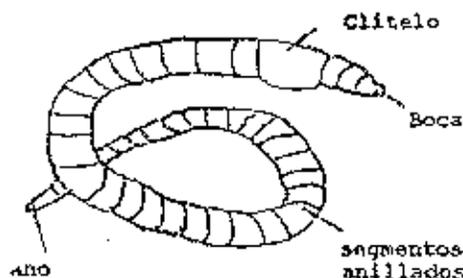


Figura 4. Lombriz roja de California  
y sus partes.

Fuente: Tineo, 1993.

En experimentos realizados anteriormente por Tineo (1990) en el Costa Rica, se concluyó que densidades menores de lombrices en el medio existe una producción mayor de cocones<sup>1</sup> con un porcentaje mayor de individuos por cocon. La densidad óptima para *Eisenia foetida* está en 2 500 lombrices/m<sup>2</sup>, donde la profundidad varía entre 15 a 20 cm, para una buena transformación de los desechos orgánicos.

Otro aspecto de mucha importancia en la reproducción y fecundidad, es la calidad de alimento. Si se administra periódicamente alimento fresco la reproducción aumenta. Existe una relación directa en el peso de la lombriz con el número de nuevas lombrices que eclosionan, a mayor peso de las madres, aumenta el número de lombrices que eclosionan, por esta razón se debe escoger bien las fuentes de alimentación en especial si se quiere como producto lombrices (Holmin, s. f. citado por Tineo, 1994).

## 2.5 EL COMPOSTEO

Se puede decir que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde la materia orgánica es el principal componente de esta actividad. Lo que se trata de lograr con esta actividad es que los desechos orgánicos alcancen un grado de digestión, el cual al ser aplicado al suelo no signifique una competencia o un factor negativo entre los microorganismos y las plantas superiores, por los

<sup>1</sup> Cocones, se refiere a los huevos de las lombrices.

nutrientes que ambos necesitan. El compost no se puede considerar como un fertilizante si no un acondicionador del suelo ya que en general contiene: 1% de nitrógeno, 0.25% de fósforo y 0.25% de potasio, por esto se recomienda la utilización de compost más un fertilizante para un mejor resultado en el suelo (Trejo, 1994).

Uno de los principales usos del compost es para evitar la erosión y el deslave del suelo, para lograr esto es necesario incorporar el compost al suelo lo cual se puede realizar al momento de preparar el suelo para la siembra, también se lo utiliza para mejorar su estructura física como la oxigenación, drenaje y color, aumentar la capacidad de absorción del agua y mejorar la actividad biológica del suelo. Como técnica de procesamiento de la basura urbana por el momento representa la única alternativa para la reutilización de la materia orgánica, es muy conveniente para manejar residuos industriales de empresas productoras de cárnicos, vegetales, maderas y otros.

El compost se obtiene de un proceso bioquímico aeróbico. La estabilidad de la materia orgánica se alcanza por medio de bacterias y otros microorganismos que consumen grandes cantidades de oxígeno y que producen cantidad considerable de calor. La masa bacteriana descomponedora prefiere un rango de pH que varía entre 6.0 y 7.5 (Martín y Gershuny, 1992). El proceso de composteo permite estabilizar la materia orgánica putrescible, destruir casi todos los organismos patógenos y nocivos así como los huevos y larvas de insectos, la mayoría de los organismos patógenos mueren si se mantienen a unos 50°C durante varios días (Trejo, 1994). También conservar el nitrógeno, fósforo, potasio y materias orgánicas resistentes que se encuentren en la materia prima y conseguir un producto final uniforme y relativamente seco.

El proceso de composteo pasa por un período de calentamiento de la materia, puede llegar a temperaturas de 60 a 75 °C. Por otra parte necesita de una buena aireación, por lo cual se voltea la materia en composteo alrededor de 4 a 5 veces en todo el proceso. Si no se realizara esta actividad pasaría a una descomposición anaeróbica lo cual cambia el producto que se quiere obtener de este sistema de aprovechamiento de los desechos orgánicos.

### III. MATERIALES Y METODOS

Gran parte de la metodología que se utilizó para llevar a cabo el estudio fue adaptado por el experimentador. En la revisión de literatura no se encontraron otros experimentos relacionados al tema.

#### 3.1 LOCALIZACION

El presente estudio se llevó a cabo en el lote llamado "Las Chorreras", perteneciente al Departamento de Zootecnia de la EAP, donde actualmente se encuentra el módulo de Agricultura Orgánica. La temperatura promedio que registró la zona fue de 23 °C, una precipitación anual de 1100 mm y se encuentra a una altura de 800 msnm.

#### 3.2 ESPECIE UTILIZADA

Para el presente estudio se utilizó la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*), para los tratamientos en que se utilizó lombrices. Está fue obtenida de los cultivos de lombrices de Agricultura Orgánica de la EAP.

#### 3.3 FUENTES DE DESECHOS ORGANICOS DE LA EAP

El estudio consistió en reutilizar y dar un mejor uso a algunos desechos orgánicos que se producen en la EAP. Se identificaron los lugares potenciales de producción donde todavía no se les ha dado un manejo adecuado, para poderlos considerar como fuentes permanentes que servirán para formar el medio y de alimento de los sistemas de reciclaje.

Se ha identificado como fuentes potenciales de producción de desechos orgánicos a la zona urbana por tener fuentes carbonadas y la sección de Ganado de Leche por ser fuente nitrogenada. Se han elegido estos lugares primero porque en la zona urbana existe serios problemas en la clasificación y eliminación de sus desechos lo cual ocasiona problemas en el basurero; segundo, ya que la combinación de estos desechos forman un equilibrio entre los requisitos que se necesitan para el compostaje y el uso de lombrices, como es la relación carbono-nitrógeno.

El tiempo de obtención de compost y humus dependerá de la variedad de los desechos empleados en su elaboración, lo cual está relacionado con carbono-nitrógeno (C:N) de cada uno de ellos. En general aquellos materiales que contienen una relación de C:N baja, como en el caso de las verduras y abonos verdes tendrán menos tiempo en descomponerse, mientras que si existe una relación alta de C:N como los desechos de carpintería, tardan mas tiempo en descomponerse. La relación ideal de C:N para la descomposición de la materia orgánica es de 30:1<sup>4</sup>. En el caso del estudio, los materiales que se utilizaron tienen las siguientes relaciones (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación carbono-nitrógeno de los materiales usados en el estudio.

MATERIAL	RELACION N:C
Gramas	19:1
Desechos de cocina	15:1
Estiércol de vaca	25:1
Frutas y verduras	30:1

Fuente: Adaptado del Folleto del módulo de agricultura orgánica, 1996.

La relación C:N en conjunto de todos los materiales del estudio fue de 22.25:1.

### 3.3.1 Desechos domésticos

En la EAP no existe actualmente un sistema de clasificación de desechos y el implementarlo significa un período de adaptación y concientización en especial del área urbana. Por esta razón se escogió el comedor estudiantil como representante de los desechos domésticos y por ser el lugar que aporta mayor cantidad de materia orgánica, también por representar a una gran cocina de hogar, donde los desechos que se producen son de las actividades de preparar los alimentos

<sup>4</sup> AMADOR, R. 1996. Manual de Agricultura Orgánica (Módulo).

para el desayuno, almuerzo y la cena que de cierta forma son comunes en los hogares.

Los desechos se recolectaron en la semana del 9 al 16 de octubre de 1995; la recolección se llevó a cabo con un tractor y un trailer procedentes de la sección de Superintendencia de Campo. El tractor pasó por el comedor todas las mañanas aproximadamente a las 7:00 a.m., conduciendo los desechos al módulo de Agricultura Orgánica y depositando los desechos a un lado de las lombriceras para facilitar su manejo.

Los desechos recolectados diariamente estaban compuestos por diferentes tipos de alimento dando cierto grado de heterogéneidad en el transcurso del día, pero en la semana de recolección se observó una similitud de estos desechos. En el Cuadro 3 se muestra el tipo de residuos alimenticios que se recolectaron en el periodo de esa semana.

Cuadro 3. Lista de desechos originados en una semana en el comedor estudiantil.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES
ARROZ	FRIJOL	ARROZ	VERDURAS	GELATINA	PAN	PANQUEQUE	HUEVO
HUEVO	CASCARAS	CHURISO	FRIJOLLES	PAN	JAMON	YOGURT	FRIJOLLES
TORTILLAS	POLLO	PURE PAPA	QUESO	FIDEOS	QUESO	CEREAL	TORTILLAS
CARNE	FRUTA	CASCARA	PAN	CARNE	POLLO	CERDO	QUESO
YUCA	PAPEL	FRUTA	CARNE	ENSALADA	ARROZ	ARROZ	CARNE
POLLO	TORTILLA	POSTRES	POSTRES	TORTILLA	VERDURA	HUEVO	VERDURAS
PAN	ARROZ			POSTRES	FRUTA	FRIJOLLES	ARROZ
POSTRES	POSTRES			ENSALADA	TORTILLA	CARNE	POSTRES
				POLLO		POSTRES	

### 3.3.2 Desechos de postcosecha

Se recolectaron los desechos orgánicos producidos por esta sección durante el lapso de una semana; ésta sección dispone de un trailer que permanece en Postcosecha y que comparte con la sección de Tecnología de Alimentos. En el trailer, estas dos secciones van depositando sus respectivos desechos durante el día, la basura que es producida depende de la época del año.

La recolección de estos materiales se realizó por el periodo de una semana, del 9 al 15 de octubre de 1995, a las 7:30 a.m.

### 3.3.3 Desechos de jardines

Estos desechos orgánicos están constituidos por hojarascas, hojas de palma, césped, a veces algo de frutas, dependiendo de la época del año. Muchos de estos desechos son dejados en el campo por su difícil recolección o porque simplemente así es la política del manejo de este residuo. Debido a esto, se tuvo que encontrar otro material que nos represente adecuadamente las características de la materia verde, para lo cual se cortó King Grass (*Pennisetum purpureum*) de los potreros pertenecientes a la sección de búfalos. Este pasto fue picado en fracciones pequeñas con una picadora de forrajes.

La razón por la que se decidió utilizar los desechos de jardín fue porque en especial la zona urbana cuenta con muchos árboles tanto frutales como ornamentales, extensos jardines y campos cubiertos por césped, en donde se genera materia verde en una cantidad importante, en especial en la época de invierno, algunos de estos desechos son recogidos y son conducidos al basurero.

### 3.3.4 Estiércol

Un bovino adulto excreta diariamente alrededor de 20 a 25 kg de estiércol, lo que significa una fuente diaria de este insumo de calidad para la realización del medio de las lombriceras y como fuente de alimentación fresca. El estiércol utilizado se recolectó de la sección de Ganado Lechero el 18 de octubre de 1995; este material estuvo madurando previamente por un período de 6 meses en la misma sección. Se madura el estiércol con anticipación, para evitar que el medio alcance temperaturas elevadas debido a la descomposición.

## 3.4 CONSTRUCCION DE LAS LOMBRICERAS

Las lombriceras midieron 92 cm de ancho por 1 m de largo y 20 cm de altura el cual significa 0.18 m<sup>3</sup>. Aprovechando la infraestructura del módulo de Agricultura Orgánica. El número total fue de 12 lombriceras para los tratamientos y repeticiones. Las divisiones fueron separadas por bloques de concreto y en las uniones se colocó plástico para aislarlos entre sí, y evitar que las lombrices se pasaran de un tratamiento a otro.

La proporción de las fuentes de desecho orgánico que se utilizó para formar el sustrato de inoculación se encuentra

detallada en el Cuadro 4. Esta relación se mantuvo para todas las lombriceras.

Cuadro 4. Relación en porcentajes de las fuentes que participaron en la preparación del medio.

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE
Desecho doméstico	18.18
Desecho de jardín	36.36
Desecho de postcosecha	12.12
Estiércol	45.45

Se comenzó nivelando la base de las lombriceras para que todas fueran uniformes, luego se colocó una capa de casulla de arroz al suelo para separar la tierra con la mezcla de los desechos y especialmente para favorecer el drenaje de agua. Posteriormente se llenaron las composteras con la mezcla preparada previamente. Se trabajó con tambos de 17 galones lo que corresponde a 0.064 m<sup>3</sup>. Cada compostera se llenó con 2.75 tambos lo que corresponde a 0,18 m<sup>3</sup>. Posteriormente las lombriceras fueron regadas para obtener una buena humedad y lixiviar algunas sustancias tóxicas que todavía podrían estar presentes en el medio como residuos de orina que pudieran encontrarse todavía en el estiércol. Al día siguiente se realizó la inoculación de las lombrices.

### 3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente estudio, se utilizó bloques completamente al azar (BCA), comprendido por tres bloques y dentro de los bloques se distribuyeron los tratamientos al azar mediante un sorteo, que consistió de tres tratamientos con lombrices y un testigo que representó el manejo de los desechos orgánicos en una compostera. Los tratamientos fueron:

- 1- Tratamiento testigo: materia orgánica fresca a compostar.
- 2- Tratamiento 1: materia orgánica fresca más lombrices.
- 3- Tratamiento 2: materia orgánica en proceso de compostación (50%) más lombrices.

4- Tratamiento 3: materia orgánica compostada (100%) compostada más lombrices (Este es el sistema que comunmente se utiliza en Agricultura Orgánica. Tarda un periodo de 6 meses en obtener humus).

El estudio duró 12 semanas. En la Figura 5 se muestra un cronograma de aplicaciones de los tratamientos y en el Cuadro 5 el esquema de la distribución de los tratamientros junto con las repeticiones.

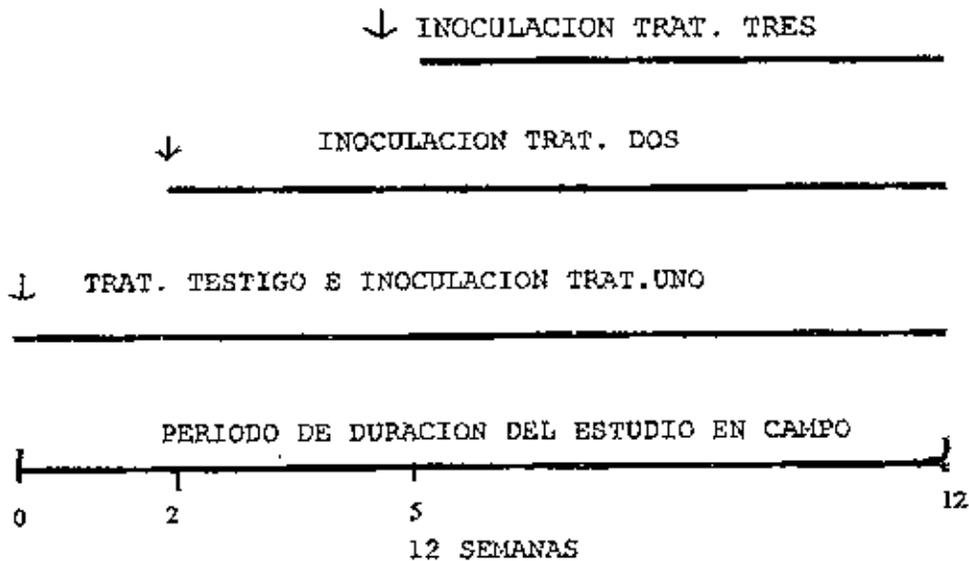


Figura 5. Cronograma de aplicación de tratamientos

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en las lombriceras.

LOMBRICERA 11 TRATAM. TESTIGO	LOMBRICERA 12 TRATAM. 3
LOMBRICERA 9 TRATAM. 2	LOMBRICERA 10 TRATAM. 1
LOMBRICERA 7 TRATAM. 3	LOMBRICERA 8 TRATAM. TESTIGO
LOMBRICERA 5 TRATAM. 1	LOMBRICERA 6 TRATAM. 2
LOMBRICERA 3 TRATAM. 2	LOMBRICERA 4 TRATAM. 3
LOMBRICERA 1 TRATAM. TESTIGO	LOMBRICERA 2 TRATAM. 1

El 20 de octubre de 1995 se inoculó el primer tratamiento, de la siguiente manera: las lombrices fueron cosechadas de las lombriceras del módulo de Agricultura Orgánica, se contó y luego se las pesó, para determinar la relación de peso y número de lombrices. En el Cuadro 6 se muestra la cantidad y peso de las lombrices.

Cuadro 6. Cantidad y peso de las lombrices inoculadas en el tratamiento 1

No. LOMBRICERAS	CANT. LOMBRICES	PESO grs
2	2 000	1 120
5	2 000	1 090
10	2 000	1 140

Una vez colocadas en el medio se cubrió las composteras con material vegetal seco. Esto se realizó en todos los tratamientos y todas las repeticiones. Este material tiene propiedades de mantener un microclima para las lombrices y

ayuda a que el sol no penetre directamente y perjudique a las lombrices, también evita una excesiva evaporación del medio.

El 10 de noviembre de 1995 se continuó cosechando lombrices para inocular el segundo tratamiento, que tenía 2 semanas de estar compostándose. Se realizaron los mismos procedimientos que en el anterior tratamiento (contado y pesado de lombrices) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cantidad y peso de las lombrices inoculadas en el tratamiento 2.

No. LOMBRICERA	CANT. LOMBRICES	PESO grs.
3	2 000	1 230
6	2 000	1 120
9	2 000	1 140

El primero de diciembre de 1995 se realizó la última cosecha para inocular el tercer tratamiento. El medio de las lombriceras 4, 7, 12 que corresponden al último tratamiento se encontró descompuesto por la acción del medio ambiente y microorganismos. Se contó el mismo número de lombrices y de igual forma se las pesó (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cantidad y peso de las lombrices inoculadas en el tratamiento 3.

No. LOMBRICERA	CANT. LOMBRICES	PESO grs.
4	2 000	1 078
7	2 000	1 110
12	2 000	1 100

### 3.5.1 Análisis de laboratorio

El 20 de octubre de 1995 se realizó la primera toma de muestras de las 12 lombriceras. Se decidió realizarlas al comienzo del estudio para conocer la disponibilidad de elementos que contenían los medios. Los resultados del primer análisis se compararon con el último análisis realizado al final del estudio, el 19 de enero de 1996.

El laboratorio de suelos de la EAP, ubicado en el departamento de Agronomía realizó el análisis de las muestras. Los métodos utilizados para determinar N-P-K fueron los siguientes:

- \* Nitrógeno: Se realizó por el método de Micro-Kjeldahl.
- \* Fósforo: Se realizó por el método de colorimetría (solución extractora de Mehlich I).
- \* Potasio: Se realizó a través de soluciones extractoras y filtrados, el cual fue analizado por Espectrofotometría.

### 3.5.2 Protocolo de muestreo

El protocolo de muestreo se refiere a la manera en que fueron tomadas las muestras en el trabajo de investigación, el cual explica claramente los pasos que se siguieron<sup>5</sup>.

Los materiales que se utilizaron para poder tomar las muestras fueron: un barreno pequeño, bolsas de plástico, un marcador para identificar, una pesa, bandejas para mezclar y homogeneizar la muestra.

Los puntos de muestreo en cada lombricera se ubicaron en línea diagonal. Por lombricera se tomaron 3 submuestras que se unieron para obtener una muestra homogénea y representativa. En la Figura 6 se detalla las distancias y ubicación de los muestreos.

---

<sup>5</sup> LEE, M.1995. Protocolo de muestreo. Clase de Mediciones de Recursos Naturales

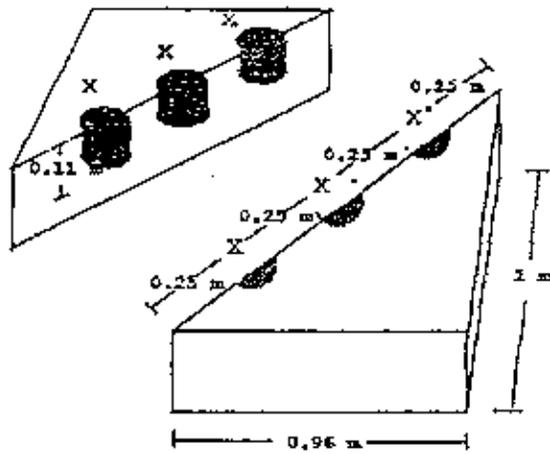


Figura 6. Posición de las muestras en las lombriceras

La muestra fue tomada con un pequeño barreno fabricado manualmente. Se usó una lata de conserva de tamaño normal, a la que se cortó las dos tapas. Las dimensiones se especifican más claramente en la Figura 7; la muestra final pesó 500 grs.

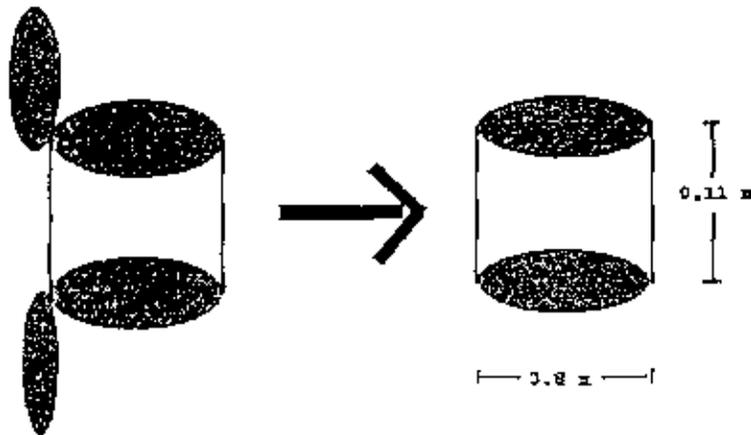


Figura 7. Diseño de un barreno preparado manualmente con una lata de conserva.

En las bolsas de plástico se anotó la fecha del muestreo, el número de lombricera y el tratamiento. Los códigos de los muestreos fueron escritos de la siguiente forma:

L1.T = lombricera 1, tratamiento testigo.  
L7.T3 = lombricera 7, tratamiento 3

Se utilizó la camioneta del departamento de Zootecnia para llevar las muestras al laboratorio de suelos.

3.5.3 Muestreo de lombrices a la cuarta semana de haber inoculado cada tratamiento.

Se espera que transcurrieran cuatro semanas después de haber inoculado cada tratamiento, dando un periodo de tiempo para que las lombrices se adaptaran al nuevo medio y que sus actividades de transformación y reproducción se lleven a cabo normalmente. Los materiales que se utilizaron fueron: una caja mostreadora de 0.15 m de ancho por 0.15 m y una altura de 0.10 m. Sólo se realizó un muestro por tratamiento, el cual se ubico al centro de las lombriceras. Posteriormente se contó la cantidad de lombrices que se obtuvo del muestreo para luego analizarlo estadísticamente. En la figura 8 se explica

claramente el momento que se realizó el muestreo de cada tratamiento durante el estudio.

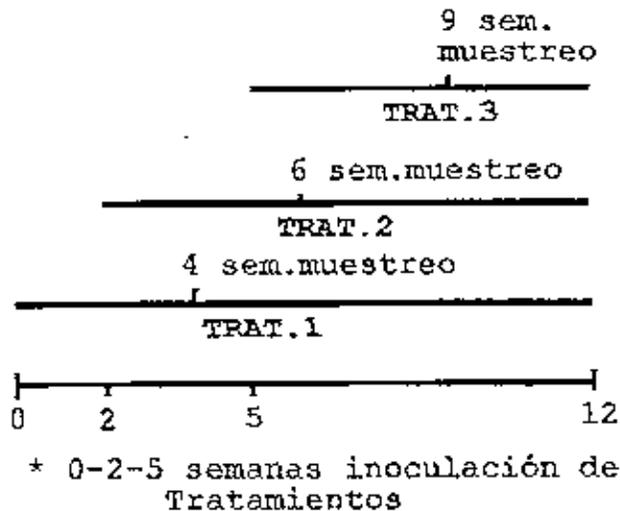


FIGURA 6. Cronograma de muestreos de lombrices por tratamientos

#### 3.5.4 Datos de campo

Son datos que se tomaron una vez por semana los días viernes, para controlar el estado de las lombriceras y realizar las correcciones que fueran necesarias como la humedad requerida para el buen desempeño de las lombrices. Los datos se tomaron en un formato prediseñado (Anexo 3).

**3.5.4.1 Control de humedad:** Se utilizó un método manual muy confiable a nivel de campo; este método consiste en tomar un puñado del sustrato y apretar fuertemente con el puño, si escurre bastante el agua es que tiene demasiada humedad y si

al apretar no sale agua y al soltar el sustrato deja la mano limpia, esto significa que necesita riego.

**3.5.4.2 Volumen inicial- Volumen final:** La mezcla de los desechos se realizó el mismo día para todos los tratamientos y repeticiones para disminuir cualquier fuente de variación. Se midió el volumen que se colocó en cada lombricera para asegurar que todos los tratamientos y repeticiones contengan

el mismo volumen y pueda observarse la pérdida del material por tratamiento. Esto se realizó con tambos de 17 galones que es equivalente a  $0.064 \text{ m}^3$ . Por cada lombricera se colocó 2.75 tambos que equivalen a  $0.18 \text{ m}^3$ . Para evitar cualquier error al llenar los tambos, se ejercía presión de compactación en el medio para evitar espacios vacíos. Se trató de que la presión fuera igual para cada tampo llenado.

Al transcurrir los 3 meses propuestos para el estudio, después de la cosecha de las lombrices, se volvió a medir el volumen del material resultante de la descomposición de las lombrices y de los microorganismos (compost), para luego determinar un estimado de los porcentajes de pérdida de cada tratamiento por el tipo de manejo que se le dió a cada uno de ellos.

**3.5.4.3 Medición de pH:** La medición del pH se realizó mediante un peachímetro de campo prestado por la sección de Agricultura Orgánica. Los puntos de control se ubicaron en línea diagonal. Se tomó en 3 lugares diferentes de la línea diagonal para mayor exactitud. La toma de datos se realizó cada viernes.

El control de pH es importante para determinar el comportamiento y adaptabilidad de las lombrices y por último determinar la calidad y disponibilidad de los nutrientes (N-P-K) del compost y humus que se obtuvo.

**3.5.4.4 Temperatura:** La temperatura se tomó con un termómetro de suelo, en línea diagonal. Se tomaron 3 datos por lombricera para sacar un promedio. Se realizaron cada semana por el lapso de todo el estudio.

### 3.6 ANALISIS DE LOS DATOS

El análisis de los datos se realizó en dos etapas, la primera comprende un análisis estadístico de las variables N, P Y K para lo que se utilizó el paquete estadístico "Statistical Analysis System" (SAS). Se utilizó los resultados de los análisis de laboratorio de suelos de los desechos orgánicos que participaron para formar el medio de los tratamientos.

En la segunda etapa, se analizaron los datos de campo en forma cualitativa, basados en la experiencia obtenida durante el tiempo del experimento y la literatura que se leyó.

### 3.6.1 Análisis estadístico (cuantitativo)

Para cumplir con los objetivos y la hipótesis planteada anteriormente expuestos, se realizó un análisis comparativo entre los resultados finales de N, P y K, con el objetivo básico de comparar las diferencias de los tratamientos observados y poder considerar que si variabilidad presentada se dio por el tratamiento y no fue debido al azar.

Para ello se midió la variabilidad mediante un ANDEVA para comprobar la significancia de los tratamientos. Posteriormente con los análisis significativos se realizó un análisis más, para cuantificar la variación, para esto se utilizó la prueba de separación de medias (NSK).

Las mismas pruebas de ANDEVA y separación de medias se realizaron para las demás comparaciones que se estudiaron:

- Analizar si existió diferencias entre los tratamientos y que influencia tuvo el manejo de cada uno de ellos en la mayor o menor disponibilidad de nutrientes en el material resultante.

- Analizar cuál es la diferencia existente entre los tratamientos que se utilizó lombrices y ver como influye en la producción de lombrices el tiempo que se compostó el medio y qué resultados se espera a la cuarta semana de haber sido inoculado cada tratamiento.

### 3.6.2. Análisis cualitativo.

Esta parte del análisis se basa en los datos que se tomaron en el transcurso del estudio, como ser: temperatura, pH, humedad, calidad de los desechos orgánicos y los volúmenes obtenidos al finalizar el estudio que están relacionados directamente.

#### IV. RESULTADOS

##### 5.1 ANALISIS ESTADISTICO

##### 5.1.1 Comparación de los resultados finales del laboratorio de suelos.

El material resultante es el que interesa, ya que es el producto que se va a incorporar al suelo como acondicionador del suelo. En el Cuadro 9 se muestra los niveles de aceptación de cada elemento y la comparación de ellos contra el los niveles que se obtuvo en el estudio.

Cuadro 9. Niveles ideales contra los obtenidos en el estudio.

		Bajo	Medio	Alto
%N	Ideal	< 0.10	0.10 - 0.20	> 0.20
	Compost	-----	-----	0.61
	Humus	-----	-----	0.70
p (ppm)	Ideal	< 17	17 - 30	31 - 60
	Compost	-----	-----	1274
	Humus	-----	-----	1540
K (ppm)	Ideal	< 59	59 - 137	> 137
	Compost	-----	-----	2095
	Humus	-----	-----	2545

##### NITROGENO

Los niveles de nitrógeno obtenidos en el análisis de la materia final se encuentran en rangos óptimos para la utilización en la agricultura. El laboratorio de suelos los calificó de muy buenos.

En el ANDEVA el modelo utilizado para probar la diferencia de nitrógeno entre los tratamientos no fue significativo (Prob>F 0.4762) y explica 25 por ciento de la variabilidad en las diferentes observaciones de nitrógeno ( $R^2= 0.255330$ ). No existe diferencia entre los niveles de nitrógeno de los diferentes tratamientos (Prob>F 0.4762) a un alpha de 0.10 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Andeva para la variable nitrógeno  
Variable dependiente: Nitrógeno

FUENTE	GL	SS	CM	Val.F	Prob> F
Modelo	3	0.0392	0.0130	0.91	0.4762
Error	8	0.1144	0.0143		
Total	11	0.1536			
$R^2$	0.2553				
C.V.	17.5221				
Alpha	0.1				

En la diferencia de medias de nitrógeno no se encontro direrencias significativas entre los tratamientos. Como se pude ver en el Cuadro 11.

Cuadro 11. SNK para las medias de nitrógeno

GRUPO SNK	MEDIA	N	TRAT.
A	0.7433	3	TRAT.2
A	0.7333	3	TRAT.1
A	0.6433	3	TRAT.3
A	0.6100	3	TESTIGO
Alpha	0.10		

## FOSFORO

En el ANDEVA, el modelo utilizado para probar la diferencia de fósforo entre tratamientos no fue significativo (Prob>F 0.55) y explica un 22% de la variabilidad en las diferencia de fósforo ( $R^2= 0.22029$ ). No existe existe diferencia entre los niveles de fósforo en los diferentes tratamientos (Prob>F 0.55) a un alfa de 0.10 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Andeva para la variable fósforo  
Variable dependiente: Fósforo

FUENTE	GL	SS	CM	VAL. F	Prob>F
Modelo	3	7568 804.66	2522 934.88	0.75	0.5508
Error	8	26802 124.00	3350 265.50		
Total	11	34370 928.66			
$R^2$		0.220209			
C.V.		91.68674			
Alpha		0.10			

En el análisis de separación de medias Cuadro 13 no muestra diferencia entre los niveles de fósforo entre un tratamiento y otro (Cuadro 13).

Cuadro 13. SNK para las medias de fósforo

GRUPOS SNK	MEDIA	N	TRAT.
A	3 337	3	TRAT.3
A	1 764	3	TRAT.2
A	1 609	3	TRAT.1
A	1 275	3	TESTIGO
Alpha	0.10		

## POTASIO

En el ANDEVA el modelo utilizado para probar la diferencia de potasio entre los tratamientos fue significativo (Prob>F 0.046) y explica 61% de la variabilidad en las diferentes observaciones de potasio ( $R^2 = 0.612601$ ). Existieron diferencias significativas entre los niveles de potasio de los diferentes tratamientos (Prob>F 0.0460) a un alpha de 0.10 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Andeva para la variable potasio  
Variable dependiente: Potasio

FUENTE	GL	SS	CM	VAL.F	Prob>F
Modelo	3	746 581.66	248 960.55	4.22	0.0460
Error	8	472 125.33	59 015.66		
Total	11	1218 707.00			

$R^2$	0.6126
C.V.	10.044
Alpha	0.10

El análisis de la diferencia de medias para el potasio, el tratamiento dos mostró una diferencia significativa a un alpha de 0.10 a comparación de los demás tratamintos. Los tratamientos uno y tres son superiores al tratamiento testigo al igual que el tratamiento dos (Cuadro 15).

Cuadro 15. SNK para las medias de potasio

GRUPO SNK	MEDIAS	N	TRAT.
A	2 750.0	3	TRAT.2
B A	2 545.7	3	TRAT.1
B A	2 283.0	3	TRAT.3
B	2 095.3	3	TESTIGO

Alpha	0.10
-------	------

5.1.2 Diferencia entre los datos de inicio de los análisis, del final, inicio - final, y tratamientos.

#### NITROGENO

En el ANDEVA, el modelo utilizado para probar la diferencia de nitrógeno entre el inicio y final fue significativo (Prob>F 0.0692) y explica el 75% de la variación entre las observaciones de nitrógeno. El modelo utilizado para probar la diferencia inicial de nitrógeno entre los tratamientos no fue significativo (Prob>F 0.4762) entre los tratamientos no fue significativo (Prob>F 0.6618) y explica el 24 % de la variación entre los tratamientos. Las diferencias de las observaciones del inicio y final respectivamente no fueron significativas tuvieron una probabilidad mayor a un alpha de 0.10 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Andeva para la variable nitrógeno  
Variable dependiente: Nitrógeno

FUENTE	Prob>F	R <sup>2</sup>	C.V.
Inicio	0.4762	0.25	17.522
Final	0.3590	0.36	15.580
Inicio - Final	0.0692	0.75	19.456
Tratamientos	0.6618	0.24	27.674
Alpha	0.10		

#### FOSFORO

En el ANDEVA, el modelo utilizado para probar la diferencia de fósforo inicial y final no fue significativo (Prob>F 0.3687) y explica un 25% de la variabilidad en las diferetes observaciones de fósforo inicial y final de los tratamientos (R<sup>2</sup>= 0.2553). Modelo utilizado para probar la diferencia de fósforo entre los tratamientos no fue significativo (Prob>F 0.5211) y explica un 21% de la variabilidad de las observaciones de fósforo de los tratamientos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Andeva para la variable fósforo  
Variable dependiente: Fósforo

FUENTE	Prob>F	R <sup>2</sup>	C.V.
Inicio	0.4580	0.1900	22.561
final	0.6429	0.2265	13.695
Inicio - Final	0.3687	0.2553	17.521
Tratamientos	0.5211	0.2156	36.742
Alpha	0.10		

#### POTASIO

Las diferencias del potasio en las muestras del primer análisis no fueron significativas (Prob>F 0.4578) al comienzo del estudio y las diferencias de potasio al final sí fueron significativas (Prob>F 0.0569). En el ANDEVA, el modelo utilizado para probar la diferencia de potasio inicial y final sí fue significativo (Prob>F 0.0079) y explica un 91% de la variabilidad en las diferentes observaciones de potasio inicial y final ( $R^2 = 0.9156$ ). El modelo utilizado para probar la diferencia de potasio entre los tratamientos fue significativo (Prob>F 0.0981) y explica un 79% de la variabilidad entre los tratamientos ( $R^2 = 0.7934$ ) (Cuadro 18).

Cuadro 18. Andeva para la variable potasio  
Variable dependiente: Potasio

FUENTE	Pro>F	R <sup>2</sup>	C.V.
Inicio	0.4578	0.2300	14.678
Final	0.0569	0.8745	19.450
Inicio - Final	0.0079	0.9156	12.374
Tratamientos	0.0981	0.7934	11.590
Alpha	0.10		

Tanto al inicio, final, comparando inicio - final y entre tratamientos, el tratamiento 2 fue significativo para la variable potasio con respecto a los demás tratamientos (Cuadro 19).

Cuadro 19. NSK para las medias de potasio

GRUPO NSK	MEDIAS	N	TRAT.
A	2 164.474	3	TRAT.2
B	2 006.843	3	TRAT.1
B	1 978.721	3	TRAT.3
B	1 920.003	3	TRAT.TEST.

Alpha 0.10

### 5.1.3 Diferencia en la producción de lombrices a la cuarta semana de haber sido inoculado cada tratamiento

Se tomó la cuarta semana de cada tratamiento una vez inoculado con lombrices el medio, se espero ese tiempo hasta que las lombrices se hayan adaptado y comenzado su actividad reproductiva en forma normal y de esta manera evitar variaciones altas en los resultados.

En el ANDEVA, el modelo utilizado para probar la diferencia de producción de lombrices en los diferentes tratamientos (manejo) fue significativa (Prob>F 0.0012) y explica un 89% de la variabilidad de las diferentes observaciones en la producción de lombriz ( $R^2 = 0.894647$ ). (Cuadro 20).

Cuadro 20. Andeva para la variable lombriz

FUENTE	GL	SS	CM	VAL.F	Prob>F
Modelo	2	53 221.555	26 610.777	25.48	0.0012
Error	6	6 267.333	1 044.555		
TOTAL	8	59 488.888			

 $R^2$  0.8946

C.V. 11.415

Alpha 0.10

La calidad del material a compostar definitivamente es determinante para la reproducción de la lombriz, en los tratamientos 1, 2, 3 se nota la diferencia en la cantidad de lombrices producidas siendo el mayor el tratamiento 1 que fue

inoculado al inicio del estudio y su medio fue desecho orgánico fresco (Cuadro 21).

Cuadro 21. NSK para las medias de lombrices

GRUPO NSK	MEDIAS	N	TRAT.
A	388.666	3	TRAT.1
B	253.000	3	TRAT.2
C	207.666	3	TRAT.3

Alpha 0.10

## 5.2 ANALISIS CUALITATIVO

### 5.2.1 Comportamiento de la lombriz con respecto a la temperatura durante el estudio

En el tratamiento 1, donde la materia orgánica no tuvo ningún proceso de transformación, las 2000 lombrices inoculadas respondieron de una manera similar al tratamiento. Al momento de inocular las lombrices se las dispersó en toda el área de la lombricera. Debido a que la temperatura del medio aumentaba por los procesos de fermentación, las lombrices como un mecanismo de defensa a esta situación, empezaron a movilizarse, por lo cual al transcurrir una semana y realizar un muestreo se las encontró en los bordes y esquinas de la cama donde las temperaturas eran 2 a 3 °C menores a comparación del área restante, en especial del área central.

El comportamiento y adaptación de las lombrices en el medio está estrechamente relacionado con las variaciones de temperatura. La adaptación desde un comienzo fue lento y concentrado en un lugar por las altas temperaturas. Por las observaciones realizadas en campo la adaptación de la lombriz se realizó en el transcurso de las dos semanas siguientes comenzado el estudio, esto también se atribuye a que la temperatura fue bajando a niveles aceptables, que se encuentra en los rangos 20-28 °C (Tineo, 1994). Otro aspecto es que la lombriz tuvo que adaptarse al medio mediante mecanismos de supervivencia que posee, ya que entre la semana 2 y 3 la temperatura se encontraba entre los 34-39 °C.

El tratamiento dos, tuvo un periodo de compostaje y posteriormente se introdujeron 2.000 lombrices, donde las lombriceras registraron temperaturas de 35 °C. Los problemas de adaptación no fueron serios, a la semana siguiente ya incursionaron a la parte central del medio. El tercer tratamiento se inoculó tres semanas después del segundo, en éste no se presentó ningún problema de adaptación, la temperatura se encontraba entre 26-28 °C, rangos óptimos según la literatura.

#### 5.2.2. Comportamiento de la lombriz con relación al pH y disponibilidad de nutrimentos.

Los niveles de pH que presentó el estudio variaron entre 6-7, lo cual se encuentra en los rangos aceptables para la lombriz roja. El material orgánico comenzó con un pH promedio de 6.2, alrededor de un mes y medio (45 días) se pudo observar niveles de pH que llegaron a marcar 7.

Al finalizar el estudio los que reportaron niveles más bajos de pH, fueron los tratamientos testigos (Figura 8), La diferencia no es grande y esta variación no representa una restricción para el buen desempeño de la lombriz roja, el cual soporta niveles de pH que varían entre 6 y 7.

A medida que fue pasando el tiempo el material fue estabilizándose, al terminar el proceso de transformación después de 3 meses se obtuvo un material ya estable y listo para ser utilizado.

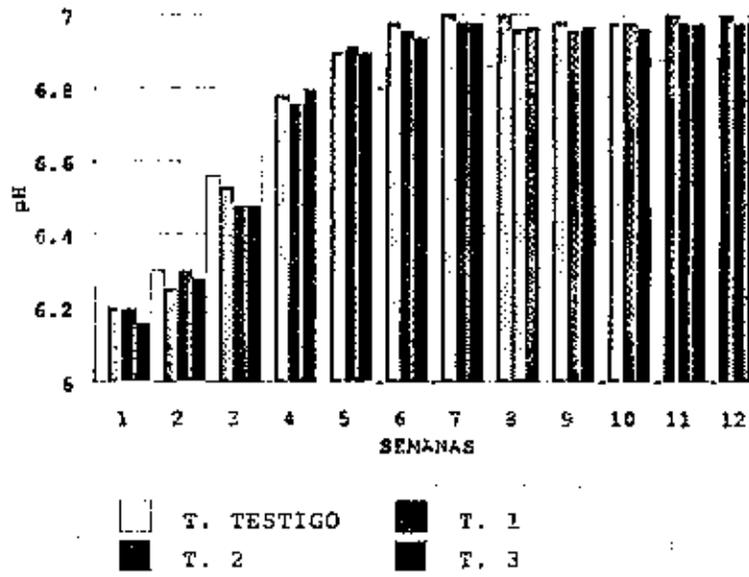


Figura 9. Cambios de pH en los Tratamientos durante todo el estudio

Los niveles de pH que se registraron favorecen en la disponibilidad de nutrientes, como se puede ver en la Figura 9. Los rangos de pH donde los elementos esenciales se encuentran disponibles para la nutrición de las plantas se encuentran entre 6 y 7.

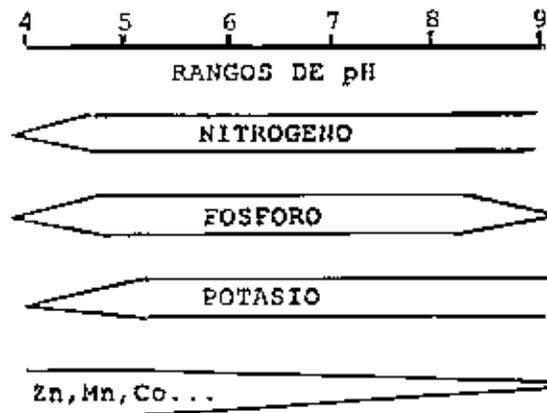


Figura 10. Rango de disponibilidad de nutrientes con relación al pH.  
Fuente: Margot de Andrews, 1996, Apuntes de la clase de Fertilidad de Suelos.

### 5.2.3 Comportamiento de las lombrices con respecto a la humedad de la lombriceras

La temperatura ambiental y las lluvias ayudaron a mantener la humedad del medio sin problemas, el control de humedad manual era suficiente indicador del buen estado del medio de las lombriceras; sólo fue necesario un riego por semana.

Otro aspecto que ayudó en mantener la humedad fue la capa de cobertura vegetal seco que se colocó encima del medio para evitar que la luz penetre y lastime a las lombrices. Esta cobertura creó un microclima que evitó un exceso de transpiración del medio en las horas más críticas del día, 11 a.m. a 3 p.m.

Las lombrices necesitan una buena humedad para su desplazamiento y poder respirar debido a que lo hace por la piel, sino fuera así la lombriz muere o huiría del medio. El medio cubrió con esos requisitos, por lo cual no se encontró mortalidad en ninguna de las lombriceras.

#### 5.2.4 Comportamiento de las lombrices con respecto a la calidad de la materia orgánica

Una vez inoculado cada tratamiento el medio fue aceptado y consumido inmediatamente para suplir sus necesidades fisiológicas. Se dice que se necesita un periodo de tiempo para poder adaptarse a un nuevo medio lo cual afecta en la producción de cocones y humus, este periodo puede llegar a durar un mes<sup>3</sup>.

En el tratamiento 1, transcurridas dos semanas después de la inoculación se pudo observar la aparición de los primeros cocones en el medio, lo cual indica la aceptación del medio por las lombrices. Al pasar las semanas, en los siguientes tratamientos también se pudo observar la aparición de capullos una vez inoculados con lombrices. Al realizar una comparación cualitativa entre las lombriceras del estudio y las lombriceras de la EAP se pudo ver claramente la diferencia de presencia de cocones en los medios, siendo superior la del experimento.

Otra forma de medir la calidad del medio con respecto al comportamiento de la lombriz roja fue el número de lombrices inicial contra el número de lombrices final. El Cuadro 22 muestra la cantidad de lombrices que se obtuvo.

Cuadro 22. Número promedio de lombrices por tratamiento y los índices de reproductividad.

TRATAMIENTO	No LOMBRICES INICIAL	No LOMBRICES OBTENIDAS	INDICE DE REPRODUCCION
TRAT. UNO	2 000	6 267	1.8 lom/cocon
TRAT. DOS	2 000	4 276	1.2 lom/cocon
TRAT. TRES	2 000	3 612	0.8 lom/cocon

<sup>3</sup> SANTILLAN, R. 1996. Comunicación personal.

### 5.2.5. Resultados de los volúmenes finales obtenidos de los procesos de humificación y compostaje

Se puede observar la pérdida de la materia orgánica en el proceso de humificación y compostaje. Para lo que se refiere al humus los rangos de pérdida de materia orgánica son aceptables de acuerdo con Ferruzzi (1994), quien explica que la lombriz consume un 40% de la materia orgánica para cubrir sus necesidades vitales y el otro 60% es transformado en humus al pasar por su aparato digestivo. Si verificamos la relación existente entre los tratamientos en donde se usaron lombrices, si existe una pérdida de medio que varía entre esos rangos. En el caso del testigo que no incluyó lombrices la pérdida de la materia orgánica fue menor (Cuadro 23).

Cuadro 23. Pérdida promedio de la materia orgánica por compostaje y la actividad de las lombrices.

TRATAMIENTO	VOLUMEN INICIAL	VOLUMEN FINAL	% DE PERDIDA
TRAT. TESTIGO	0.18 m <sup>3</sup>	0.17 m <sup>3</sup>	4
TRAT. UNO	0.18 m <sup>3</sup>	0.11 m <sup>3</sup>	40
TRAT. DOS	0.18 m <sup>3</sup>	0.13 m <sup>3</sup>	29
TRAT. TRES	0.18 m <sup>3</sup>	0.15 m <sup>3</sup>	15

Estos resultados no se pueden comparar entre sí ya que es necesario que haya transcurrido 12 semanas después de la inoculación de las lombrices en cada tratamiento, lo cual no se dio. Pero se estimó la pérdida de material por el tipo de manejo de los desechos, los cuales estuvieron representados por los tratamientos. En el caso de usar sólo compostaje la pérdida es poca (4%); en el tratamiento uno sí existió una pérdida considerable del 40% lo cual nos indica la obtención de un menor producto. En el caso del tratamiento dos la pérdida fue menor a los tres meses pero se tiene la misma calidad del material al igual que el tratamiento tres que tuvo una pérdida menor de material (15%). Hay dos bases para comparar volumen y peso que están relacionados con la compactación debido al tamaño de las partículas una vez transformado el material y la reducción de masa que es la disminución del peso por el consumo de las lombrices. En los volúmenes obtenidos pueda que también puede haber influenciado la compactación del experimentador al llenar los tambos, hecho que se trató de evitar al máximo. Con los datos de tres meses

es factible estimar en forma aparente la cantidad de desechos orgánicos necesarios para obtener una cierta cantidad de humus y compost.

## V. DISCUSION

Estadísticamente los resultados de los análisis de suelo de los tratamientos que se realizaron al final del estudio no mostraron diferencias entre tratamientos para las variables nitrógeno y fósforo. El que no exista diferencia probablemente puede atribuirse a que tanto el compostaje como el sistema digestivo de la lombriz. El primero a través de los microorganismos los cuales transforman la proteína y otros compuestos de la materia orgánica por el proceso de mineralización, el cual convierte los compuestos orgánicos a formas minerales como nitrógeno, fósforo y azufre (Aguirre, s.f.); y la segunda por medio de su tracto digestivo donde transforma la proteína a compuestos asimilables por la planta. Ambos procesos llegaron a la máxima transformación del material en los tres meses del estudio, lo cual dio un producto con semejante disponibilidad de nutrientes. Se dice que el compostaje produce un producto de menor calidad que el de las lombrices, en la mayoría de los casos es verdad, en este estudio el material que se compostó se encontró listo alrededor de la quinta semana, pueda que el tiempo extra (7 semanas) haya influenciado en una mejor transformación del material y debido a ello no se encontraron diferencias.

En el caso del potasio, si existió diferencia significativa entre los tratamientos, esto ocurrió en todos los análisis estadísticos que se realizaron en el estudio, siendo superior el tratamiento 3, con 205 ppm con respecto al tratamiento 2 en los análisis finales, lo cual puede significar una aportación importante en el caso de tener un suelo con deficiencia de potasio. En el caso de la EAP debido a que sus suelos poseen niveles superiores a 137 ppm (saturación), las diferencias que mostraron los análisis no es de importancia significativa para el uso en los suelos de la EAP.

En los análisis de laboratorio que se realizaron al comienzo del estudio al material, no presentó diferencias entre tratamientos y repeticiones lo cual nos indica que las fuentes para realizar el medio se mezclaron y homogeneizaron correctamente, y de ahí que no existió diferencia para los elementos nitrógeno, fósforo y potasio. Este hecho es importante, ya que sabemos que la existencia de las pequeñas variaciones en los resultados finales que fueron

significativas, fueron causadas por las actividades de transformación propiamente dicha a través de los microorganismos y lombrices. El producto resultante que fué el humus y compost presentó diferencias significativas sólo para el elemento potasio, aspecto que se atribuye a la difícil meteorización que ofrecen los minerales potásicos. Otra razón por la cual pudo presentarse en niveles altos es debido a que los vegetales en sí, las verduras y los frutos tienen niveles altos de potasio en sus estructuras (Barreira, 1978). Entre los tratamientos se presenta la misma conducta del potasio. En todos los análisis realizados al último muestreo, el potasio siempre fue superior los demás elementos.

Los tratamientos 1, 2, y 3 representan alternativas de manejo de los desechos orgánicos con el uso de lombrices y material descompuesto en diferentes etapas (0%, 50%, 100%). Siendo superior el tratamiento 1 con la obtención de 135 lombrices/semana más con respecto al tratamiento 2 y de 181 lombrices/semana más contra el tratamiento 3. Esta diferencia se atribuye al tiempo de inoculación de las lombrices que estuvieron distanciados por 2 y 5 semanas respectivamente del primer tratamiento, lo cual nos indica que la calidad y disponibilidad de nutrientes del medio a tratar es importante para una buena actividad tanto reproductiva como la capacidad de transformación de las lombrices. Siendo el mejor el medio fresco el cual obtuvo los mejores índices reproductivos debido a que contenía un mayor porcentaje de proteína a comparación de los demás que tenían en cierto grado una transformación de este elemento. El proceso de compostaje transforma la proteína fresca a  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4$ , entonces a mayor tiempo compostado el material tendrá menor proteína fresca lo cual influenciará el aspecto nutritivo y reproductivo de la lombriz. Lo importante es obtener desechos orgánicos que provengan de materiales de buena calidad ya que según Tineo (1994), aumenta el índice reproductivo y el número de lombrices por capullo, aparte que el humus resultante también es de buena calidad.

El testigo (compostaje) es superior en lo concerniente a tiempo en el manejo de los desechos orgánicos, con esto nos referimos que en los tres meses que duró el ensayo se podría haber obtenido casi 3 veces el volumen, ya que como mencionamos anteriormente el compost casi estaba listo a la quinta semana y la cantidad que se puede obtener de compost es superior ya que la disminución de volumen es debido tan sólo a la transformación por los microorganismos y el ambiente, y no por consumo como lo hacen las lombrices, que consumen alrededor del 40% del material para llevar a cabo sus actividades fisiológicas (Ferruzzi, 1994). También influye la

densidad del material resultante, en el compost son de mayor tamaño las partículas, mientras que el humus es mas fino y por lo tanto tiene mayor compactación del material, aunque no se tiene datos del peso, aparentemente en volumen composteo solo parece superior.

Si se decide implementar en la EAP un sistema donde lo importante es reciclar la mayor cantidad de desechos sin realizar ningún acondicionamiento a los desechos, tan sólo reducirlos a pequeños trozos (reducir tiempo de transformación) y usar directamente las lombrices, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos como el pH, temperatura y humedad. En el caso del estudio no se tuvieron mayores inconvenientes con la temperatura, aspecto que normalmente es un problema. Las condiciones ambientales en la región fueron especiales a fines del año pasado (1995) y principios del presente, se registraron temperaturas mas bajas de lo normal, lo que influenció al estudio regulando la temperatura del medio, También ayudaron las lluvias caídas en el mismo periodo (Anexo 4). A fines de diciembre de 1995 se pudo observar una especie de aletargamiento de las lombrices, éstas redujeron su movilidad; según Tineo (1994) la lombriz roja disminuye sus actividades a temperaturas bajas, por lo cual en países con temperaturas bajas la obtención de humus requiere de mayor tiempo. Estos acontecimientos afectaron los resultados del estudio ya que fue un año especial. Lo rescatable que se puede obtener es que se debe controlar la temperatura, humedad y pH del medio para poder tener mejores resultados en el sistema de reciclaje donde se utiliza el material fresco.

Según Ferruzzi (1994) a temperaturas altas el pH disminuye, por eso es importante mantener la temperatura en niveles aceptables y de esa forma no afecte las demás condiciones del medio ni las actividades de los microorganismos y lombrices en el proceso de transformación. En el caso del compost, la temperatura alta es una etapa del proceso de descomposición de la materia y no se requiere de controles tan periódicos como el uso de las lombrices.

En todo el proceso de transformación, al pasar de materia fresca a compost o humus se fueron transformando los elementos de no disponibles a disponibles por medio de varios procesos como la mineralización y el sistema digestivo de la lombriz. El pH ideal se encuentra a un rango neutro (7), tanto para el compost y el humus a este nivel se encuentran disponibles la mayoría de los elementos que participan en la nutrición de las plantas, debido a que es un buen material al incorporar al

suelo se mejora la estructura de este. Las lombrices tienen un mejor desempeño a un pH neutro. El que no haya existido una variación tan grande se debió a las condiciones ambientales que se presentaron en el periodo del estudio que indirectamente controló aspectos ambientales dentro del medio y nos disminuyó los efectos de los mismos.

Según lo discutido anteriormente, se puede disminuir la obtención de humus y compost, reduciendo tres meses en todo el proceso. Claro está que controlando periódicamente a las condiciones que pueden afectar el proceso, lo cual significa una duplicación en la obtención del producto para así tener una producción mas continua en comparación con el sistema que se utiliza en el módulo de Agricultura Orgánica que demora seis meses en la obtención de humus. Tanto el humus como el compost se pueden almacenar por un periodo de nueve meses a un año en condiciones adecuadas de humedad, para que se mantengan los microorganismos que ayudan a mejorar el suelo.

## VI. CONCLUSIONES

Se evaluaron 4 tipos de manejo que se puede dar a los desechos orgánicos, de los cuales se puede obtener compost como un solo producto o humus y lombrices como producto combinado. Se evaluó el compost y humus en terminos de disponibilidad de nutrientes como abono para la agricultura. No existe diferencia entre usar compostaje o lombrices. En ambos casos el nitrógeno y fósforo estadísticamente fueron iguales, solo en el caso del potasio si hubieron diferencias significativas. Con todo esto podemos concluir que por un periodo de tres meses usando las dimensiones y volúmenes del estudio se obtiene humus y compost de igual calidad. El usar cualquiera de los cuatro sistemas de reciclaje dependera de los tipos de producto que se deseen, en el caso de solo la obtención de acondicionador de suelo el mas indicado sera utilizar el sistema de compostaje, porque requiere menor control y el producto resultante es de mayor cantidad en comparación de aquellos en los que se utilizaron lombrices. En el caso de querer lombrices el mejor es el tratamiento 1 ya que tiene el mayor número de lombrices producidas (4267) seguidas del tratamiento 2 y 3 respectivamente. En el caso de querer una mayor cantidad de humus el mejor sera el tratamiento tres o dos.

Entre los sistemas de manejo de los desechos orgánicos si existe una diferencia clara que es el número de productos finales obtenidos. El utilizar compostaje nos limita sólo a la venta o uso de compost, en cambio al usar lombrices se obtiene humus y lombrices aumentando los ingresos debido a que se puede vender en combinación o por separado. El humus y compost se pueden utilizar en la producción de hortalizas, actualmente existe una corriente que promueve la producción de alimentos de forma orgánica en que los sistemas de producción deben usar abonos y plaguicidas de tipo orgánico, donde los productos resultantes gozán de mayor preferencia y mejor precio en el mercado a comparación de los productos producidos convencionalmente. En el caso de las lombrices estas pueden venderse o procesarse para la obtención de harina de lombriz la cual es un sustituto proteico para la alimentación específicamente de animales lo cual no indica que no se pueda utilizar para la alimentación humana.

Para obtener éxito en estos sistemas de reciclaje es importante el manejo de las condiciones que pueden afectar al desempeño de los microorganismos y la actividad de las lombrices; como ser la temperatura, pH y humedad, en especial para el sistema que utiliza lombrices. Otro factor a considerar son las dimensiones de las lombriceras que se utilizaron. Para el caso del estudio se tomaron como base los experimentos realizados en Costa Rica (Tineo, 1994) para la densidad de lombrices por metro cuadrado, la que se adaptó al estudio. El modificar el ancho, largo y profundidad para el sistema de compostaje va a influenciar los resultados ocasionando un mayor período de espera para la obtención de compost. En lo referente al uso de lombrices el largo y el ancho no son aspectos determinantes, sólo en la facilidad de manejo, pero sí la profundidad, en especial cuando se utiliza desechos orgánicos frescos, ya que a una mayor profundidad habrá un aumento en la temperatura del medio lo cual impedirá la adaptación de las lombrices y como consecuencia disminuirá la actividad de transformación del medio a humus.

Se comprobó que utilizar desechos orgánicos frescos resulta muy ventajoso en la producción de lombrices, para lo cual no es necesario realizar actividades de acondicionamiento a las fuentes con anticipación como el compostaje de los materiales a utilizar. Este hecho significa un ahorro de tiempo de tres meses en todo el proceso de reciclaje. Otra ventaja es la calidad de este tipo de desechos que está estrechamente relacionado con la reproducción de la lombriz y por último, se puede disponer inmediatamente de haber sido recolectados, evitando la necesidad de tener que acumularlos en el área de trabajo lo que podría originar proliferación de vectores u otro tipo de animales que perjudiquen la salud de ser humano. Por experiencias obtenidas del estudio se puede llenar una lombricera cada día con el mismo material hasta lograr un sistema rotacional para una producción constante.

En la mayoría de sistemas de reciclaje de desechos que se adopte independientemente del uso que se le de al producto resultante, se está colaborando con el manejo sostenible de los recursos, reduciendo energía en la elaboración de otros productos y devolviendo al sistema una parte de lo mucho que extraemos de él. Además esta actividad incentiva a una actitud responsable de las personas hacia a la actividad de reducir, reciclar y reutilizar los desechos, llevándolos a formar parte de su diario vivir para que se transmita de generación en generación.

## VII. RECOMENDACIONES

\* El estudio actual enfocó mas en las técnicas aptas para pequeñas aplicaciones pero no se consideraron las medidas relativas de composteras grandes versus pequeñas para un sistema de producción grande. Se recomienda realizar otro estudio donde se varíen las dimensiones para poder trabajar con mayores volúmenes de desechos y al mismo tiempo medir los efectos de éstas en la velocidad de transformación del material a tratar y la calidad de los productos resultantes, para poder así planificar el espacio necesario para realizar esta actividad, ahorrar tiempo de manejo al disminuir el número de lombriceras o composteras usando las dimensiones que se adapten a los requerimientos y cantidades de desechos producidos.

\* Se recomienda realizar un estudio financiero de los sistemas de reciclaje (compostaje - uso de lombrices) donde se evalúen, los costos de mano de obra que lleva realizar las actividades de manejo, insumos en que se incurre para comenzar y continuar con la actividad de reciclaje. Para que el estudio sea mas determinante también se recomienda realizar un estudio de mercado para conocer el potencial de venta y aceptación de estos productos como compost, humus, lombrices o la combinación de éstos. Con el monitoreo se podrá conocer muchos aspectos que serán útiles para el manejo de los desechos orgánicos como comprar o rentar la maquinaria para manejar la cantidad de desechos que se genere y de esta manera poder escoger el mejor sistema de reciclaje, sabiendo cual de ellos es más rentable.

\* Se puede considerar lo experimentado un sistema de reciclaje muy apto para el manejo de materia orgánica en los hogares de la EAP para reducir la basura que es depositada en el basurero, reducir y facilitar las actividades de los recolectores, los mismos hogares podrían proveerse de material muy apto para mejorar sus jardines sin gran esfuerzo de trabajo ni insumos.

\* Actualmente no se conoce con exactitud la producción anual de los desechos que se generan y cuál es la cantidad aproximada de cada uno de ellos, por eso se recomienda

realizar un monitoreo de la producción de la totalidad de la clase de desechos orgánicos por el periodo de un año, en especial de la zona urbana de la EAP, para así proyectar una producción anual o por un determinado periodo, de compost o de humus y lombrices para poder determinar si es factible realizar una producción continua y poder así abastecer su propio mercado (Agricultura Orgánica, Horticultura, ornamentales y otros).

\* La gran cantidad de materia orgánica y desechos en general que son generados en la EAP causa dificultades a nivel de obtención de desechos orgánicos, en especial de la zona urbana de la EAP, por lo cual se recomienda la implementación de un sistema de clasificación de los desechos en diferentes categorías como plástico, vidrio, materia orgánica en toda la zona urbana de la EAP, ya que sin ella no se podría llevar a cabo el reciclaje de los desechos orgánicos ni el de otros componentes de la basura. En el trabajo realizado por Zelada(1996) se proponen varias soluciones para cada tipo de desechos, modificaciones en las rutas de recolección de la basura, utilización y ubicación de basureros. Se recomienda que estos sistemas sean fáciles en su implementación, reduzcan tiempo en la recolección y faciliten su manejo.

\* Para lograr un éxito en la implementación del sistema de clasificación es necesario realizar una campaña publicitaria para lograr la concientización de la población Zamorana y realizar un seguimiento permanente hasta estar seguros que las personas realicen esta actividad correctamente.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, J. s.f.. El compost y sus beneficios. Lima, Perú, s.n.. 11 p.
- Amigos de la Tierra. 1993. Los Residuos Sólidos Urbanos. Cuaderno preparado por Amigos de la Tierra. Madrid, España, Comunidad de Madrid. p. 51.
- BARREIRA, 1978. Nutrición del suelo. 2ed. Quito, Ec., Universitaria. 32-34 p.
- BELLAPART, C. 1988. Agricultura Biológica en equilibrio con la Agricultura Química. Barcelona, España, AEDOS. p. 150-160.
- FERRUZZI, C. 1994. Manual de Lombricultura. 3ed. Castelo, España, MUNDI-PRENSA. 137 p.
- JARAMILLO, J. 1991. Residuos sólidos mundiales; Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington, D. L. EE.UU., Organización Panamericana para la Salud. 78 p.
- JEAVONS, J. 1991. Cultivo Biointensivo de alimentos. Trad. del Ingles por Gerardo Alatorre Frenk. Willits, California., s.n. p. 39-52.
- MARTIN, D. L; GERSHUNY, G. 1992. The rodale book of composting. Pennsylvania, EE.UU., Rodale Press. p 74-179.
- MOTALIB, A.; RIDA, A. 1987. Los gusanos de tierra y el medio ambiente. Mundo Científico. (España) 14(146):408-415.
- OACA, 1992. Manual de tecnología apropiada para el manejo de residuos sólidos. Lima, Perú, Continental. 53-115 p.
- TINEO BERMUDEZ, A. L. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. Turrialba C.R., CATIE. 32 p.

TREJO VASQUEZ, R. 1994. Procesamiento de la basura urbana, Mexico D.F., Trillas, 13- 211 p.

ZELADA, M. 1996. Plan piloto de reciclaje de los desechos sólidos en Zamorano. Zamorano, Honduras. 63 p.

# ANEXOS

# Mapa de zonas generadoras de desechos orgánicos en la EAP

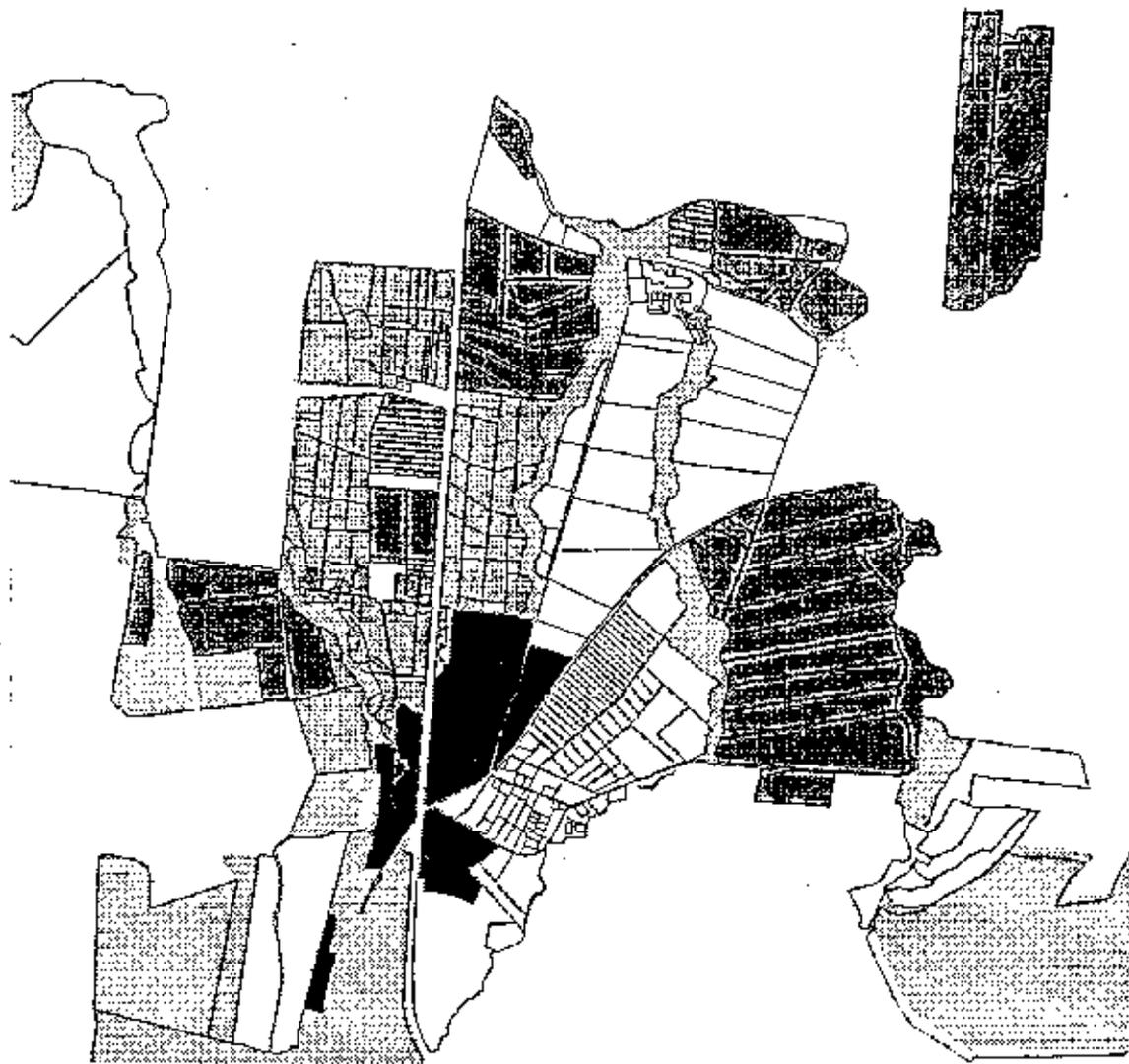
## Leyenda

### ZONA RURAL

- | Agronomía.
- ▨ Horticultura
- Zootecnia.

### ZONA URBANA

- Comercio
- ▨ Viviendas
- ▨ Caminitos
- ▨ Puesto de venta
- ▨ Administración
- ▨ C.E.D.A.



Anexo 2. Formato de la encuesta para la recopilación de información sobre la producción de desechos orgánicos en la EAP.

NOMBRE DEL DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_

NOMBRE DE LA SECCION \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD APROXIMADA	DESTINO FINAL	FRECUENCIA

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 3. Formato del registro semanal de toma de datos de campo

FECHA \_\_\_\_\_

NUMERO DE LOMBRICERA	TEMPERATURA				pH			
	1	2	3	X	1	2	3	X
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

HUMEDAD: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo 4. Datos climáticos de la EAP durante el estudio

	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
LLOVIA mm	174.6	49.1	26.1	23.71
TEMPERATURA MAXIMA (°C)	28.6	25	28	28.7
TEMPERATURA MINIMA (°C)	15.96	15	14.61	11.28